

А.П. Семьян

500 схем для радиолюбителей ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Издание 3-е, переработанное и дополненное



**Наука и Техника
Санкт-Петербург
2007**

Семьян А.П.

500 схем для радиолюбителей. Источники питания. Издание 3-е, перераб. и доп. — СПб.: Наука и Техника, 2007. — 416 с.: ил.

ISBN 978-5-94387-372-0

Серия «Радиолюбитель»

Книга продолжает ряд тематических изданий в серии «Радиолюбитель». Названия этих книг начинаются словами «500 схем...», с уточняющими названиями «Приемники», «Источники питания», «Радиостанции и трансиверы». В этих книгах собраны наиболее интересные схемы полезных устройств, дается возможность каждому радиолюбителю выбрать то, что ему необходимо из великого множества схем и конструкций, проверенных и испытанных на практике.

В данной книге представлены схемные решения **ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ**. Схемы не повторяют друг друга, содержат определенные элементы оригинальности, располагаются в очередности «от простого к сложному». Приводимого краткого описания вполне достаточно для самостоятельного изготовления понравившейся конструкции. Авторские права на рассмотренные в книге схемы принадлежат соответствующим разработчикам и издателям, о чем сделаны соответствующие ссылки по тексту. В указанных первоисточниках можно найти подробное описание рассмотренных в книге устройств.

Книга рассчитана как для начинающих, так и на «продвинутых» радиолюбителей, увлекающихся практической радиоэлектроникой.



Контактные телефоны издательства
(812) 567-70-25, 567-70-26
(044) 516-38-66

Официальный сайт: www.nit.com.ru

© Семьян А.П.

ISBN 978-5-94387-372-0

© Наука и Техника (оригинал-макет), 2007

ООО «Наука и Техника».

Лицензия №000350 от 23 декабря 1999 года.

198097, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д. 29.

Подписано в печать . Формат 60×88 1/16.

Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 26 п. л.

Тираж 5000 экз. Заказ № .

Отпечатано с готовых диапозитивов в ФГУП ордена Трудового Красного Знамени «Техническая книга» Министерства Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
1900005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ АВТОРА.....	10
Глава 1. Маломощные стабилизаторы напряжения (максимальный ток нагрузки менее 500 мА)	11
1.1. Сверхэкономичный стабилизатор напряжения.....	11
1.2. Экономичный стабилизатор напряжения.....	12
1.3. Экономичный стабилизатор напряжения с полевым транзистором.....	13
1.4. Стабилизатор напряжения с полевым транзистором.....	15
1.5. Блок питания 0... 12 В.....	16
1.6. Стабилизатор напряжения с защитой.....	17
1.7. Стабилизированный блок питания на шесть значений выходного напряжения	20
1.8. Стабилизатор напряжения на ОУ.....	23
1.9. Низковольтный стабилизатор напряжения	24
1.10. Простой импульсный стабилизатор напряжения	28
1.11. Простой стабилизатор напряжения на ИМС 142ЕН1Г	29
1.12. Стабилизатор напряжения с защитой от короткого замыкания.....	30
1.13. Стабилизатор напряжения для автомобильного аккумулятора	31
1.14. Стабилизатор напряжения.....	33
1.15. Стабилизатор напряжения, защищенный от коротких замыканий выхода	35
1.16. Блок питания 60 В 100 мА.....	36
1.17. Комбинированный блок питания.....	37
1.18. Транзисторный фильтр для телевизора	41
1.19. Блок питания для телевизора	43
1.20. Простой блок питания.....	44
1.21. Простой стабилизатор напряжения с высоким коэффициентом стабилизации	45
1.22. Источник питания для детских электрофицированных игрушек	46
1.23. Источник питания с плавной инверсией выходного напряжения.....	49
1.24. Сетевая «Крона»	50

Глава 2. Стабилизаторы напряжения средней мощности	53
2.1. Двуполярный источник питания с выходным напряжением $\pm 12,6$ В	53
2.2. Стабилизатор напряжения для УНЧ	54
2.3. Стабилизатор напряжения с логическими элементами	55
2.4. Стабилизатор напряжения 12 В 1 А.....	56
2.5. Стабилизатор напряжения 10 В 1 А с полевым транзистором.....	57
2.6. Регулируемый двуполярный источник питания.....	58
2.7. Блок питания на ТВК-110 ЛМ	59
2.8. Применение интегральных стабилизаторов напряжения КР142	63
2.8.1. Стабилизатор напряжения, защищенный от повреждения разрядным током конденсаторов	63
2.8.2. СЧ со ступенчатым включением	64
2.8.3. СЧ с выходным напряжением повышенной стабильности.....	65
2.8.4. СЧ с выходным напряжением, регулируемым от нуля.....	65
2.8.5. СЧ с внешними регулирующими транзисторами	66
2.8.6. Стабилизатор с высоким коэффициентом стабилизации	69
2.8.7. Двуполярный СЧ на основе однополярной микросхемы	70
2.8.8. СЧ с регулируемым выходным напряжением	70
2.8.9. Импульсный стабилизатор напряжения.....	71
2.8.10. Стабилизатор тока	73
2.9. Источник резервного питания для АОН.....	73
2.10. Источник питания с плавным изменением полярности	76
2.11. Блок питания «Ступенька».....	77
Глава 3. Стабилизаторы напряжения большой мощности	80
3.1. Стабилизированный источник питания 40 В 1,2 А	80
3.2. Комбинированный лабораторный блок питания	80
3.3. Блок питания 1...29 В 2 А	85
3.4. Простой стабилизатор напряжения с защитой от КЗ	88
3.5. Транзисторный стабилизатор с защитой от КЗ	88
3.6. Мощный блок питания для усилителя НЧ	90
3.7. Регулируемый стабилизатор тока (16 В 7 А).....	92
3.8. Источник питания повышенной мощности.....	94
3.9. Стабилизатор напряжения для питания УМЗЧ	96
3.10. Источник питания для компьютера	97
3.11. Блок питания для персонального компьютера «РАДИО 86 РК»	98
3.12. Мощный стабилизатор напряжения.....	102
3.13. Мощный стабилизатор напряжения –5 В	104

3.14. Блок питания 12 В 6 А	104
3.15. Линейные стабилизаторы напряжения с высоким КПД	105
3.16. Мощный стабилизатор с защитой по току	110
3.17. Стабилизатор напряжения 20 В 7 А	114
3.18. Стабилизатор напряжения с защитой от перегрузок	114
3.19. Источник питания 12 В 20 А	116
3.20. Стабилизатор напряжения на мощном полевом транзисторе	117
3.21. Блок питания СИ-БИ радиостанции	120
3.22. Источник питания для автомобильного трансивера 13 В 20 А	121
3.23. Стабилизатор тока на 100...200 А	123
3.24. Регулируемый стабилизатор напряжения	128
Глава 4. Преобразователи напряжения	129
4.1. «Обратимый» преобразователь напряжения	129
4.2. Низковольтный преобразователь напряжения	131
4.3. Стабилизированный сетевой преобразователь напряжения	133
4.4. Преобразователь напряжения для авометра Ц20	136
4.5. Преобразователь напряжения 9 В — 400 В	139
4.6. Преобразователь напряжения с ШИ модуляцией	139
4.7. Универсальный преобразователь напряжения	142
4.8. Мощный бестрансформаторный преобразователь напряжения	143
4.9. Бестрансформаторный преобразователь напряжения	144
4.10. Экономичный преобразователь напряжения для питания варикапов	146
4.11. Бестрансформаторный девятивольтовый преобразователь напряжения	147
4.12. Преобразователь напряжения на 1006ВИ1	148
4.13. Преобразователь напряжения на ИМС	150
4.14. Два напряжения от одного источника	152
4.15. Квазирезонансный преобразователь	155
4.16. Преобразователь напряжения для радиоуправляемой модели	161
4.17. Тринисторный преобразователь	166
4.18. Преобразователь полярности напряжения	168
4.19. Инвертор полярности напряжения	170
4.20. Бестрансформаторный преобразователь напряжения	172
4.21. Высоковольтный преобразователь	172

4.22. Преобразователь напряжения для электробритвы	175
4.23. Преобразователь напряжения 12 В — 220 В	176
4.24. Преобразователь 12 В в 220 В для походов	179
4.25. Преобразователь напряжения для автомобиля	180
4.26. Несложный преобразователь 12 В — 220 В.....	183
4.27. Преобразователь 12 В — 220 В на полевых транзисторах.....	185
4.28. Двухтактный преобразователь напряжения на полевых транзисторах.....	186
4.29. Мощный тиристорный преобразователь	187
4.30. Источник питания для часов на БИС	189
4.31. Импульсный преобразователь с 12 В на 220 В 50 Гц	191
4.32. Мощный малогабаритный преобразователь напряжения	194
4.33. Мощный импульсный блок питания	198
4.34. Резервный источник питания.....	202
4.35. Трехфазный инвертор.....	208
4.36. Преобразователь однофазного напряжения в трехфазное.....	210
4.37. Источник повышенного напряжения	212
4.38. Преобразователь для ПДУ	213
4.39. Формирователь двуполярного напряжения	215
4.40. Преобразователь напряжения 12 — 22 В	216
4.41. Зажигалка для газа	218
4.42. Высоковольтный преобразователь 220 В — 10 кВ	219
4.43. Блок питания для ионизатора	222
4.44. Импульсный понижающий стабилизатор	224
4.45. Преобразователь напряжения 12 В — 220 В	228
4.46. Мощный преобразователь напряжения 12 В — 350 В с генератором импульсов	228
4.47. Мощный преобразователь 12 В — 350 В на ИМС	231
4.48. Преобразователь 12 В — 220 В с использованием стандартного трансформатора.....	233
4.49. Бездрессельный преобразователь напряжения	233
4.50. Регулируемый преобразователь напряжения	235

Глава 5. Импульсные блоки питания	237
5.1. Импульсный блок питания 5 В 0,2 А	237
5.2. Миниатюрный импульсный сетевой блок питания	241
5.3. Импульсный источник питания 5 В 6 А	243
5.4. Импульсный стабилизатор напряжения на КТ825	250
5.5. Экономичный импульсный блок питания	252
5.6. Импульсный блок питания УЗЧ	254
5.7. Импульсный стабилизатор напряжения с высоким КПД	257
5.8. Стабилизатор напряжения на компараторе	260
5.9. Импульсный стабилизатор напряжения	262
5.10. Ключевой стабилизатор напряжения 5 В 2 А	266
5.11. Пятивольтовый блок питания с ШИ стабилизатором	266
5.12. Импульсный сетевой блок питания 9 В 3 А	271
5.13. Простой импульсный источник питания 5 В 4 А	275
5.14. Импульсный стабилизатор 12 В 4,5 А	279
5.15. Импульсный источник питания с полумостовым преобразователем	284
5.16. Импульсный источник питания УМЗЧ	289
5.17. Импульсный сетевой блок питания УМЗЧ	292
5.18. Экономичный импульсный блок питания	294
5.19. Простой ключевой стабилизатор напряжения	297
5.20. Релейный стабилизатор напряжения	299
5.21. Простой импульсный блок питания на 15 Вт	302
5.22. Импульсный источник питания на 40 Вт	304
5.23. Простой импульсный блок питания на ИМС	307
5.24. Импульсный понижающий стабилизатор на ИМС LT1074	311
5.25. Миниатюрный блок питания 5...12 В	312
5.26. Мощный импульсный стабилизатор с высоким КПД	315
Глава 6. Бестрансформаторные блоки питания	319
6.1. Блок питания с гасящим конденсатором	319
6.2. Конденсаторно-стабилитронный выпрямитель	321
6.3. Два бестрансформаторных блока питания	322

6.4. Бестрансформаторный блок питания большой мощности для любительского передатчика	323
6.5. Выпрямитель с малым уровнем пульсаций	328
6.6. Бестрансформаторное зарядное устройство	330
6.7. Бестрансформаторный блок питания с регулируемым выходным напряжением	335
6.8. Маломощный конденсаторный выпрямитель с ШИМ стабилизатором	337
6.9. Симметричный диностор в бестрансформаторном блоке питания....	339
6.10. Бестрансформаторный блок питания на полевом транзисторе	341
6.11. Высоковольтный преобразователь — электронная ловушка для тараканов	341
Глава 7. Вспомогательные устройства для блоков питания	343
7.1. Защита блока питания от короткого замыкания	343
7.2. Регулятор напряжения с ограничителем тока	345
7.3. Автомат отключения батареи в кассетном магнитофоне	346
7.4. Стабилизатор напряжения велофары	347
7.5. Автоматическое зарядное устройство	348
7.6. Универсальное зарядное устройство	349
7.7. Индикатор тока аккумуляторной батареи	350
7.8. Сигнализатор разрядки батареи аккумуляторов.....	352
7.9. Индикатор разряда аккумуляторных батарей	352
7.10. Индикатор отклонений сетевого напряжения	353
7.11. Светодиод, как индикатор сетевого напряжения	355
7.12. Индикатор потребляемой мощности	356
7.13. Электронный предохранитель	358
7.14. Регулируемый электронный предохранитель	359
7.15. Самовосстанавливающийся предохранитель.....	360
7.16. Индикатор перегорания предохранителя	362
7.17. Автоматический ограничитель переменного тока	363
7.18. Защита радиоаппаратуры от повышения напряжения в сети	364
7.19. Звуковой сигнализатор перегрузки блока питания	366
7.20. Автоматический выключатель бытовой радиоаппаратуры	367
7.21. Автомат защиты от перенапряжения	371

7.22. Устройство защиты нагрузки от высокого напряжения	374
7.23. Блок защиты аппаратуры	375
7.24. Электронный сетевой предохранитель	376
7.25. Электронный предохранитель	378
7.26. Электронный предохранитель	378
Глава 8. Нестандартные схемные решения	381
8.1. Параллельное включение стабилизаторов 142ЕН5.....	381
8.2. Два напряжения от одной обмотки трансформатора	382
8.3. Двуполярное напряжение от одной обмотки трансформатора	383
8.4. Двуполярное напряжение из однополярного.....	383
8.5. Двуполярный блок питания с обычной обмоткой трансформатора	385
Глава 9. Стабилизаторы сетевого напряжения	386
9.1. Стабилизатор напряжения переменного тока.....	386
9.2. Релейный стабилизатор напряжения.....	391
9.3. Мощный регулятор сетевого напряжения.....	395
Приложение	400
Упрощенный расчет трансформаторов питания	400
Список литературы	405

ОТ АВТОРА

Радиолобительство в наши дни является весьма массовым видом технического творчества. Миллионы радиолобителей посвящают свой досуг конструированию различной радиоэлектронной аппаратуры. В своей практической деятельности радиолобителям приходится часто обращаться к специальной радиолобительской литературе, их интересуют схемы и основные параметры конструкций, публикующиеся на страницах книг и журналов.

Конечно же, у каждого радиолобителя есть та заветная тетрадка (папка, блокнот), в которую он зарисовывает понравившиеся схемы, записывает интересные идеи, складывает различные вырезки из журналов, справочные листки и другую необходимую ему информацию. В начале 80-х годов была начата первая из множества моих рабочих тетрадей.

Предлагаемая вашему вниманию книга, вторая с названием «500 схем», как раз и есть попытка собрать воедино наиболее интересные и оригинальные (на взгляд автора) схемы различных блоков питания, которые годами копились в рабочих тетрадях и папках, дать возможность каждому радиолобителю выбрать то, что ему необходимо из великого множества схем и конструкций, проверенных и испытанных на практике. В книге представлены схемные решения, которые по возможности не повторяют друг друга, причем каждая из схем содержит определенные элементы оригинальности. Схемы построены на доступных и недорогих деталях, ко многим из них указана замена транзисторов и диодов. Все схемы, описанные в книге в разное время, были проверены на практике, большинство схем было опубликовано в различных книгах и журналах для радиолобителей, демонстрировалось на выставках, было отмечено призами и дипломами.

Предлагаемая книга рассчитана на радиолобителей средней квалификации, приводимых в кратком описании данных вполне достаточно для самостоятельного изготовления понравившейся конструкции. Кроме того, в конце книги приводится список литературы и ссылки на первоисточники, где все эти схемы описаны более подробно. По возможности приводятся рисунки монтажа и печатных плат для большинства описываемых схем.

Автор искренне надеется, что и эта, и другие книги «500 схем...» серии «Радиолобитель» окажут практическую помощь многим радиолобителям в их интересном творчестве.

Глава 1

Маломощные стабилизаторы напряжения (максимальный ток нагрузки менее 500 мА)

1.1. Сверхэкономичный стабилизатор напряжения

Этот компенсационный стабилизатор (рис. 1.1), предназначенный для питания малогабаритной радиоаппаратуры, очень прост. Его отличает малое собственное потребление тока — всего 20...30 мкА. Выходное сопротивление стабилизатора — 0,5...1 Ом, коэффициент стабилизации — более 50, максимальный ток нагрузки — 50 мА. Хорошую экономичность удалось получить благодаря применению в регулирующем элементе полевого транзистора VT2 и работе транзистора VT3 в режиме микротока, с этой же целью в источнике образцового напряжения традиционный стабилитрон заменен эмиттерным переходом транзистора VT4. Если стабилизатор предполагается использовать с током нагрузки более 20 мА, транзистор VT1 необходимо снабдить радиатором или заменить более мощным (например, КТ602Б). Если же наоборот, ток нагрузки не будет более 5 мА, тогда транзистор VT1 следует подобрать с обратным током коллектора менее 1 мкА.

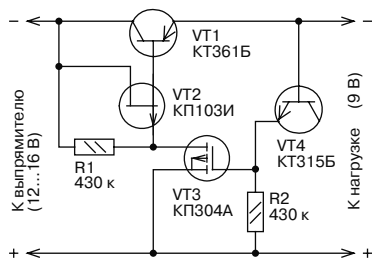


Рис. 1.1.

В стабилизаторе вместо КП103И можно использовать транзисторы КП103К...КП103М; вместо КП304А — любой из серии КП301; вместо КТ315Б — любой из серий КТ315 и КТ316. Настройка заключается в подборке транзистора VT4 до получения на выходе требуемого выходного напряжения. Подробное описание стабилизатора приводится в [1].

1.2. Экономичный стабилизатор напряжения

Особенностями стабилизатора, схема которого изображена на следующем рисунке (рис. 1.2), являются способность работать при пониженном входном напряжении (15 В) и относительно малое собственное потребление тока. Это позволяет рекомендовать его для аппаратуры с автономным питанием.

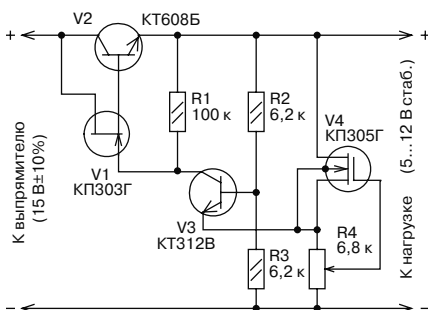


Рис. 1.2.

Выходное напряжение стабилизатора можно регулировать переменным резистором R4 в пределах от 5 до 12 В. Благодаря применению в регулирующем элементе полевого транзистора V1 и высокоомной нагрузки удалось получить достаточно хорошие характеристики: коэффициент стабилизации более 200, выходное сопротивление 0,3...1,5 Ом при максимальном токе нагрузки до 100 мА. На транзисторе V4 собран стабилизатор тока, играющий роль экономичного источника образцового напряжения. Минимально допустимое падение напряжения на регулирующем

транзисторе V2 равно 1,5 В (при токе нагрузки до 30 мА). Максимальный нагрузочный ток можно увеличить, если заменить транзистор V2 на более мощный. Допускается замена транзистора V4 на резистор сопротивлением 2...5 кОм, а резистора R4 на стабилитрон КС133А, т.е. замена стабилизатора тока на обычный параметрический стабилизатор. Однако при этом значительно возрастает ток, потребляемый самим стабилизатором.

По указанной схеме можно собирать стабилизаторы на выходное напряжение до 30 В, соответственно подбирая (в сторону увеличения) номиналы резисторов R2, R3, R4. Подробно эта схема описывается в [2].

1.3. Экономичный стабилизатор напряжения с полевым транзистором

Следующий стабилизатор напряжения (рис. 1.3) предназначен для питания высококачественной аппаратуры. Применение в нем полевого транзистора в качестве регулирующего элемента (VT1) позволило питать источник образцового напряжения (резистор R1, стабилитрон VD1) и усилитель постоянного тока (операционный усилитель DA1) выходным стабилизированным напряжением, а также ослабить до минимума связь между входом и стабилизатором (через канал сток-исток транзистора), что уменьшило проникновение пульсаций входного напряжения в нагрузку.

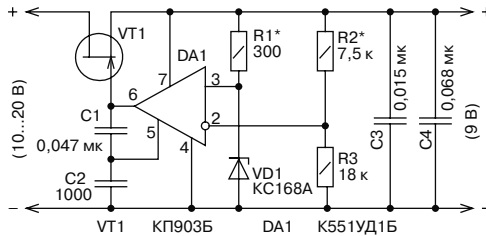


Рис. 1.3.

Основные технические характеристики:

Коэффициент стабилизации напряжения70000;
 Входное напряжение, В 10...20;

Выходное напряжение, В 9;
Максимальный ток нагрузки, мА 150;
Выходное сопротивление, Ом 0,003.

Коэффициент стабилизации напряжения был измерен при токе нагрузки 30 мА цифровым вольтметром В7-34. При изменении входного напряжения от 10 до 20 В выходное изменялось не более чем на 0,0001 В, что соответствует коэффициенту стабилизации около 70000.

Стабилизатор не боится короткого замыкания на выходе и перегрузок по току. С увеличением тока нагрузки напряжение затвор-исток и сопротивление канала сток-исток полевого транзистора уменьшаются. При этом напряжение на выходе ОУ увеличивается до максимального значения, которое всегда меньше питающего напряжения. При дальнейшем увеличении тока нагрузки напряжение затвор-исток транзистора становится постоянным и равным разности выходного напряжения стабилизатора и напряжения насыщения на выходе ОУ, при этом стабилизатор переходит в режим стабилизации выходного тока. При коротком замыкании на выходе ток через стабилизатор не может превысить своего максимального значения, равного току стока транзистора при нулевом напряжении между затвором и истоком.

Мощность, рассеиваемая регулирующим транзистором при длительном коротком замыкании на выходе стабилизатора, не должна превышать допустимую (для транзистора КП903Б — 6 Вт при температуре воздуха не выше 25°C). Если, например, максимальный ток стока транзистора равен 400 мА, то мощности 6 Вт соответствует напряжение 15 В. Это наибольшее входное напряжение стабилизатора при длительном коротком замыкании на выходе. При токе нагрузки более 30 мА регулирующий транзистор необходимо устанавливать на теплоотвод. Конденсаторы С1 и С2 корректируют частотную характеристику ОУ, а С3 и С4 — блокируют цепи питания ОУ и нагрузки. Конденсатор С3 надо монтировать возможно ближе к ОУ. Ослабление влияния колебаний температуры окружающей среды на выходное напряжение достигается использованием в стабилизаторе проволочных резисторов, термостабилизированных стабилитронов и ОУ. В результате, за первую минуту после включения питания выходное напряжение стабилизатора изменяется в пределах до 800 мкВ, за следующие 20 мин — не более чем на 100 мкВ.

Стабилитрон КС166А можно заменить на КС162А, КС168А, а ОУ К551УД1Б — на К153УД5, К140УД12, К140УД6, К140УД7, К140УД10, К140УД11, К153УД2, К153УД4, К153УД6 или К140УД1А с соответствующими цепями коррекции. Но при такой замене стабильность выходного напряжения несколько ухудшится, потому что коэффициент стабилизации напряжения прямо пропорционален коэффициенту усиления ОУ.

Налаживание стабилизатора сводится к установке необходимого выходного напряжения путем изменения соотношения номиналов резисторов R2 и R3. Подробное описание схемы приводится в [3].

1.4. Стабилизатор напряжения с полевым транзистором

Особенность этого транзисторного компенсационного стабилизатора напряжения (рис. 1.4) — применение в цепи обратной связи полевого транзистора VT3, который выполняет роль динамической нагрузки для транзистора VT2. Вследствие этого коэффициент стабилизации напряжения повышается: при изменении входного напряжения от 11 до 19 В выходное напряжение изменяется в пределах ± 60 мВ. Номинальное значение выходного напряжения при использовании стабилитрона типа Д814Б равно 9 В.

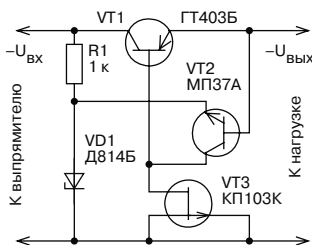


Рис. 1.4.

Номинальный ток нагрузки стабилизатора — 0,1 А. Регулирующий транзистор VT1 смонтирован на радиаторе в виде алюминиевой пластины размером 35×40 мм; его статический коэффициент пе-

редачи тока около 50. Вместо транзистора МП37А можно использовать транзистор МП113А, а вместо стабилитрона Д814Б — Д809. Если же нужно получить выходное напряжение иной величины, следует применить стабилитрон другого типа с соответствующим напряжением стабилизации.

В последнем случае может потребоваться подбор сопротивления резистора R1. При замене последнего еще одним полевым транзистором типа КП102 (затвор и исток соединяются со стабилитроном, а сток с коллектором транзистора VT1) коэффициент стабилизации устройства еще больше увеличивается. Описание этого устройства приводится в [4].

1.5. Блок питания 0...12 В

Блок питания (рис. 1.5) работает от переменного напряжения 12 В. Выпрямитель блока питания образуют диоды VD1...VD4, включенные по мостовой схеме, а стабилизатор выпрямленного напряжения — конденсаторы C1, C2, стабилитрон VD5 и транзисторы VT1 и VT2. Напряжение на выходе блока питания в пределах от 0 до 12 В регулируют переменным резистором R2. Наибольший ток, отдаваемый блоком питания в нагрузку (до 300 мА), ограничен допустимым прямым током диодов выпрямителя.

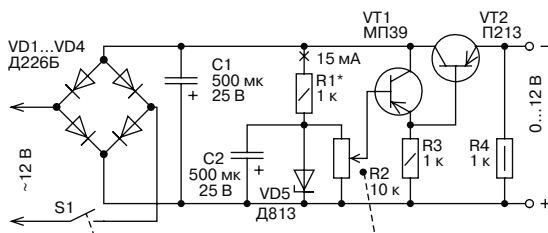


Рис. 1.5.

В выпрямителе можно использовать диоды Д226 или Д7 с любым буквенным индексом. Переменный резистор R2 — с выключателем питания, желательно группы А, чтобы его шкала, по которой устанавливают напряжение на выходе блока питания, была рав-

номерной. В стабилизаторе вместо транзистора МП39 можно использовать транзисторы МП40...МП42, а вместо П213 — транзисторы П214...П217, П201, П4 с любыми буквенными индексами. Коэффициент усиления транзисторов должен быть не менее 15. Стабилитрон Д813 можно заменить стабилитронами Д811, Д814Г или Д814Д. Наибольшее напряжение на выходе блока питания будет соответствовать напряжению стабилизации используемого в блоке стабилитрона. Шкалу резистора R2 следует отградуировать по образцовому вольтметру, подключенному к выходным зажимам блока. Описание этого блока питания приведено в [5].

1.6. Стабилизатор напряжения с защитой

Принципиальная схема стабилизатора приведена на рис. 1.6. Источником образцового напряжения служит термостабилизированный стабилитрон VD1. Для исключения влияния входного напряжения стабилизатора на режим стабилитрона его ток задается генератором стабильного тока, построенным на полевом транзисторе VT1. Термостабилизация и стабилизация тока стабилитрона повышают коэффициент стабилизации выходного напряжения. Образцовое напряжение поступает на левый (по схеме) вход дифференциального усилителя на транзисторах VT2.2 и VT2.3 микросборки K125HT1 и резисторе R7, где сравнивается с напряжением обратной связи, снимаемым с делителя выходного напряжения R8, R9. Разность напряжений на входах дифференциального усилителя изменяет баланс коллекторных токов его транзисторов. Регулирующий транзистор VT4, управляемый коллекторным током транзистора VT2.2, обладает большим коэффициентом передачи тока базы. Это увеличивает глубину ООС и повышает коэффициент стабилизации устройства, а также уменьшает мощность, рассеиваемую транзисторами дифференциального усилителя.

Рассмотрим работу устройства более подробно. Допустим, что в установившемся режиме при увеличении тока нагрузки выходное напряжение несколько уменьшится, что вызовет и уменьшение напряжения на эмиттерном переходе транзистора VT2.3. При этом ток коллектора также уменьшится. Это приведет к увеличению тока транзистора VT2.2, поскольку сумма выходных токов тран-

зисторов дифференциального усилителя равна току, текущему через резистор R7, и практически не зависит от режима работы его транзисторов. В свою очередь, растущий ток транзистора VT2.2 вызывает увеличение тока коллектора регулирующего транзистора VT4, пропорциональное его коэффициенту передачи тока базы, повышая выходное напряжение до первоначального уровня, и позволяет поддерживать его неизменным независимо от тока нагрузки.

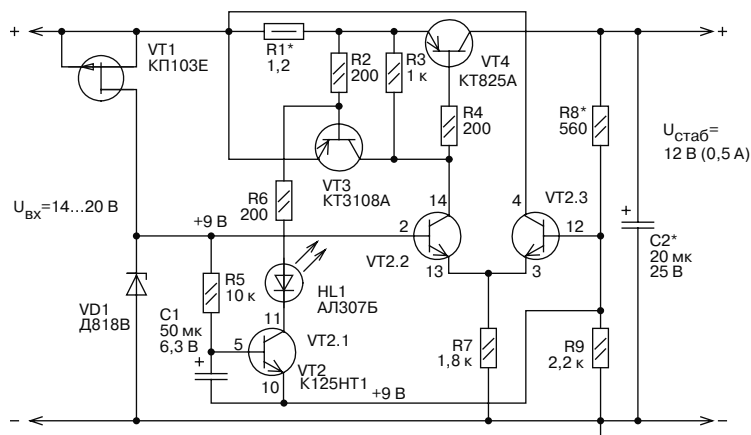


Рис. 1.6.

Для кратковременной защиты устройства с возвратом его в исходное состояние введен ограничитель тока коллектора регулирующего транзистора, выполненный на транзисторе VT3 и резисторах R1, R2. Резистор R1 выполняет функцию датчика тока, протекающего через регулирующий транзистор VT4. В случае превышения тока этого транзистора максимального значения (около 0,5 А) падение напряжения на резисторе R1 достигнет 0,6 В, т.е. порогового напряжения открывания транзистора VT3. Открываясь, он шунтирует эмиттерный переход регулирующего транзистора, тем самым ограничивая его ток примерно до 0,5 А, что вызывает падение выходного напряжения без срабатывания защиты от перегрузки по току. Через некоторое время, пропорциональное постоянной времени цепи R5, C1, это приводит к открыванию транзистора VT2.1 и дальнейшему открыванию транзистора VT3, закрывающего транзистор VT4. Такое состояние

транзисторов устойчивое, поэтому после устранения короткого замыкания или обесточивания нагрузки необходимо отключить устройство от сети и вновь включить после разрядки конденсатора С1.

Ток короткого замыкания устройства равен нулю, а значит, исключает перегрев регулирующего транзистора при срабатывании защиты. Резистор R3 необходим для надежной работы транзистора VT4 при малых токах и повышенной температуре. Конденсатор С2, шунтирующий выход стабилизатора, предотвращает самовозбуждение устройства, причиной которого может стать глубокая ООС по напряжению. Резистор R6 в коллекторной цепи транзистора VT2.1 ограничивает ток во время переходных процессов при включении защиты, а светодиод HL1 выполняет функцию индикатора перегрузки.

Основные параметры стабилизатора:

Входное напряжение, В	14...20;
Выходное напряжение, В	12;
Ток нагрузки, А	0...0,5;
Изменение выходного напряжения (ток нагрузки до 0,5 А), В.....	< 0,1;
Ток покоя, мА.....	15;
Ток короткого замыкания, мА	< 0,1.

Стабилизатор не критичен к разводке печатной платы и размещению деталей на ней. Поэтому монтаж его зависит главным образом от опыта самого конструктора и габаритов предварительно подобранных деталей. Статический коэффициент передачи тока базы транзистора VT3 должен быть не менее 20, а транзистора VT4 — не менее 400. На регулирующем транзисторе VT4, допустимый ток коллектора которого должен быть не менее 1 А, выделяется значительная мощность, поэтому его следует установить на теплоотвод мощностью около 5 Вт. Резисторы и конденсаторы — любых типов на номиналы, указанные на схеме. Приступая к испытанию и налаживанию стабилизатора, резистор R5 временно удаляют, чтобы система защиты не срабатывала, и подбором резистора R8 устанавливают выходное напряжение, равное 12 В. После этого включают резистор R5 и подбором резистора R1 добиваются необходимого значения тока срабатывания защиты устройства по току.

1.7. Стабилизированный блок питания на шесть значений выходного напряжения

Этот блок питания обладает достаточно широким диапазоном и стабильностью выходного напряжения.

Основные технические характеристики:

Номинальное выходное напряжение
с допуском $\pm 5\%$, В 3; 4; 5; 6; 7,5; 9; 12;
Максимальный ток нагрузки, А 0,25;
Амплитуда пульсации, мВ 10;
Внешние размеры, мм 77×57×50.

Схема блока питания приведена на рис. 1.7. Переменное напряжение с секционированной обмотки сетевого трансформатора Т1 через контакты переключателя SA1.1 (в зависимости от выбранного предела) поступает на диодный мост VD1...VD4 и выпрямляется им. Выпрямленное и сглаженное конденсатором C2 напряжение поступает далее на вход 2 микросхемы DA1, представляющей собой интегральный стабилизатор с регулируемым выгодным напряжением. С ее вывода 8 стабилизированное напряжение подается на выходной разъем X2. Резисторы R1...R7 образуют делитель напряжения. Резисторы R2...R7 коммутируются переключателем SA1.2 одновременно с отводами секций обмотки II сетевого трансформатора. Конденсатор C3 необходим для снижения уровня шума и увеличения коэффициента сглаживания пульсаций.

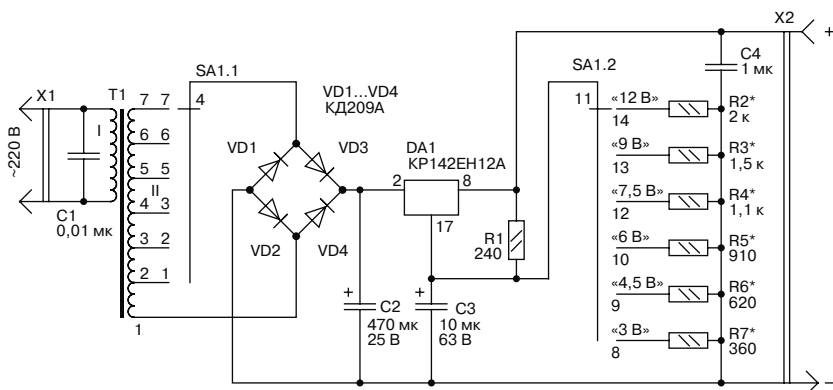


Рис. 1.7.

Конденсатор С1 выполняет роль сетевого фильтра, конденсатор С4 — выходного фильтра блока питания.

Печатная плата блока питания показана на рис. 1.8. Резисторы R2...R7 и переключатель SA1 смонтированы на нижней стороне печатной платы, остальные детали — на верхней. Трансформатор Т1 установлен на плате выводами обмоток вниз и приклеен к плате клеем БФ-4. Выводы первичной обмотки трансформатора припаяны непосредственно к штырям сетевой вилки (X1). К ним же припаян и конденсатор С1.

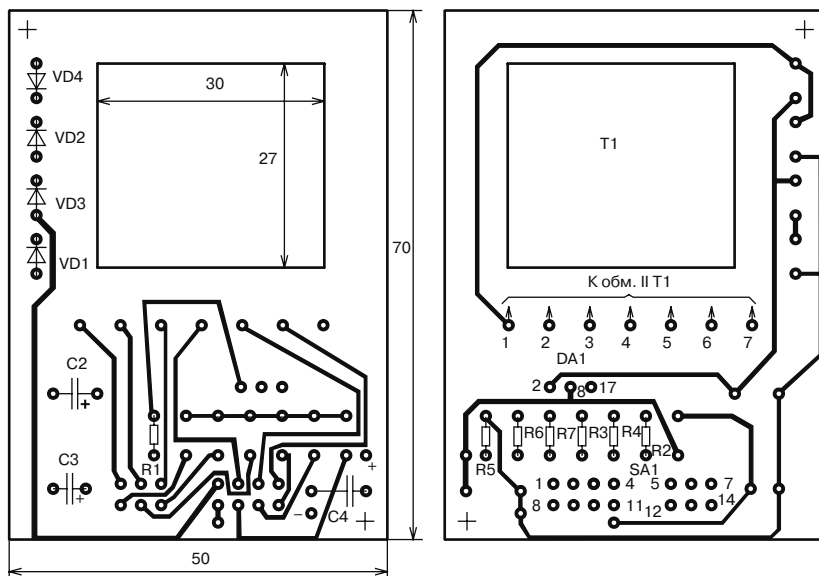


Рис. 1.8.

Магнитопровод трансформатора собран из пластин Ш10×20. Первичная обмотка (I) трансформатора содержит 3600 витков провода ПЭВ-2-0,1, а вторичная (II) — 368 витков ПЭВ-2-0,35 с отводами от 166, 200, 234, 268, 302-го витков. Все резисторы, используемые в блоке питания, — МЛТ-0,125. Конденсатор С1 — К73-17 на номинальное напряжение 630 В, С2 и С3 — оксидные К50-35, С4 — КМ-5. Переключатель SA1 — движковый типа ПД-41.

Установка его на плате со стороны сетевой вилки исключает случайное переключение выходного напряжения при работающем блоке с подключенной нагрузкой.

Микросхема КР142ЕН12А может быть заменена на КР142ЕН12Б. Теплоотвод, на котором она укреплена винтом с гайкой, изготовлен из листового алюминия толщиной 2,5 мм.

Налаживание блока питания заключается в тщательном подборе резисторов R2...R7 делителя выходного напряжения. Работа эта весьма кропотливая и, естественно, требует особого внимания и усидчивости. Чем более тщательно будет подобран каждый из резисторов делителя, тем точнее окажется соответствующее ему напряжение на выходе блока питания.

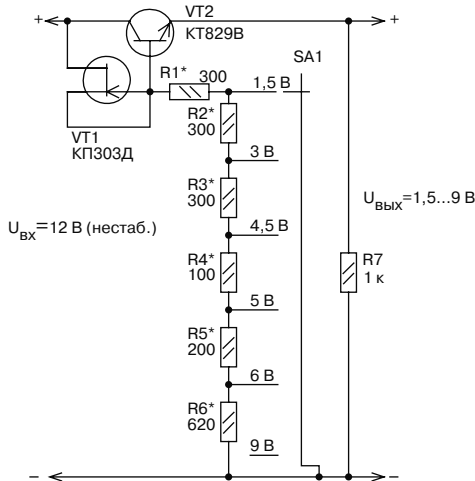


Рис. 1.9.

При отсутствии интегрального стабилизатора аналогичный блок питания можно собрать по схеме, приведенной на рис. 1.9. Здесь в качестве регулирующего элемента применен транзистор КТ829, и нет необходимости переключать обмотки трансформатора. Дополнительную информацию об этих блоках питания можно найти в [7].

1.8. Стабилизатор напряжения на ОУ

Одним из основных узлов стабилизатора постоянного напряжения, определяющих уровень качественных показателей блока питания, является усилитель постоянного тока (УПТ). Высокостабильные блоки питания требуют применения сложных высококачественных УПТ. Такие усилители в случае их выполнения на дискретных элементах получаются относительно громоздкими, критичными к изменениям внешних условий и дорогими.

Поэтому наиболее удобно использовать в УПТ микросхемы, в частности, операционные усилители (ОУ) серии К140.

На рис. 1.10 приводится схема стабилизатора напряжения, который может быть использован для питания аппаратуры, собранной на операционных усилителях серии К140. Особенностью стабилизатора является то, что его ОУ, включенный в цепь обратной связи, питается не от отдельного источника, а непосредственно с выхода стабилизатора. Коэффициент стабилизации устройства — около 1000, выходное сопротивление не превышает 0,01 Ом, КПД — 45%. Номинальный ток нагрузки — не менее 0,2 А. Пульсации выходного напряжения (двойная амплитуда) — менее 60 мкВ.

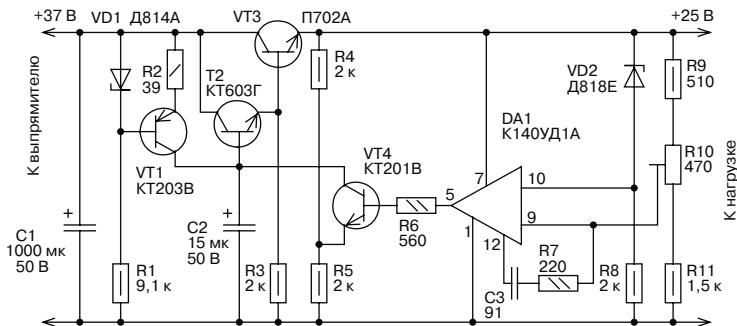


Рис. 1.10.

Стабилизатор работоспособен в интервале температур окружающей среды от -20 до $+60^{\circ}\text{C}$. Температурный дрейф выходного напряжения — менее 0,05%. Выходное напряжение стабилизатора можно

увеличить до $27 \text{ В} \pm 10\%$. В этом случае между выводом 7 микросхемы и выходом $+25 \text{ В}$ нужно включить резистор сопротивлением около 200 Ом . Каскад на транзисторе VT1 служит динамической нагрузкой транзистора VT4, что существенно повышает общий коэффициент усиления УПТ. Вместо транзистора П702А можно использовать П702, КТ805. Транзисторы КТ603Г можно заменить на П308, П309, а КТ201В и КТ203В — на МП103 или МП106. Подробное описание этого стабилизатора приводится в [8].

1.9. Низковольтный стабилизатор напряжения

Несмотря на то, что сейчас появились микросхемы низковольтных (3...5 В) стабилизаторов напряжения с малым падением напряжения, они еще пока мало распространены, особенно среди радиолюбителей. А ведь низковольтные стабилизаторы сейчас приобретают особую актуальность. Почти все аудиоплееры питаются от источника 3 В, многие современные радиоприемники также требуют этого напряжения, не говоря уже о микропроцессорах. Предлагаемые вниманию читателей устройства — попытка сделать подобные низковольтные стабилизаторы на доступных и недорогих элементах. Схемотехника стабилизаторов напряжения для питания устройств с низковольтным питанием имеет особенности. Например, наиболее эффективна простейшая защита стабилизаторов ограничением максимального тока нагрузки при низком выходном напряжении.

Падение напряжения на регулирующем транзисторе стабилизатора при замыкании на выходе мало отличается от рабочего и транзистор перегревается незначительно. Весьма актуально именно для низковольтных стабилизаторов уменьшение минимального напряжения между входом и выходом, поскольку при этом повышается не только экономичность аппаратуры, но и ее надежность. Например, если применить в трехвольтном стабилизаторе микросхему с падением напряжения на ней также три вольта, то питающий это устройство выпрямитель должен отдавать напряжение с учетом пульсаций около 9 В. Если это напряжение, вследствие пробоя микросхемы, попадет на нагрузку, весьма вероятно, что она выйдет из строя.

Для стабилизатора же, падение напряжения на котором менее 0,4 В, хватит входного напряжения около 5 В. Такое перенапряжение нагрузка, рассчитанная на трехвольтовое питание, скорее всего выдержит. До недавнего времени существовала проблема — подобрать для низковольтного стабилизатора источник образцового напряжения — стабилитрон. Обычно низковольтные стабилитроны имеют очень невысокие параметры. Разработать сравнительно простые низковольтные стабилизаторы с учетом всего вышеизложенного позволяет микросхема КР142ЕН19 — интегральный аналог низковольтного стабилитрона.

Эта микросхема выпускается в пластмассовом корпусе с тремя выводами. Когда напряжение на ее управляющем электроде относительно анода меньше +2,5 В, ток катода микросхемы не превышает 1,2 мА, причем он мало зависит от напряжения между анодом и катодом микросхемы. Как только напряжение на управляющем электроде превысит порог +2,5 В, ток катода микросхемы резко возрастает, пока напряжение на катоде не снизится до 2,5 В. Резистор, подключенный к катоду, должен ограничивать этот ток значением не более 100 мА.

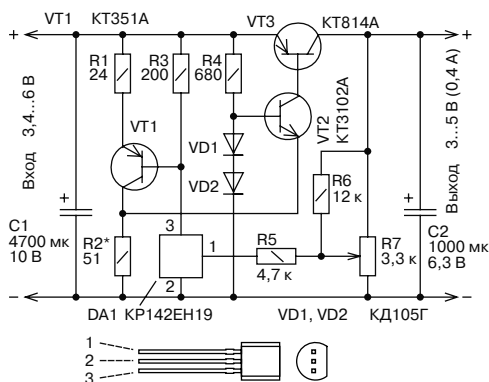


Рис. 1.11.

Ток управляющего электрода весьма мал — единицы микроампер, причем этот ток также следует ограничивать, поскольку при его слишком большом увеличении напряжение на катоде микросхемы может возрасти.

Примечание редактора

Т.к. микросхема представляет собой аналог стабилитрона, то и в схемах она включается аналогично, в обратной полярности. При этом напряжение на катоде всегда более положительное, чем на аноде.

Схема низковольтного стабилизатора напряжения на микросхеме КР142ЕН19 с регулирующим транзистором в плюсовом проводнике показана на рис. 1.11. Падение напряжения на этом стабилизаторе не превышает 0,4 В, а коэффициент стабилизации более 600.

При повышении напряжения на движке регулятора выходного напряжения (резистор R7) до 2,5 В микросхема DA1 открывается, что вызывает открывание транзистора VT1, закрывание транзистора VT2, а затем и регулирующего транзистора VT3.

Регулятором напряжения R7 можно установить выходное напряжение меньше указанных на схеме 3 В примерно до 2,6 В, однако в процессе включения стабилизатора, особенно без нагрузки, возможно кратковременное повышение выходного напряжения до 3 В.

Этот стабилизатор можно отрегулировать и на напряжение больше 5 В, но тогда он будет сильно перегреваться при замыкании в нагрузку, поскольку защищен лишь ограничением выходного тока, зависящего от сопротивления резистора R2. Максимальный рабочий ток увеличивается при уменьшении его номинала.

Если требуется существенно увеличить выходной ток стабилизатора, можно попробовать уменьшить номиналы резисторов R1 и R2 в одинаковое число раз и применить более мощные транзисторы. На месте VT1 допустимо использовать транзистор серии КТ626, а VT2 — КТ630. Транзистор КТ814А (VT3) заменим любым из серий КТ816, КТ837 с максимальным коэффициентом передачи тока базы.

В стабилизаторе не следует применять эмиттерные повторители для повышения выходного тока. Это увеличивает время прохождения сигнала по цепи обратной связи и может привести к возникновению возбуждения. Если все же самовозбуждение возникло, следует увеличить емкость конденсаторов C1 и C2, а также подключить конденсатор емкостью в несколько сотен пикофард между катодом и управляющим электродом микросхемы.

Вариант стабилизатора с регулирующим транзистором в минусовом проводнике показан на рис. 1.12. При повышении напряжения на управляющем электроде до +2,5 В относительно анода микросхема открывается и закрывает транзисторы VT1 и VT2. Максимальный рабочий ток устанавливают подбором резистора R2.

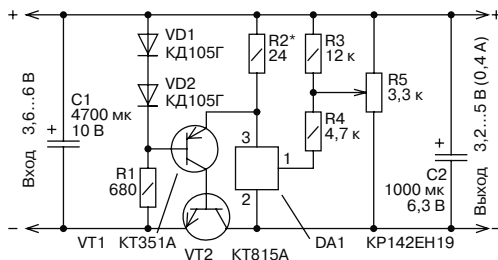


Рис. 1.12.

В описанных устройствах применены несколько необычные делители выходного напряжения в отличие от традиционного, когда переменный резистор включен в верхнее по схеме плечо. В этом случае, если нарушается контакт в цепи движка переменного резистора, напряжение на выходе стабилизаторов может только уменьшаться, тогда как при использовании традиционного делителя выходное напряжение достигает максимального уровня, что может вывести из строя нагрузку. В обоих описанных выше стабилизаторах для уменьшения зависимости максимального рабочего тока от температуры полезно обеспечить тепловой контакт диодов VD1, VD2 с теплоотводом регулирующего транзистора.

Если такие стабилизаторы используются как регулируемые, полезно последовательно с переменными резисторами включить постоянные (к каждому крайнему выводу). Их сопротивления следует подобрать так, чтобы пределы регулировки выходного напряжения соответствовали указанным на схемах. При отсутствии таких резисторов стабилизаторы могут выходить из режима стабилизации в крайних положениях движков. Подробнее об этой схеме рассказано в [9].

1.10. Простой импульсный стабилизатор напряжения

Предлагаемый импульсный стабилизатор напряжения от аналоговых устройств отличается простотой, хорошей повторяемостью и отсутствием регулировочных элементов.

Схема стабилизатора приведена на рис. 1.13. При включении питания напряжение на конденсаторе C2 равно нулю и через резистор R1 и эмиттерные переходы транзисторов VT1 и VT2 начинает протекать ток. Транзисторы VT1 и VT2, а вслед за ними и транзисторы VT3 и VT4 открываются. Конденсатор C2 начинает заряжаться током, протекающим через дроссель L1.

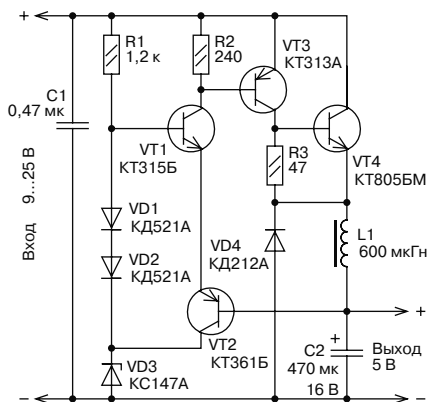


Рис. 1.13.

Когда напряжение на конденсаторе превысит напряжение стабилизации стабилитрона VD3, транзисторы VT1 и VT2 закрываются, в результате чего закрываются и транзисторы VT3, VT4. Диод VD4 обеспечивает путь тока дросселя L1, когда транзистор VT4 закрыт. Когда напряжение на конденсаторе C2 станет меньше напряжения стабилизации стабилитрона VD3, процесс повторяется.

С указанными на схеме элементами выходное напряжение стабилизатора составляет около 5 В, а максимальный ток нагрузки — 0,5...0,7 А. Уровень пульсации при выходном токе 0,7 А — около 0,1 В и от нагрузки мало зависит: в большей степени он зависит

от сопротивления резисторов R1 и R2. КПД стабилизатора — примерно 80...85%. Входное напряжение устройства ограничено предельно допустимыми напряжениями транзисторов VT1...VT4 и для указанных приборов не должно превышать 25 В.

Если потребуется стабилизатор на другое выходное напряжение, следует установить стабилитрон с напряжением стабилизации, равным требуемому выходному. Другие элементы устройства при этом не изменяются, необходимо лишь следить, чтобы рабочий ток стабилитрона, протекающий через резистор R1, не был меньше минимально допустимого для этого прибора. В противном случае сопротивление резисторов R1 и R2 следует уменьшить до получения нужного тока так, чтобы их соотношение осталось неизменным.

Дроссель L1 намотан на кольцевом магнитопроводе K20×12×6 из феррита M2000HM с зазором 0,25 мм и содержит 60 витков провода ПЭВ-2-0,6. Возможно применение промышленных дросселей Д-0,3 (если ток нагрузки не превышает 0,3 А) индуктивностью не менее 100 мкГн. На месте транзистора VT3 можно установить любой высокочастотный транзистор с максимальным током коллектора не менее 300 мА, а на месте VT4 — любой из серий КТ802, КТ805. Диод КД212Д (VD4) заменим любым с допустимой рабочей частотой не менее 100 кГц, например, из серий КД212, КД213, КД2997...КД2999. Емкость конденсатора C1 (обязательно керамического) может быть в пределах 0,33...1 мкФ.

Правильно собранный стабилизатор налаживания не требует. С помощью осциллографа, подключенного к эмиттеру транзистора VT4, проверяют наличие прямоугольных импульсов частотой 20...80 кГц. Если частота следования импульсов выше 80 кГц (при слишком высокой частоте начинает разогреваться транзистор VT4), следует увеличить число витков дросселя L1. Более подробно этот стабилизатор описан в [10].

1.11. Простой стабилизатор напряжения на ИМС 142ЕН1Г

Этот стабилизатор (рис. 1.14) был разработан для питания устройств на цифровых ИМС 155 серии. Благодаря использованию

в нем специализированной микросхемы серии K142, стабилизатор имеет малое количество деталей и пригоден для монтажа непосредственно на плате цифрового устройства.

Основные параметры стабилизатора:

Входное напряжение, В 9;

Выходное напряжение, В 5;

Ток нагрузки, А 0,5.

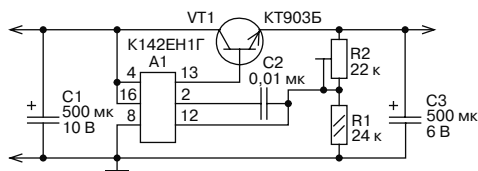


Рис. 1.14.

1.12. Стабилизатор напряжения с защитой от короткого замыкания

Многим радиолюбителям знакома схема этого простого стабилизатора напряжения с защитой от перегрузок и коротких замыканий цепи выхода. Он обладает рядом положительных качеств и поэтому получил широкую популярность среди радиолюбителей. Однако недостаток стабилизатора заключается в том, что порог ограничения тока нагрузки его устройства защиты зависит от статического коэффициента передачи регулирующего транзистора. Так как при разогреве транзистора его статический коэффициент передачи тока увеличивается, то увеличивается и ток ограничения стабилизатора. В результате возрастает выделяемая на регулирующем транзисторе мощность, что может привести к его перегреву и выходу из строя.

Диод V4, включенный между базой управляющего и коллектором регулирующего транзистора (как показано на рис. 1.15), практически устраняет этот недостаток. В нормальном режиме работы стабилизатора диод V5 открыт, а диод V4 закрыт и не влияет на работу устройства. Если ток нагрузки увеличивать, то выходное

напряжение стабилизатора начнет уменьшаться, диод V5 закроется, а транзистор V2 совместно с резисторами R1, R3 и стабилитроном V3 будет работать как стабилизатор тока. В связи с этим базовый ток регулирующего транзистора V1, а значит, и его коллекторный ток оказываются ограниченными.

Одновременно с закрыванием диода V5 открывается диод V4, шунтирует стабилитрон V3, и он выходит из режима стабилизации. Это приводит к уменьшению напряжения на базе транзистора V2 и, соответственно, к уменьшению тока ограничения. Если в качестве диода V4 применить светодиод, например, АЛ1102А, то он будет служить индикатором перегрузки стабилизатора, но в этом случае ток короткого замыкания стабилизатора несколько увеличивается вследствие большего падения напряжения на переходе светодиода. Подробное описание стабилизатора приведено в [11].

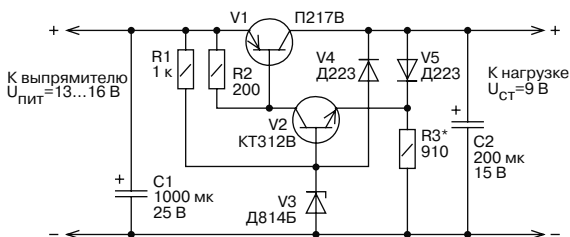


Рис. 1.15.

1.13. Стабилизатор напряжения для автомобильного аккумулятора

Собираясь в путешествие на автомобиле, многие из вас не прочь захватить с собой переносной транзисторный радиоприемник или кассетный магнитофон, работающие от источника напряжением 9 В. Питая их в этом случае удобно, конечно, от бортовой сети автомобиля. Но ее напряжение, во-первых, 12,6 В и к тому же колеблется в значительных пределах. Здесь и пригодится предлагаемый стабилизатор (рис. 1.16).

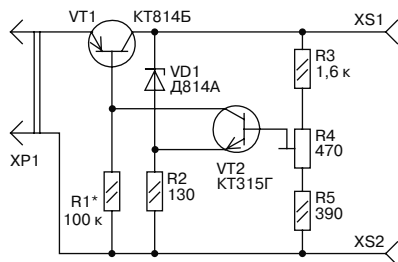


Рис. 1.16.

Выходное напряжение стабилизатора 9 В, максимальный ток нагрузки 300 мА. При изменении тока нагрузки от 20 до 300 мА выходное напряжение изменяется всего лишь на 0,17 В.

Стабилизатор защищен от перегрузки и короткого замыкания на выходе — когда ток нагрузки превысит максимальный (300 мА), стабилизатор отключится. Стабилизатор состоит из регулирующего транзистора VT1 и каскада сравнения, собранного на транзисторе VT2, стабилитроне VD1 и резисторах R2...R5. Подстроечным резистором R4 устанавливают выходное напряжение. Резистор R1 обеспечивает запуск стабилизатора (появление выходного напряжения) при подключении его к источнику питания или после устранения перегрузки на выходе.

Максимальный ток нагрузки, соответствующий порогу срабатывания защиты, зависит от резистора R2. Он возрастает при уменьшении сопротивления резистора, и наоборот. Минимальное сопротивление резистора ограничивается максимально допустимым током стабилизации стабилитрона.

Вместо KT814B может быть любой другой транзистор из серий KT814, KT816, а вместо KT315Г — любой из серии KT315. Регулирующий транзистор устанавливают на радиатор размерами 15×20 мм из дюралюминия толщиной 2...3 мм и вместе с ним прикрепляют к плате. В качестве разъема XP1 удобно использовать переходник, включаемый в гнездо прикуривателя автомобиля, — такие переходники продаются в автомагазинах. Настройка стабилизатора сводится к установке подстроечным резистором выходного напряжения 9,1...9,3 В без нагрузки и подборе резистора R1 — он должен быть такого сопротивления, чтобы обеспечивался надежный запуск стабилизатора без нагрузки как при

подключении его к бортовой сети автомобиля, так и после устранения короткого замыкания на выходе.

Выходное напряжение при подключении резистора R1 может возрасть не более чем на 0,1 В. Если понадобится эксплуатировать стабилизатор при токе нагрузки до 500 мА (естественно, для этого варианта придется подобрать резистор R2), радиатор под транзистор VT1 придется применить больших размеров. Описание этой схемы приводится в [12]. Рисунок его печатной платы представлен на рис. 1.17.

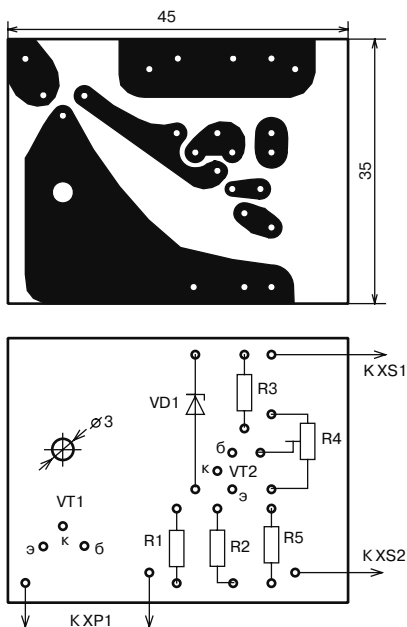


Рис. 1.17.

1.14. Стабилизатор напряжения

Этот стабилизатор напряжения очень прост, но имеет весьма высокие параметры и поэтому пригоден для питания самой различной радиоаппаратуры (рис. 1.18). При очень хорошей эконо-

мичности — потребляемый им ток при отсутствии нагрузки не превышает 25 мкА — он обеспечивает ток нагрузки до 0,5 А. Коэффициент стабилизации — около 500, выходное сопротивление — 0,07 Ом.

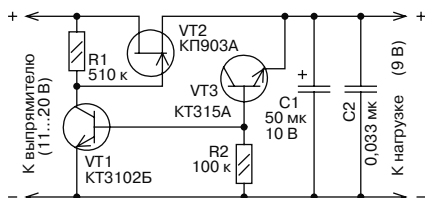


Рис. 1.18.

Отличительная особенность стабилизатора — применение в регулирующем элементе мощного полевого транзистора и работа управляющего элемента в режиме микротоков. С целью повышения экономичности источником образцового напряжения служит обратносмещенный эмиттерный переход транзистора VT3. Высокое входное сопротивление полевого транзистора и большое сопротивление резистора R1 обуславливают большой коэффициент усиления управляющего элемента, а значит, и высокий коэффициент стабилизации. Стабилизатор не боится замыкания выходной цепи, так как в этом случае ток через транзистор VT2, а значит, и ток нагрузки будут ограничены начальным током стока полевого транзистора.

Другим важным достоинством является то, что при увеличении температуры корпуса регулирующего транзистора крутизна характеристики и начальный ток стока уменьшаются, благодаря чему в режиме перегрузки перегревания регулирующего транзистора с обычным для биполярного транзистора лавинообразным неуправляемым увеличением его тока не происходит. Выбор полевого транзистора VT2 определяет максимально возможный ток нагрузки.

Запуск стабилизатора происходит автоматически. В момент включения транзистор VT1 будет закрыт, поэтому входное напряжение будет поступать на затвор полевого транзистора, что и обеспечивает надежный запуск стабилизатора. Допустимое напряжение

сток-исток полевого транзистора равно 20 В, а для его нормальной работы необходимо напряжение 2...3 В, поэтому максимальное выходное напряжение этого стабилизатора может быть 15...17 В. Минимальное напряжение стабилизации определяется напряжением отсечки полевого транзистора и равно примерно 5...7 В. Для увеличения выходного тока можно использовать параллельное включение двух-трех полевых транзисторов. В этом случае транзисторы следует подобрать с близкими параметрами во избежание неравномерного распределения на них рассеиваемой мощности или в цепь истока каждого из них включить резистор сопротивлением 1...2 Ом. Для повышения качества выходного напряжения и устойчивости стабилизатора при работе с нагрузкой различного характера предусмотрены конденсаторы С1, С2.

В стабилизаторе вместо транзистора КП903А можно применить КП903Б, КП903В. Регулирующий транзистор следует установить на теплоотвод. Транзистор КТ3102Б можно заменить на КТ3102В...КТ3102Е, КТ342Б, КТ342В; вместо КТ315А подойдет любой из КТ315Б...КТ315Ж. При токе нагрузки не более 50 мА в регулирующем элементе можно использовать транзистор КП303Г.

При налаживании подбирают транзистор VT3 с требуемым напряжением стабилизации. Его можно заменить обычным стабилитроном и подобрать резистор R2 из условия обеспечения номинального тока через стабилитрон. Экономичность стабилизатора при этом конечно же ухудшится. Подробнее этот стабилизатор описывается в [13].

1.15. Стабилизатор напряжения, защищенный от коротких замыканий выхода

На рис. 1.19 приведена схема транзисторного параметрического стабилизатора напряжения на составном регулирующем транзисторе VT2, VT3 с устройством защиты от коротких замыканий выхода на транзисторе VT1. Номинальное входное напряжение этого стабилизатора 21 В, ток нагрузки 0,3 А, диапазон изменения выходного напряжения 2...12 В.

Устройство защиты работает следующим образом. На базу транзистора VT1 подано стабильное напряжение смещения величиной

около 1,7 В с диодов VD1 и VD2 (используются в качестве стабилиторов). Совместно с резистором R1 они образуют делитель входного напряжения. В отсутствие перегрузки выхода транзистор VT1 закрыт, так как потенциал его базы относительно эмиттера положителен. При коротком замыкании выхода эмиттер транзистора VT1 замыкается на «общий плюс». Вследствие этого потенциал его базы относительно эмиттера становится отрицательным, и транзистор открывается. Его коллекторный ток проходит по резистору R2, падение напряжения на нем возрастает, отрицательное смещение на базе транзистора VT2 резко уменьшается и составной регулирующий транзистор переходит в состояние, близкое к состоянию «закрыт». Таким образом, ток короткого замыкания ограничивается. Как только короткое замыкание нагрузки будет ликвидировано, база транзистора VT1 снова получит положительное смещение, и нормальная работа стабилизатора автоматически восстановится. Описание этой схемы приводится в [14].

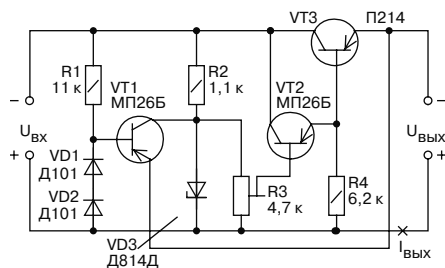


Рис. 1.19.

1.16. Блок питания 60 В 100 мА

Этот блок питания (рис. 1.20) был разработан для питания стабилизированным напряжением малогабаритной внутренней АТС на 10 номеров. Выходное напряжение — 55...65 В, ток нагрузки — до 0,1 А. Полное его описание приводится в [15].

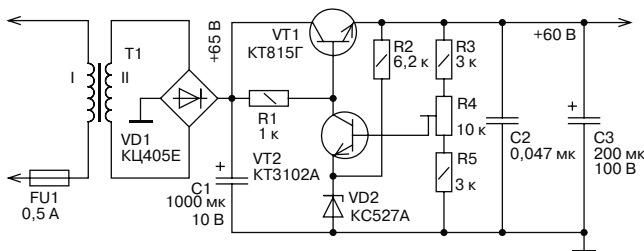


Рис. 1.20.

1.17. Комбинированный блок питания

Это устройство представляет собой два независимых источника питания радиоаппаратуры: постоянного напряжения, регулируемого в пределах 0...12 В, и переменного, регулируемого в пределах 0...215 В (рис. 1.21). Первый из них предназначен для питания приборов и устройств на транзисторах и интегральных микросхемах, второй — для плавного регулирования частоты вращения ротора сетевых электродвигателей, яркости свечения ламп накаливания, температуры жала электропаяльника или нагревательного элемента, понижения сетевого напряжения с 220 В до 127 В (вместо ЛАТРа) и других подобных целей. Одновременно оба источника можно использовать для питания измерительных приборов и устройств на цифровых микросхемах с высоковольтными газоразрядными индикаторами.

Максимальный ток нагрузки каждого из источников — 0,5 А. Напряжение переменной составляющей (пульсации) источника постоянного тока не более 0,2 В. У каждого из них «свой» выключатель первичной цепи питания, защитный предохранитель и вольтметр, показывающий выходное напряжение.

В источнике переменного напряжения в качестве регулирующего элемента применен мощный транзистор VT1, выполняющий роль своеобразного полупроводникового переменного резистора, включенного последовательно с нагрузкой. Такое техническое решение дает ряд преимуществ по сравнению с тиристорным регулятором или ЛАТРОм, например, не создает помех, проникающих в электросеть, имеет небольшие габариты и массу. Транзисторный регулятор позволяет управлять устройствами как с активной нагрузкой,

так и с реактивной. Он к тому же относительно прост и не содержит дефицитных деталей.

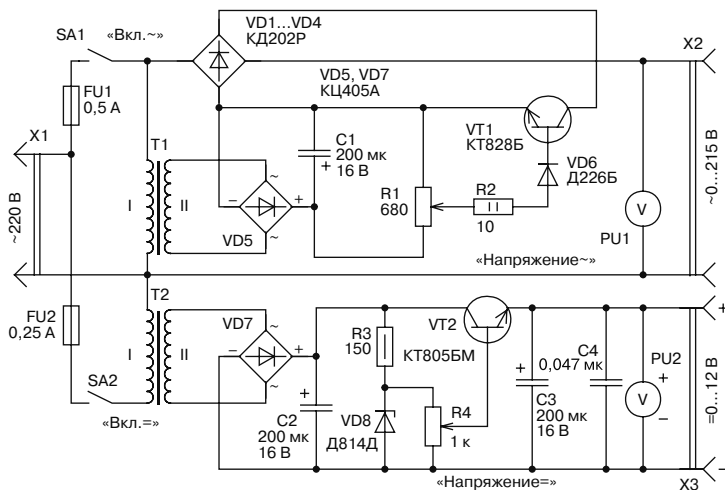


Рис. 1.21.

Из недостатков наиболее серьезен один — на регулирующем транзисторе выделяется большое количество тепла, что создает определенные трудности с его отведением. Диодный мост VD1...VD4 обеспечивает прямой ток через транзистор VT1 при обоих полупериодах сетевого напряжения. Пониженное трансформатором T1 до 6 В сетевое напряжение снимается с его обмотки II. Выпрямляет его диодный блок VD5 и сглаживает конденсатор C1. Переменным резистором R1 регулируют базовый ток транзистора VT1. Резистор R2 — токоограничительный. Диод VD6 предотвращает попадание на базу транзистора VT1 напряжения отрицательной полярности.

Выходное напряжение контролируют по вольтметру PU1. Ток нагрузки, работающей с таким источником переменного напряжения, зависит от значения управляющего напряжения на базе транзистора VT1. Изменяя это напряжение резистором R1, можно управлять током коллектора транзистора, а следовательно, и током через нагрузку. При крайнем нижнем по схеме положении движка резистора R1 транзистор VT1 оказывается полностью открытым

и напряжение на нагрузке будет максимальным. В крайнем же верхнем положении движка этого резистора транзистор будет в закрытом состоянии и ток через нагрузку прекратится.

Трансформатор Т2, питающий источник постоянного напряжения, понижает переменное напряжение сети до 12 В. Это напряжение выпрямляет диодный блок VD7, а пульсации напряжения сглаживают конденсаторы С2, С3. Стабилитрон VD8 и резистор R3 образуют параметрический стабилизатор напряжения, а транзистор VT2 усиливает выходную мощность этого источника. Напряжение, снимаемое с его выхода, регулируют переменным резистором R4. Конденсатор С4 служит для фильтрации высокочастотных помех при питании от блока устройств на цифровых микросхемах. Выходное напряжение контролируют по вольтметру PU2. Транзисторы устанавливают на теплоотводах с полезной площадью рассеяния для транзистора VT1 — не менее 300 см², а для VT2 — 30 см².

На лицевой панели блока размещают все органы управления, вольтметры и разъемы, а держатели предохранителя — на задней или одной из боковых стенок. Все необходимые соединения выполняют отрезками тонкого монтажного провода в надежной изоляции.

Кроме указанных на схеме, в блоке питания можно использовать транзисторы: VT1 — КТ812А, КТ812Б, КТ824А, КТ824Б, КТ828А, КТ834А...КТ834В, КТ840А, КТ840Б, КТ847А, КТ856А; VT2 — КТ805АМ, КТ807А, КТ807Б, КТ815А...КТ815Г, КТ817А...КТ817Г, КТ819А...КТ819Г. Диоды VD1...VD4 должны быть рассчитаны на напряжение не менее 250 В и ток не менее 1 А — например, КД202Ж...КД202С или из серий Д245, Д246, Д247, Д248 с любым буквенным индексом. Выпрямительные блоки VD5 и VD7 — КЦ405 с любым буквенным индексом; диод VD6 — Д237.

Можно использовать любые трансформаторы мощностью 6...10 Вт, понижающие напряжение сети до 8...10 В (Т1) и 12...15 В (Т2), например, трансформаторы ТС-25 или ТС-27 от телевизоров «Юность». Блок питания налаживания не требует. Если при монтаже не допущено ошибок и применены исправные детали, он начинает работать сразу после подключения к сети. Если регулирующий транзистор (VT1) выбрать из серии КТ856, то мощность, потребляемая нагрузкой от сети, может достигать 150 Вт, с транзистором из серии КТ834 — 200 Вт, а КТ847 — 250 Вт.

При необходимости еще больше увеличить выходную мощность источника, регулирующий элемент составляют из нескольких параллельно включенных транзисторов, соединив их одноименные выводы. Эти транзисторы подбирают с возможно близкими коэффициентами усиления и, кроме того, в их базовые цепи включают индивидуальные уравнивающие резисторы.

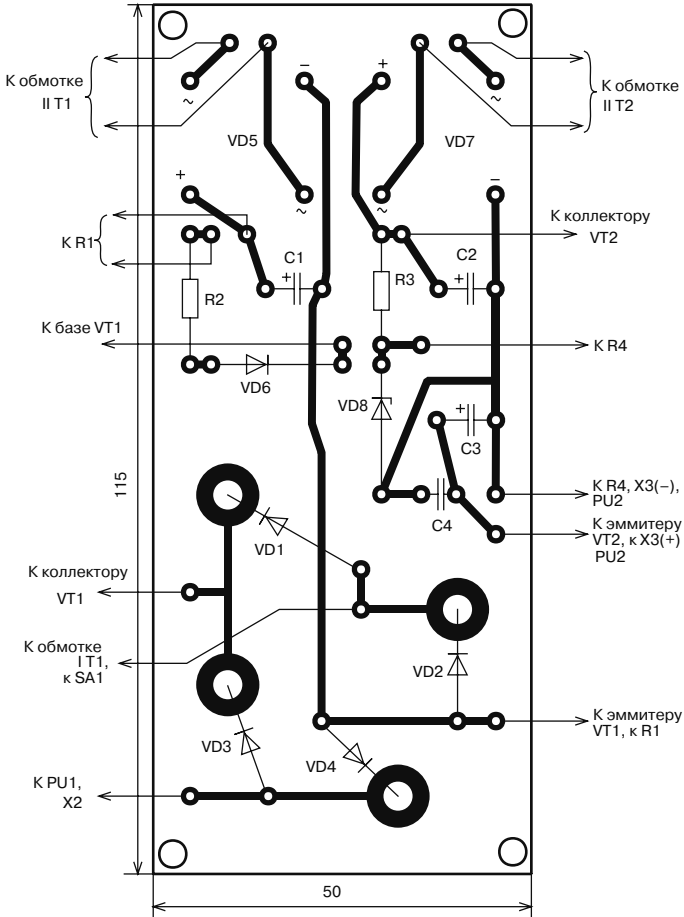


Рис. 1.22.

Диоды VD1...VD4 придется заменить на более мощные, рассчитанные на ток, не менее потребляемого нагрузкой. Диод VD6 также необходимо будет заменить на более мощный, способный пропускать ток до 1 А. На больший ток должен быть рассчитан и предохранитель FU1. Но в этом случае, возможно, придется установить небольшой вентилятор для интенсивного отведения тепла от полупроводниковых приборов.

Работая с этим блоком питания, не забывайте о мерах безопасности. Помните, что источник переменного тока гальванически связан с сетью! Полное описание блока питания приведено в [16], а печатная плата — на рис. 1.22.

1.18. Транзисторный фильтр для телевизора

В унифицированных телевизорах черно-белого изображения нередко встречается дефект в виде искривления вертикальных линий, вызываемый периодическим смещением групп строк с частотой

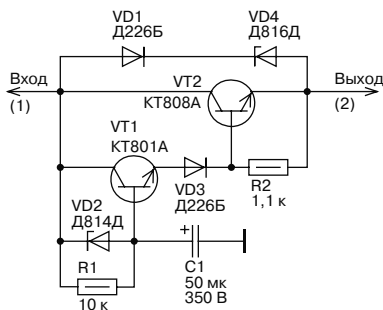


Рис. 1.23.

0,5...5 Гц. Одна из причин этого явления — недостаточная фильтрация постоянного напряжения +250 В, питающего видеоусилитель, каскады канала синхронизации и выходной каскад строчной

развертки, другая — применение в сглаживающем фильтре двухмоточного дросселя.

Известно, что сглаживающие LC-фильтры хороши в цепях с относительно небольшим и постоянным током нагрузки, в телевизоре же только через выходной каскад строчной развертки протекают импульсы тока до 0,5 А. Из-за довольно высокого сопротивления фильтра создаются условия для межкаскадных связей, под влиянием которых в системе автоподстройки частоты и фазы генератора строчной развертки возникает колебательный процесс. Он вызывает периодическое смещение групп строк, что и приводит к искажению изображения.

В телевизоре «Горизонт-206» удалось устранить этот дефект, заменив обмотку 1-2 дросселя транзисторным фильтром, собранным по схеме, приведенной на рис. 1.23. Применение составного транзистора VT1, VT2 обусловлено стремлением повысить коэффициент сглаживания пульсаций на базе транзистора VT1 и тем самым улучшить фильтрацию напряжения устройством в целом. Стабилитроны VD2 и VD4 защищают транзисторы от бросков тока и напряжения, возникающих в выпрямителе при включении телевизора. Падение напряжения на транзисторе VT2 при токе нагрузки 150 мА не превышает 7 В. Описание устройства приводятся в [17].

1.19. Блок питания для телевизора

В некоторых моделях телевизионных приемников отсутствуют автоматические устройства стабилизации размеров раstra, из-за чего при резких колебаниях сетевого напряжения (например, при включении электродвигателя стиральной машины или холодильника) наблюдаются кратковременные изменения размеров изображения и сбой синхронизации. Для устранения этого недостатка, заметно ухудшающего качество приема телепередач, оказалось достаточным ввести в телевизор стабилизатор напряжения, питающий развертывающие устройства.

На рис. 1.24 показана принципиальная схема стабилизатора. Он был установлен в телевизоре «Радий», из которого был изъят дроссель фильтра. Стабилизатор обеспечивает ток нагрузки до 200 мА при коэффициенте подавления пульсаций 65 дБ.

Коэффициент стабилизации около 1800, выходное сопротивление стабилизатора не превышает 0,5 Ом.

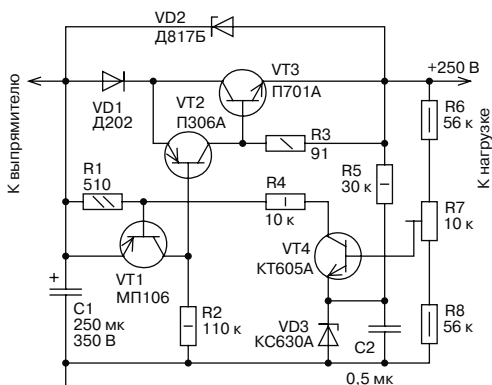


Рис. 1.24.

Регулирующий каскад выполнен на транзисторах VT2 и VT3 разной структуры. Такой каскад обеспечивает эффективное регулирование даже при падении напряжения на его транзисторах, близком к напряжению их насыщения. При включении стабилизатора выход его на режим стабилизации обеспечивается током, протекающим через резистор R2 и поддерживающим транзисторы VT2 и VT3 практически в состоянии насыщения до заряда конденсатора, подключенного к выходу стабилизатора (конденсатора C110 по схеме телевизора «Радий»). Транзистор VT4 откроется лишь тогда, когда напряжение на этом конденсаторе будет отличаться от номинального менее чем на один вольт. Вслед за транзистором VT4 откроется VT1, в результате чего уменьшится базовый ток транзистора VT2. Падение напряжения на диоде VD1 несколько увеличивает напряжение на коллекторе (относительно эмиттера) транзистора VT1, что улучшает работу каскада.

Стабилитрон VD2 ограничивает напряжение на транзисторах регулирующего каскада и защищает их при коротких замыканиях на выходе стабилизатора. В тех случаях, когда нагрузка стабилизатора очень мала (например, если телевизионный приемник используется в режиме прослушивания УКВ-станций), напряжение на входе стабилизатора становится очень большим, а на выходе — остается неизменным. Разность между этими напряжениями, приложенная к транзистору VT3, не может превысить

напряжения стабилизации стабилитрона VD2 (если эта разность заведомо меньше допустимой величины, стабилитрон можно заменить диодом Д226Д, включенным анодом к эмиттеру транзистора VT3).

При резком уменьшении напряжения выпрямителя блока питания (например, при пробое конденсатора C1) к стабилизатору со стороны выхода оказывается приложено обратное напряжение около 100 В (напряжение заряженного конденсатора C110). В этом случае транзисторы регулирующего каскада будут защищены малым прямым сопротивлением стабилитрона. Налаживание стабилизатора заключается в установке подстроечным резистором R7 наименьшего выходного напряжения, при котором растр имеет нормальные размеры. Если в стабилизаторе возникает паразитная генерация, то между базой и коллектором транзистора VT1 необходимо включить конденсатор, емкость которого может быть в пределах от 0,01 до 0,05 мкФ. После введения в телевизор стабилизатора изображение стало более четким, при этом визуально не отмечаются изменения размеров и ухудшения качества изображения при уменьшении падения напряжения на стабилизаторе до 1...1,5 В. Описание блока питания приведено в [18].

1.20. Простой блок питания

Блок питания (рис. 1.25) предназначен для питания стабилизированным напряжением +5 В различных цифровых устройств с током потребления до 0,5 А. Трансформатор Т1 использован самодельный, выполнен на магнитопроводе ШЛ120×32. Обмотка I

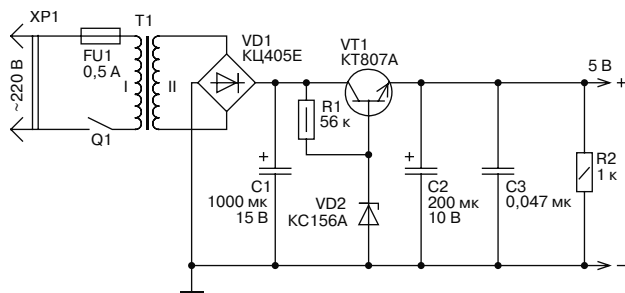


Рис. 1.25.

содержит 1650 витков провода ПЭВ-1-0,1, обмотка II — 55 витков ПЭВ-1-0,47. Вообще же для блока питания можно использовать подходящий готовый трансформатор мощностью более 7 Вт, обеспечивающий на обмотке II переменное напряжение 8...10 В при токе не менее 500 мА.

Регулирующий транзистор VT1 укреплен на Г-образной дюралюминиевой пластине размерами 50×50 и толщиной 2 мм, выполняющей функцию теплоотвода. Выводы базы и эмиттера пропущены через отверстия в плате и припаяны к соответствующим печатным проводникам. Контакт коллектора с печатным проводником осуществлен через радиатор транзистора, крепежные винты с гайками и дюралюминиевую пластину. Монтаж блока подробно описывается в [19].

1.21. Простой стабилизатор напряжения с высоким коэффициентом стабилизации

Несмотря на относительную простоту (рис. 1.26), этот стабилизатор имеет весьма высокий коэффициент стабилизации (около 5000) при токе нагрузки до 0,5 А. Достигнуто это за счет фактического применения в нем двух стабилизаторов — последовательного и параллельного. Минимальное падение напряжения на регулирующем элементе — 1,2 В, а максимальный ток нагрузки определяется начальным током стока полевого транзистора VT1 и коэффициентом усиления транзистора VT2 и может достигать 0,5...0,8 А.

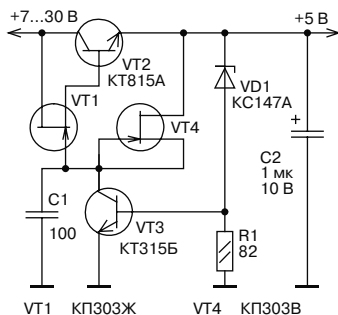


Рис. 1.26.

1.22. Источник питания для детских электрофицированных игрушек

Большинство детских электрофицированных игрушек работает от гальванических элементов и батарей. Поэтому нередко наступает момент, когда энергия источника питания иссякает, а нового нет. Игрушка перестает действовать совсем, а дети начинают действовать вам на нервы с просьбами купить батарейки. Подобного не произойдет, если сделать предлагаемый источник питания и подключать к нему ту или иную игрушку. Особенно подойдет он для движущихся игрушек, например, для железной дороги. Тогда скорость и направление движения паровоза с вагончиками можно плавно изменять ручкой управления источника.

Источник (рис. 1.27) состоит из выпрямителя и двух одинаковых электронных регуляторов напряжения с защитой от перегрузки и короткого замыкания в нагрузке. Выпрямитель собран на диодном мосту VD1 по двухполупериодной схеме со средней точкой. Диодный блок подключен ко вторичной обмотке трансформатора питания T1, состоящей из двух последовательно соединенных одинаковых обмоток, образующих общую обмотку со средним выводом — это и есть средняя точка выпрямителя. Выпрямленное напряжение фильтруется конденсаторами C1, C2, соединенными последовательно и подключенными к средней точке. В итоге на выходе выпрямителя получается разнополярное постоянное напряжение, составляющее 12 В относительно средней точки.

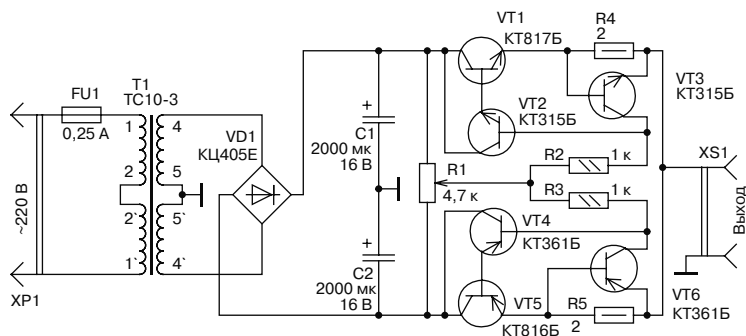


Рис. 1.27.

Иначе говоря, на плюсовом выводе конденсатора C1 будет напряжение плюс 12 В относительно общего провода, а на минусовом

выводе конденсатора С2 — минус 12 В. К этим источникам подключены электронные регуляторы, управляемые напряжением, снимаемым с движка переменного резистора R1. Каждый регулятор составлен из двух транзисторов (VT1, VT2 и VT4, VT5), образующих составной эмиттерный повторитель. В среднем положении движка резистора напряжение на нем будет близко к нулю относительно общего провода. Поэтому транзисторы регуляторов закрыты, напряжения на гнездах разъема XS1 нет.

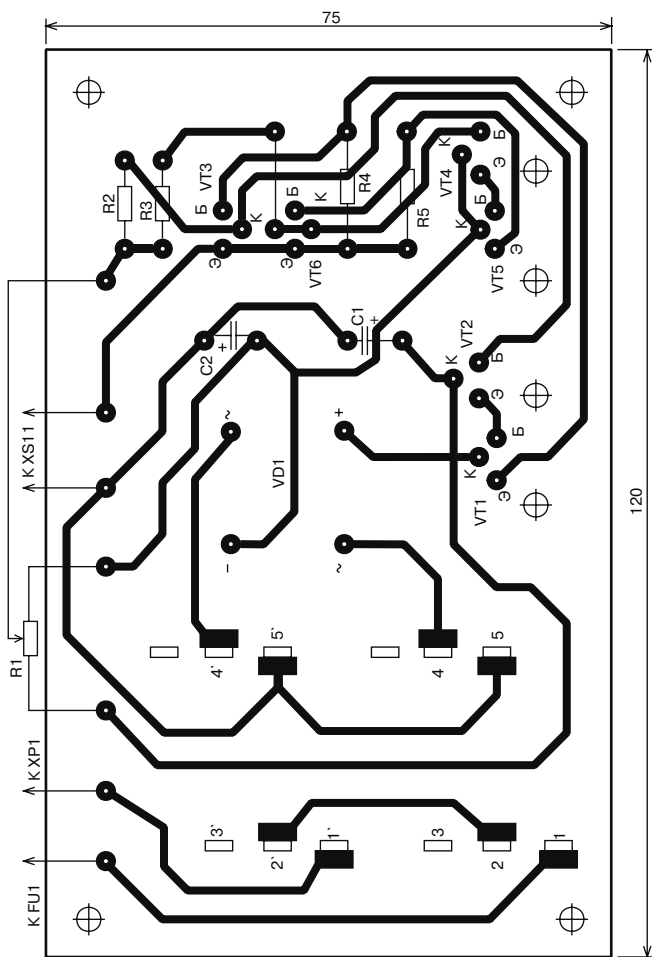


Рис. 1.28.

Когда движок переменного резистора перемещают вниз по схеме, транзисторы VT1, VT2 остаются закрытыми, а VT4, VT5 открываются. На выходе источника питания (разъем XS1) появляется минусовое напряжение (на верхнем по схеме проводнике разъема по отношению к нижнему). Причем, чем ближе к нижнему выводу переменного резистора находится движок, тем больше выходное напряжение.

Если же начать перемещать движок переменного резистора от среднего положения к верхнему по схеме выводу, произойдет обратная картина, открываться будут транзисторы VT1, VT2, и на выходе источника появится плюсовое напряжение.

Узлы защиты от перегрузки или короткого замыкания выполнены на транзисторах VT3 и VT6. Пока протекающий, например, через резистор R4, ток находится в определенных пределах (в нашем случае — до 350 мА), транзистор VT3 закрыт. Как только ток нагрузки превысит заданное значение, падение напряжения на резисторе R4 возрастет и транзистор VT3 откроется. Эмиттерный переход составного транзистора (участок между базой транзистора VT2 и эмиттером транзистора VT1) будет зашунтирован, и транзистор почти закроется. Выходной ток нашего источника резко ограничится. Как только перегрузка или короткое замыкание исчезнет, нормальная работа устройства восстановится.

Вместо транзисторов КТ816, КТ817 подойдут, соответственно, КТ814, КТ815. Диодный блок КЦ405Е можно заменить на КЦ402Е или четырьмя диодами серий КД208, КД209.

Трансформатор питания может быть, кроме указанного на схеме, ТП20-14 или любой другой, мощностью не менее 10 Вт и с напряжением на вторичных обмотках 8...12 В при токе нагрузки до 0,7 А. Транзисторы устанавливаются на радиаторы общей площадью поверхности около 35 см², которые крепят винтами к плате. Ток срабатывания защиты зависит от сопротивлений резисторов R4, R5. Его можно увеличить с 350 до 500...600 мА, уменьшив сопротивление этих резисторов до 1,2...1 Ом, а также увеличив площадь радиаторов транзисторов VT1, VT5 до 50...60 см². Печатная плата этого устройства приводится на рис. 1.28, подробное описание — в [20].

1.23. Источник питания с плавной инверсией выходного напряжения

Для настройки радиоэлектронной аппаратуры, питания реверсивных электродвигателей, электромагнитов необходимы источники питания с инверсией напряжения. На рис. 1.29 приведена схема простого источника питания, позволяющего плавно изменять напряжение на нагрузке от $+U_{\text{ВЫХ}}$ до $-U_{\text{ВЫХ}}$.

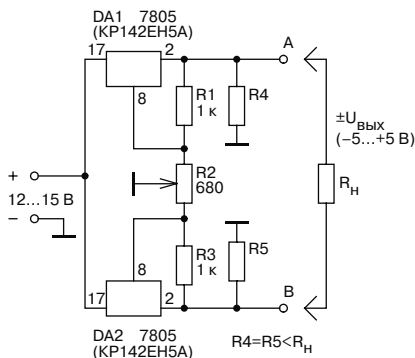


Рис. 1.29.

Источник питания выполнен на основе двух регулируемых стабилизаторов напряжения DA1, DA2 типа μ A7805 (LM7805) или их аналога — KP142EH5A(B). Регулировка выходного напряжения стабилизаторов взаимозависима и осуществляется потенциометром R2. Так, при изменении величины R2 напряжение на резисторе R4 изменяется от 5 до 10 В; одновременно напряжение на резисторе R5 изменяется от 10 до 5 В. Таким образом, выходное напряжение на зажимах A-B плавно регулируется от +5 до -5 В. Настройка устройства заключается в подборе резистора R1 до получения на резисторах R4 и R5 при регулировке R2, при отключенной нагрузке, требуемых пределов изменения напряжения относительно общей шины — 5...10 В и 10...5 В, соответственно.

Минимальное значение сопротивления нагрузки определяется соотношением $R_{\text{нагр}} > R4 = R5$ и может достигать до 10 Ом. При этом ток на выводах 2 микросхем, установленных на радиаторы, может достигать 1,5 А, а резисторы R4, R5 должны иметь мощ-

ность рассеивания не менее 10 Вт. Поскольку КПД источника питания невысок (11...14%), а также из соображений снижения мощности, рассеиваемой на резисторах R4, R5, желательно использовать более высокоомную нагрузку. Так, при $R_{\text{нагр}} > 100 \text{ Ом}$ ($R4 = R5 = 100 \text{ Ом}$), мощность рассеивания резисторов — 1 Вт, а максимальный ток нагрузки составляет 50 мА (при $R_{\text{нагр}} > 10 \text{ Ом}$ предельный ток в нагрузке ограничен значением 500 мА). При снижении $R_{\text{нагр}}$ ниже минимального значения (вплоть до короткого замыкания) $U_{\text{вых}}$ снижается. Повреждения интегральных микросхем при этом не происходит.

Схема может быть легко переделана на более высокое выходное напряжение при использовании интегральных микросхем серий μA7806 , μA7809 и т.д., либо их аналогов серии КР142ЕН5, 8, 9. При выполнении потенциометра R2 на кольцевом замкнутом сердечнике с диаметрально подведенными контактами и подключении к оси потенциометра электродвигателя через редуктор, на выходе этого устройства можно получить медленно меняющееся напряжение синусоидальной или иной формы.

1.24. Сетевая «Крона»

Для питания транзисторных приемников от сети обычно применяют приставки, состоящие из понижающего трансформатора и выпрямителя со стабилизатором напряжения. Однако использование их в виде отдельной конструкции не всегда удобно. Для переносных приемников можно сделать такую приставку (рис. 1.30), которая будет умещаться в отсеке питания. Приставка предназначена для питания карманных радиоприемников или других устройств, в которых используется батарея «Крона», от сети 220 В. Выходное напряжение приставки 9 В, максимальный ток нагрузки 30 мА. При токе нагрузки до 25 мА напряжение неизменно, а при токе 30 мА — снижается до 7 В.

Приставка нечувствительна к коротким замыканиям в нагрузке (ток короткого замыкания 35 мА). Основными частями приставки являются бестрансформаторный выпрямитель на диодах VD6...VD9 с гасящими резисторами R3...R7, преобразователь напряжения (VT1, VT2 и T1) и выпрямитель на диодах VD2, VD3

с параметрическим стабилизатором. Переменное напряжение сети выпрямляется, постоянное напряжение преобразуется в переменное повышенной частоты, и, наконец, последнее снова выпрямляется. Благодаря наличию трансформатора, вход и выход приставки гальванически развязаны, а достаточно высокая частота преобразователя позволяет выполнить трансформатор, а значит, и всю приставку малогабаритными.

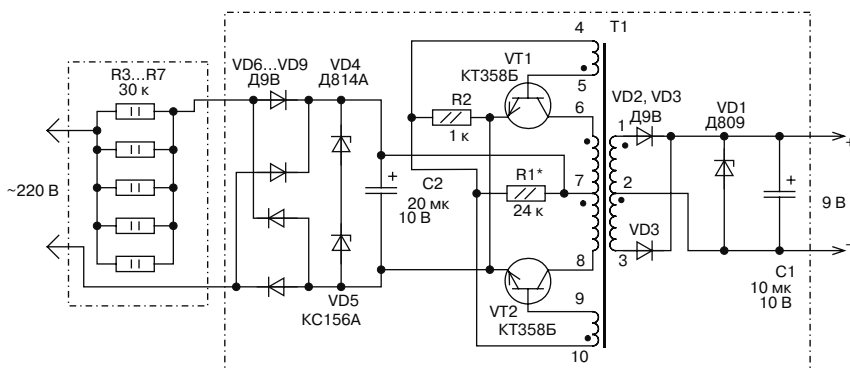


Рис. 1.30.

Одной из схемных особенностей приставки является то, что роль балластного сопротивления стабилизатора выходного напряжения выполняют гасящие резисторы R3...R7. Происходит это следующим образом. При увеличении выходного напряжения ток, протекающий через стабилизатор VD1, увеличивается, вызывая увеличение тока, потребляемого преобразователем. При этом напряжение на гасящих резисторах возрастает, напряжение питания преобразователя падает, уменьшая выходное напряжение. Коэффициент стабилизации такого стабилизатора очень высок (около 1000 при токе нагрузки до 20 мА). Стабилитроны VD4 и VD5 не принимают участия в работе приставки и нужны лишь для ограничения напряжения на преобразователе и на диодах Дб...Д9 в случае срыва генерации.

Трансформатор Т1 намотан на кольцевом сердечнике из феррита 700НМ (типоразмер К20×10×5). Обмотки 1-2 и 2-3 содержат по 85 витков, 4-5 и 9-10 — по 25 витков, 6-7 и 7-8 — по 100 витков

провода ПЭВ-2 0,2. В качестве VD1 можно использовать любой стабилитрон с напряжением стабилизации 8...10 В. Вместо диодов Д9В можно применить любые диоды, серии VD9 (кроме Д9Б), КД102, КД103. В приставке можно использовать транзисторы КТ312Б, КТ315 с любым буквенным индексом, КТ342А...КТ342Г. Стабилитрон КС156А можно заменить на Д814А. Настройка приставки сводится к правильному подключению обмоток трансформатора и подбору резистора R1, при котором ток стабилитрона VD1 максимален. Подробнее об изготовлении этого устройства описывается в [21], печатные платы и монтаж конструкции показаны на рис. 1.31.

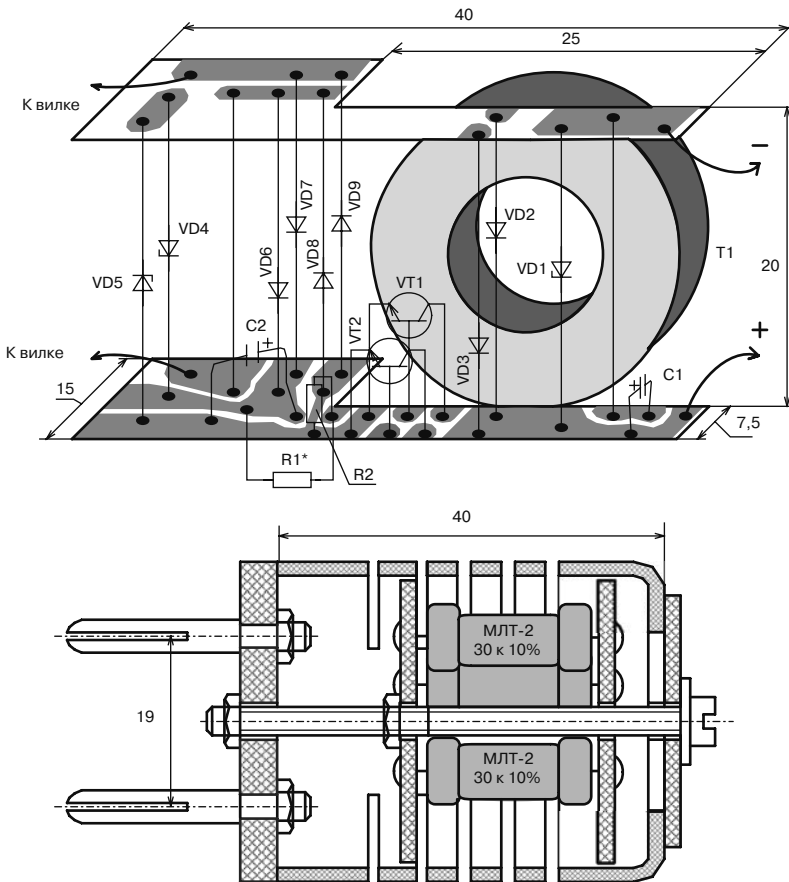


Рис. 1.31.

Глава 2

Стабилизаторы напряжения средней мощности

2.1. Двуполярный источник питания с выходным напряжением $\pm 12,6$ В

Схема такого источника приведена на рис. 2.1. Он состоит из двух стабилизированных выпрямителей, работающих от одного трансформатора питания T1. Выходное напряжение источника может изменяться от ± 3 В до ± 20 В при токе нагрузки 0,5 А. Коэффициент нестабильности по напряжению не хуже 0,5%/В. Оба плеча источника идентичны и независимы.

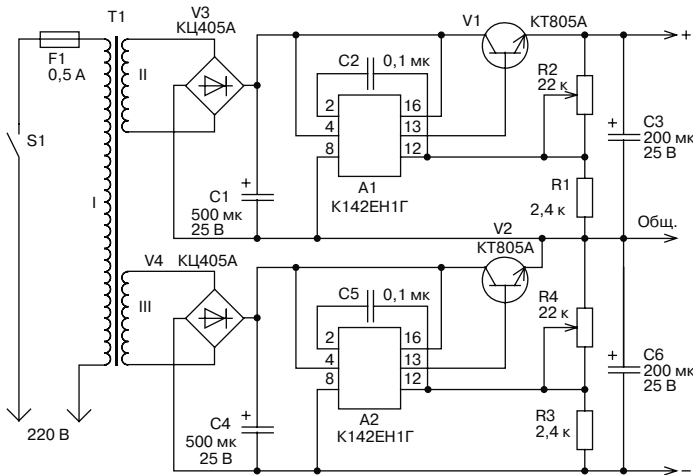


Рис. 2.1.

Выпрямители собраны по двухполупериодной мостовой схеме на диодных сборках КЦ405А. Собственно стабилизатор выполнен на микросхемах К142ЕН1Г и транзисторах V1 в одном плече и V2 — в другом плече схемы. Регулировка выходного напряжения осуществляется переменными резисторами R2 и R4. Для уменьшения пульсаций выпрямленных напряжений на входе каждого стабилизатора включены конденсаторы большой емкости. Транзисторы V1 и V2 установлены на черенных алюминиевых ребристых радиаторах. Площадь каждого радиатора 400 см². Переменные резисторы R2 и R4 типа СПО-0,5. Электролитические конденсаторы — К50-6. Трансформатор Т1 намотан на магнитопроводе Ш20×40. Обмотка I содержит 1210 витков провода ПЭВ-1-0,3, обмотки II и III — по 90 витков провода ПЭВ-1-0,67. На рис. 2.2 приведена печатная плата.

Полное описание источника питания приводится в [22].

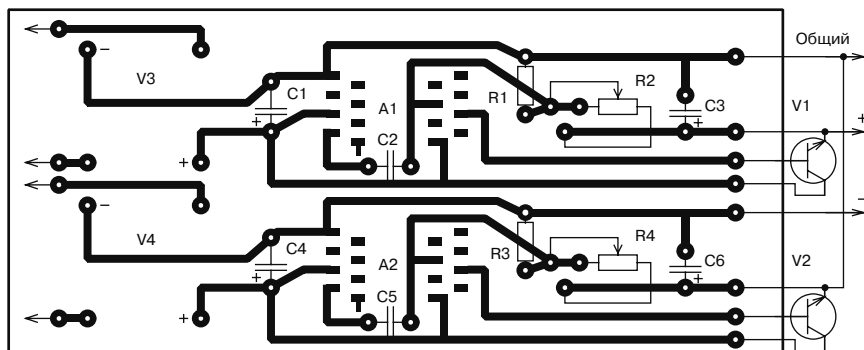


Рис. 2.2.

2.2. Стабилизатор напряжения для УНЧ

Этот стабилизатор (рис. 2.3) предназначен для питания любительского УНЧ средней мощности. Его выходное напряжение — 12...15 В, ток нагрузки — 0,7 А. Стабилизатор имеет защиту от короткого замыкания на выходе. Подробное его описание приведено в [23].

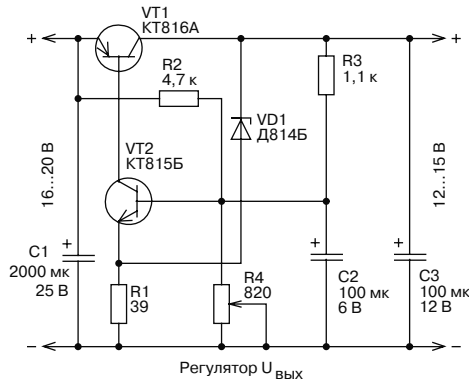


Рис. 2.3

2.3. Стабилизатор напряжения с логическими элементами

Схема этого стабилизатора (рис. 2.4) весьма удобна тем, что при питании устройств на цифровых ИМС серий 155, 555, и т.п., можно разместить весь блок питания на одной плате вместе с цифровой частью, при этом используя свободные логические элементы каких-либо микросхем. Выходное напряжение стабилизатора — 5 В, ток нагрузки — 1 А. Подробное описание этой схемы, а также и методику расчета подобных стабилизаторов можно найти в [24].

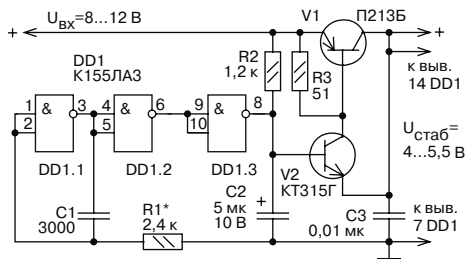


Рис. 2.4.

2.4. Стабилизатор напряжения 12 В 1 А

Нередко для питания радиолюбительских конструкций требуется стабилизатор напряжения, рассчитанный на ток до 1 А и обладающий низким уровнем пульсаций, небольшим выходным сопротивлением, устойчивостью к токовым перегрузкам. Этим условиям отвечает предлагаемый стабилизатор, схема которого приведена на рис. 2.5.

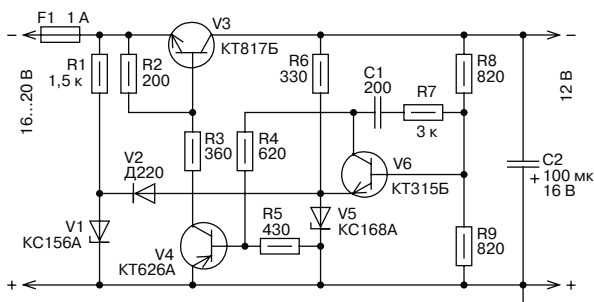


Рис. 2.5.

При выходном напряжении 12 В и токе нагрузки до 1 А его коэффициент стабилизации и коэффициент подавления пульсаций превышает 2000, а выходное сопротивление составляет 20 мОм. При появлении перегрузок стабилизатор ограничивает ток на уровне в 2...2,5 раза больше номинального тока и предохранитель успевает сгореть раньше, чем температура перехода транзистора V3 превысит максимально допустимую. Стабилизатор содержит регулирующий транзистор (V3), усилитель постоянного тока (V4) и устройство сравнения (V6).

Стабилитрон V5 и резистор R6 образуют источник опорного напряжения. Цепочка R7, C1 и конденсатор C2 устраняют возможное самовозбуждение стабилизатора на высоких частотах. Коллекторный ток транзистора V6 задается резистором R4 и составляет 1...1,5 мА. Резистор R3 служит для ограничения коллекторного тока транзистора V4 при переходных процессах и перегрузках стабилизатора. Поскольку источник опорного напряжения питается выходным напряжением, отсутствующим в момент включения стабилизатора, введена специальная цепочка запуска из

резистора R1, стабилитрона V1 с напряжением стабилизации, равным или несколько меньшим, чем у стабилитрона V5, и развязывающего диода V2. Когда на стабилизатор подают напряжение, через резистор R1, диод V2 и транзистор V6 протекает ток, достаточный для открывания транзисторов V3 и V4. После того как стабилизатор войдет в нормальный режим работы, диод V2 отключает цепь запуска. Транзистор V3 (а при больших токах нагрузки и V4) следует установить на радиатор. Если стабилизатор возбуждается на высоких частотах, подбирают детали цепочки R7, C1. В случае плохого запуска стабилизатора при подключенной нагрузке и минимальном напряжении на его входе, подбирают резистор R1 (уменьшают его сопротивление). Подбором резистора R3 устанавливают уровень ограничения тока (2...2,5 А). Стабилизатор подключают к выпрямителю, рассчитанному на ток нагрузки не менее 1 А.

2.5. Стабилизатор напряжения 10 В 1 А с полевым транзистором

Схема стабилизатора на выходной ток до 1 А показана на рис. 2.6. Здесь нагрузка включена в цепь коллектора регулирующего транзистора V6. Стабилизатор устойчив к повышенным температурам и хорошо защищен от перегрузок. Коэффициент стабилизации 240 (при токе нагрузки до 0,5 А); выходное сопротивление 0,08 Ом (в интервале тока нагрузки 0,02...0,5 А; в пределах изменения тока нагрузки 0,5...1 А выходное сопротивление около 0,03 Ом), коэффициент подавления пульсаций 60 дБ; ток короткого замыкания 60 мА.

Образцовое напряжение, снимаемое со стабилитрона V5, сравнивается на транзисторе V7 с выходным напряжением. Коллекторный ток транзистора V7, несущий информацию о результате сравнения, является управляющим током транзистора V6. Благодаря тому, что транзистор V6 включен по схеме с общим эмиттером, коэффициент усиления в петле отрицательной обратной связи получается довольно большим, что позволяет получить хорошие выходные характеристики. Стабилизация напряжения улучшена за счет питания стабилитрона V5 от источника стабильного тока на полевом транзисторе V2. Диод V1 служит для создания небольшого (около 0,7 В) закрывающего напряжения, приложенного к

Соотношение выходных напряжений источника можно изменять в пределах 0,6...1,6 переменным резистором R2. При соотношении, равном 1, максимальный ток нагрузки каждого плеча равен 2 А, при крайних же значениях его следует снижать в 1,5...2 раза. Приставка работает подобно стабилизатору напряжения с параллельно включенным регулирующим элементом. Операционный усилитель А1 сравнивает напряжение на выходе резистивного делителя напряжения R1, R2, R3 с напряжением на выводе «Общ.» усилителя мощности V5, V6. Разница между этими напряжениями сводится к минимуму соответствующим изменением напряжения смещения транзистора V3. Цепочка V1, V2, R4 служит для начальной установки напряжения смещения этого транзистора.

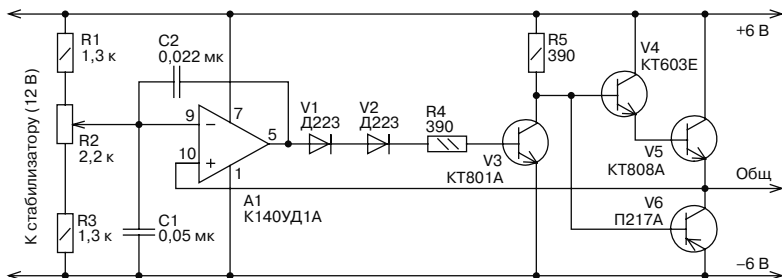


Рис. 2.7.

Если необходимо увеличить выходные напряжения плеч приставки с 6 В до 12 В, нужно напряжение ее питания поднять до 24 В и заменить операционный усилитель на К140УД1Б. При этом, разумеется, потребуется соответствующее изменение (увеличение) сопротивления резисторов R4 и R5. Описание приставки приводится в [26].

2.7. Блок питания на ТВК-110 ЛМ

Блок питания (рис. 2.8) обеспечивает двуполярное выходное напряжение, которое можно изменять от 5 до 25 В. Максимальный

ток нагрузки может достигать 1 А. При превышении этого тока или коротком замыкании по выходу срабатывает устройство защиты и выходное напряжение резко снижается одновременно по обоим каналам. Трансформаторы T1 и T2 включены как понижающие, каждый из них «работает» на оба канала. Выпрямители выполнены на диодах VD1...VD4, выпрямленное напряжение сглаживается конденсаторами C1 и C2 сравнительно большой емкости.

На транзисторах VT1, VT2, VT10 собран по компенсационной схеме стабилизатор напряжения канала положительной полярности, а на транзисторе VT9 и стабилитроне VD5 — источник образцового напряжения для этого стабилизатора. Выходное напряжение стабилизатора регулируют переменным резистором R5.

Транзистор VT7 и резистор R3 составляют узел токовой защиты. Когда ток нагрузки превышает заданное значение, транзистор открывается и стабилизатор напряжения переходит в режим стабилизации тока. В канале отрицательной полярности стабилизатор напряжения собран на транзисторах VT4...VT6, а узел токовой защиты — на транзисторе VT8 и резисторе R4.

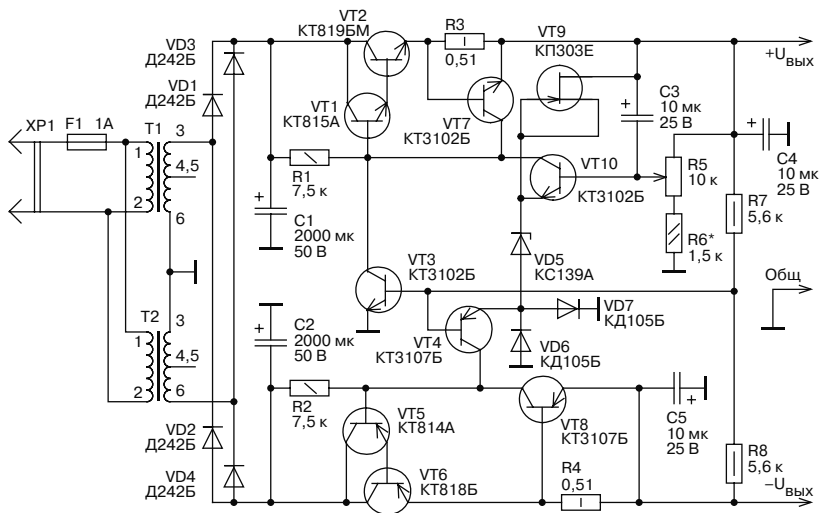


Рис. 2.8.

Образцовым напряжением для этого стабилизатора служит выходное напряжение стабилизатора канала положительной полярности, которое через резистор R7 поступает на базу транзистора VT4. Поэтому при изменении переменным резистором R5 напряжения положительной полярности будет изменяться и выходное напряжение отрицательной полярности. Чтобы это изменение происходило синхронно и оба выходных напряжения были максимально равны, резисторы R7 и R8 подобраны с одинаковыми сопротивлениями, а в цепь стабилитрона введены встречно-параллельно включенные диоды VD6 и VD7. При нормально работающем блоке питания напряжение, снимаемое с общей точки соединения резисторов относительно общего провода, равно нулю и транзистор VT3, на базу которого поступает это напряжение, закрыт.

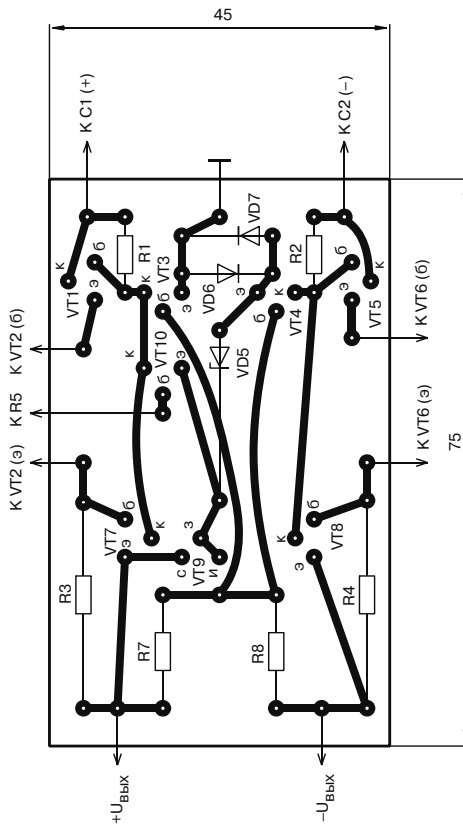


Рис. 2.9.

Кроме указанных унифицированных трансформаторов, в блоке можно использовать также готовые трансформаторы ТС-31-1, либо один трансформатор мощностью не менее 60 Вт с двумя вторичными обмотками напряжением по 27...30 В при токе нагрузки до 1 А.

Транзистор VT1 может быть КТ815А...КТ815Г, КТ603А...КТ603Г, КТ608А, КТ608Б; VT2 — КТ819А, КТ819Г, КТ805А, КТ805Б, КТ808А; VT3, VT7, VT10 — КТ3102А...КТ3102В, КТ342В, КТ312В, КТ315В...КТ315Е; VT4, VT8 — КТ3107А...КТ3107К, КТ361В...КТ361Е; VT5 — КТ814А...КТ814Г, КТ816А...КТ816Г; VT6 — КТ818А...КТ818Г; VT9 — КП303Д, КП303Е, КП302А, КП302Б, КП307А, КП307Б. Диоды VD1...VD4 — Д242, Д242Б, Д245, КД202А...КД202К или аналогичные мощные; VD6, VD7 — КД105Б, КД105Г, КД103А, КД103Б, а также другие кремниевые выпрямительные диоды. Стабилитрон VD5 — КС133А, КС139А, КС147А. Мощные диоды VD1...VD4 можно использовать без радиаторов, а вот транзисторы VT2 и VT6 необходимо установить на радиаторы общей площадью поверхности не менее 200 см². При проверке работы блока в случае необходимости изменить диапазон регулировки выходного напряжения следует подобрать резистор R6. Значение тока срабатывания защиты можно установить подбором резисторов R3 и R4. Печатная плата приведена на рис. 2.9, подробное описание блока питания приводится в [27].

2.8. Применение интегральных стабилизаторов напряжения КР142

Микросхемы этой серии нашли широкое применение в радиолюбительских конструкциях. Все они практически идентичны по схеме, содержат встроенное устройство защиты от замыкания цепи нагрузки. Различаются они только максимальным выходным током и номинальным выходным напряжением, которое имеет одно из следующих значений: 5, 6, 9, 12, 15, 20, 24 и 27 В.

Вашему вниманию предлагается подборка схем разнообразных стабилизаторов напряжения, выполненная с использованием этих микросхем. Более подробное описание этих схем приводится в [28].

2.8.1. Стабилизатор напряжения, защищенный от повреждения разрядным током конденсаторов

При наличии в выходной цепи СН конденсатора большой емкости иногда необходимо принимать меры по защите микросхемы, то есть по предотвращению разрядки конденсатора через ее цепи. Дело в том, что обычно используемые в цепях питания устройств конденсаторы емкостью до 10 мкФ и более обладают малым внутренним сопротивлением, поэтому при аварийном замыкании той или иной цепи устройства возникает импульс тока, значение которого может достигать десятков ампер. И хотя этот импульс очень кратковременен, его энергии может оказаться достаточно для разрушения микросхемы. Энергия импульса зависит от емкости конденсатора, выходного напряжения и скорости его уменьшения. Для защиты микросхемы от повреждения в подобных случаях используют диоды. В устройстве, выполненном по приводимой на рис. 2.10 схеме, диод VD1 защищает микросхему DA1 от разрядного тока конденсатора C2, а диод VD2 — от разрядного тока конденсатора C3 при замыкании на входе СН.

Наиболее подходят для использования в стабилизаторах танталовые оксидные конденсаторы, обладающие (конечно, при необходимой емкости) малым полным сопротивлением даже на высоких частотах: здесь танталовый конденсатор емкостью 1 мкФ эквива-

лентен алюминиевому оксидному конденсатору емкостью примерно 25 мкФ.

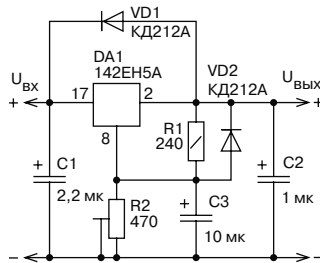


Рис. 2.10.

2.8.2. СЧ со ступенчатым включением

Функции «коммутирующего» элемента в этом устройстве выполняет транзистор VT1 (рис. 2.11). В момент включения питания начинает заряжаться конденсатор C3, поэтому транзистор открыт и шунтирует нижнее плечо делителя R1, R2. По мере зарядки конденсатора через резистор R3 транзистор закрывается, напряжение на выводе 8 DA1, а следовательно, и на выходе устройства возрастает, и спустя некоторое время выходное напряжение достигает заданного уровня. Длительность установления выходного напряжения зависит от постоянной времени цепи R3, C3. Назначение конденсаторов C1 и C2 — то же, что и в предыдущей схеме.

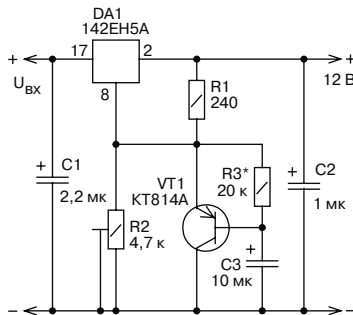


Рис. 2.11.

2.8.3. СН с выходным напряжением повышенной стабильности

Как видно из схемы на рис. 2.12, отличие этого СН от ранее рассмотренных (кроме отсутствия защитных диодов и конденсатора С3) заключается в замене резистора R2 стабилитроном VD1. Последний поддерживает более стабильное напряжение на выводе 8 микросхемы DA1 и тем самым дополнительно уменьшает колебания напряжения на нагрузке. Недостаток устройства — невозможность плавной регулировки выходного напряжения (его можно изменять только подбором стабилитрона VD1).

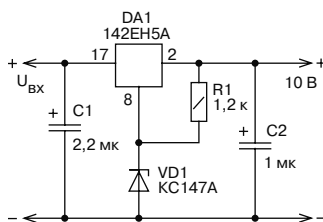


Рис. 2.12.

2.8.4. СН с выходным напряжением, регулируемым от 0

На рис. 2.13 изображена схема устройства, выходное напряжение которого можно регулировать от 0 до 10 В. Требуемое значение устанавливают переменным резистором R2. При установке его движка в нижнее (по схеме) положение (резистор полностью выведен из цепи) напряжение на выводе 8 DA1 имеет отрицательную полярность, поэтому выходное напряжение СН равно 0.

По мере перемещения движка этого резистора вверх отрицательное напряжение на выводе 8 ИМС уменьшается и при некотором его сопротивлении становится равным выходному напряжению микросхемы. При дальнейшем увеличении сопротивления резистора выходное напряжение СН возрастает от 0 до максимального значения. Недостаток схемы — необходимость внешнего источника напряжения $-10 В$.

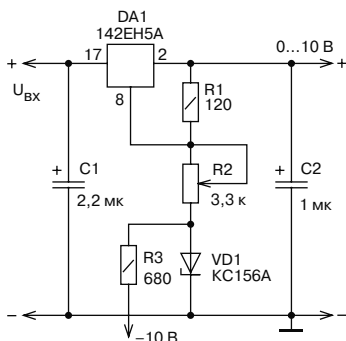


Рис. 2.13.

2.8.5. СЧ с внешними регулируемыми транзисторами

Микросхемы 142EH5, 142EH8, 142EH9 в зависимости от типа могут отдавать в нагрузку ток до 1,5...3 А. Однако эксплуатация их с предельным током нагрузки нежелательна, так как требует применения эффективных теплоотводов (допустимая рабочая температура кристалла ниже, чем у большинства мощных транзисторов). Облегчить режим работы микросхемы в подобных случаях можно, подключив к ней внешний регулирующий транзистор.

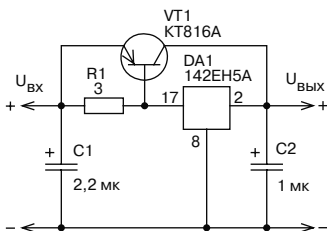


Рис. 2.14.

Принципиальная схема базового варианта СЧ с внешним регулирующим транзистором показана на рис. 2.14. При токе нагрузки до 180...190 мА падение напряжения на резисторе R1 невелико, и устройство работает так же, как и без транзистора. При большем токе это падение напряжения достигает 0,6...0,7 В, и транзистор VT1 начинает открываться, ограничивая тем самым дальнейшее

увеличение тока через микросхему DA1. Она поддерживает выходное напряжение на заданном уровне, как и в типовом включении: при повышении входного напряжения снижается входной ток, а следовательно, и напряжение управляющего сигнала на эмиттерном переходе транзистора VT1, и наоборот.

Применяя такой СН, следует иметь в виду, что минимальная разность входного и выходного напряжений должна быть равна сумме минимального падения напряжения на используемой микросхеме и напряжения $U_{\text{эб}}$ регулирующего транзистора. Необходимо также позаботиться об ограничении тока через этот транзистор, так как при замыкании в нагрузке он может превысить ток через микросхему в число раз, равное статическому коэффициенту передачи тока транзистора, и достичь 20 А и даже более. Такого тока в большинстве случаев достаточно для вывода из строя не только регулирующего транзистора, но и нагрузки.

Схемы возможных вариантов СН с ограничением тока через регулирующий транзистор показаны на рис. 2.15, 2.16, 2.17. В первом из них эта задача решается включением параллельно эмиттерному переходу транзистора VT1 двух соединенных последовательно диодов VD1, VD2, которые открываются, если ток нагрузки превышает 7 А. Стабилизатор продолжает работать и при некотором дальнейшем увеличении тока, но как только он достигает 8 А, срабатывает система защиты микросхемы от перегрузки. Недостаток рассмотренного варианта — сильная зависимость тока срабатывания системы защиты от параметров транзистора и диодов (ее можно значительно ослабить, если обеспечить тепловой контакт между корпусами этих элементов).

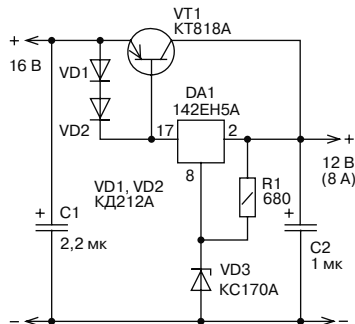


Рис. 2.15.

Значительно меньше этот недостаток проявляется в другом стабилизаторе (рис. 2.16). Если исходить из того, что напряжение на эмиттерном переходе транзистора VT1 и прямое напряжение диода VD1 примерно одинаковы, то распределение тока между микросхемой DA1 и регулирующим транзистором зависит от отношения значений сопротивления резисторов R2 и R1. При малом выходном токе падение напряжения на резисторе R2 и диоде VD1 мало, поэтому транзистор VT1 закрыт и работает только микросхема.

По мере увеличения выходного тока это падение напряжения возрастает, и когда оно достигает 0,6...0,7 В, транзистор начинает открываться, и все большая часть тока начинает течь через него. При этом микросхема поддерживает выходное напряжение на уровне, определяемом ее типом: при увеличении напряжения ее регулирующей элемент закрывается, снижая тем самым протекающий через нее ток, и падение напряжения на цепи R2, VD1 уменьшается. В результате падение напряжения на регулирующем транзисторе VT1 возрастает и выходное напряжение понижается.

Если же напряжение на выходе СН уменьшается, процесс регулирования протекает в противоположном направлении. Введение в эмиттерную цепь транзистора VT1 резистора R1, повышающего устойчивость работы СН (он предотвращает его самовозбуждение), требует увеличения входного напряжения. В то же время, чем больше сопротивление этого резистора, тем меньше ток срабатывания по перегрузке зависит от параметров транзистора VT1 и диода VD1. Однако с увеличением сопротивления резистора возрастает рассеиваемая на нем мощность, в результате чего снижается КПД и ухудшается тепловой режим устройства.

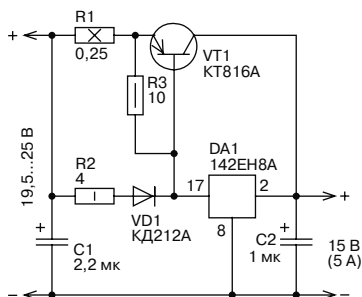


Рис. 2.16.

В следующей схеме (рис. 2.17) транзистор VT1 также выполняет функции регулирующего элемента. Сопротивление резистора R1 выбирают таким образом, чтобы он открывался при токе нагрузки около 100 мА. Транзистор VT2 реагирует на изменение (под действием тока нагрузки) падения напряжения на резисторе R2 и открывается, когда оно достигает 0,6...0,7 В, защищая тем самым регулирующий транзистор VT1.

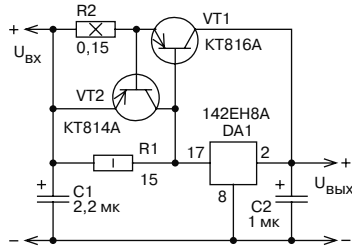


Рис. 2.17.

2.8.6. Стабилизатор с высоким коэффициентом стабилизации

Устройство, выполненное по этой схеме (рис. 2.18), обеспечивает очень высокий (нестабильность не более 0,001%) коэффициент стабилизации в широком интервале температуры и нагрузки. Ток через стабилитрон VD1 устанавливают подбором резистора R3.

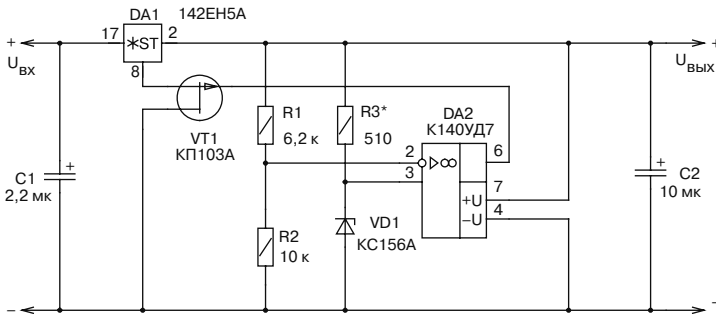


Рис. 2.18.

2.8.7. Двуполярный СН на основе однополярной микросхемы

Такой стабилизатор можно выполнить по схеме, изображенной на рис. 2.19. Как видно, микросхема DA1 включена по типовой схеме в плюсовое плечо СН. Минусовое плечо содержит делитель напряжения из резисторов одинакового сопротивления R1, R2, инвертирующий усилитель на ОУ DA2 и регулирующий транзистор VT1. ОУ сравнивает выходное напряжение плеч по абсолютной величине, усиливает сигнал ошибки и подает его в цепь базы транзистора VT1. Если напряжение минусового плеча по какой-либо причине становится меньше, чем плюсового (по абсолютной величине), напряжение на инвертирующем входе ОУ DA1 становится больше 0, и его выходное напряжение понижается, открывая регулирующий транзистор VT1 в большей мере и, тем самым, компенсируя снижение напряжения минусового плеча. Если же это напряжение, наоборот, возрастает, процесс протекает в противоположном направлении и равенство выходных напряжений также восстанавливается.

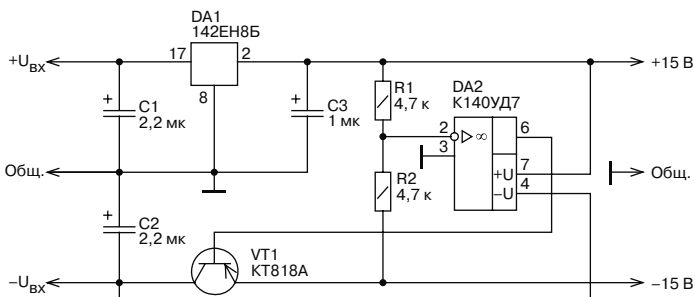


Рис. 2.19.

2.8.8. СН с регулируемым выходным напряжением

Его можно собрать по схеме, представленной на рис. 2.20. Здесь ОУ DA2 выполняет функции повторителя напряжения, снимаемого с движка переменного резистора R2. ОУ питается нестабилизированным напряжением, но на его выходной сигнал это

практически не влияет, так как напряжение смещения нуля не превышает нескольких милливольт. Благодаря большому входному сопротивлению ОУ становится возможным увеличить сопротивление делителя R1, R2 в десятки раз (по сравнению с СН с типовым включением микросхемы DA1) и, тем самым, значительно уменьшить потребляемый им ток.

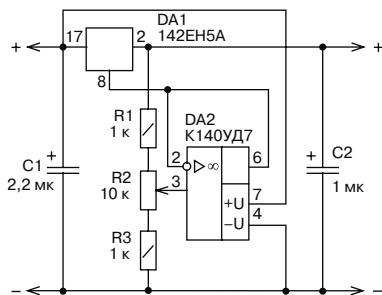


Рис. 2.20.

2.8.9. Импульсный стабилизатор напряжения

Его можно выполнить по схеме, изображенной на рис. 2.21. При подключении источника входного напряжения, когда конденсатор C4 разряжен, стабилизатор DA1 открывается, падение напряжения на резисторе R1 открывает транзистор VT1 и тот входит в режим насыщения, так как индуктивное сопротивление катушки в момент включения довольно велико. Нарастающий ток через катушку заряжает конденсатор C4, и напряжение на нем повышается. При этом увеличивается напряжение между выводами 2 и 8 микросхемы DA1 и наступает момент, когда оно достигает значения, равного выходному напряжению стабилизатора. Дальнейшее повышение напряжения на конденсаторе C4 приводит к закрыванию микросхемы и транзистора, и запасенная катушкой L1 энергия начинает поступать в нагрузку.

Через некоторое время напряжение на конденсаторе понижается до значения, при котором напряжение между выводами 2 и 8 DA1 становится меньше выходного напряжения стабилизатора, микросхема, а вслед за ней и транзистор VT1 вновь открываются и весь цикл повторяется. Таким образом, в процессе работы выход-

ное напряжение СН непрерывно колеблется в небольших пределах относительно значения, определяемого паспортным значением напряжения ИМС и параметрами делителя R8, R3, R4. Цепь R6, C3 и конденсатор C2 сокращают время включения СН и тем самым повышают его КПД. Требуемое выходное напряжение устанавливают подстроечным резистором R3.

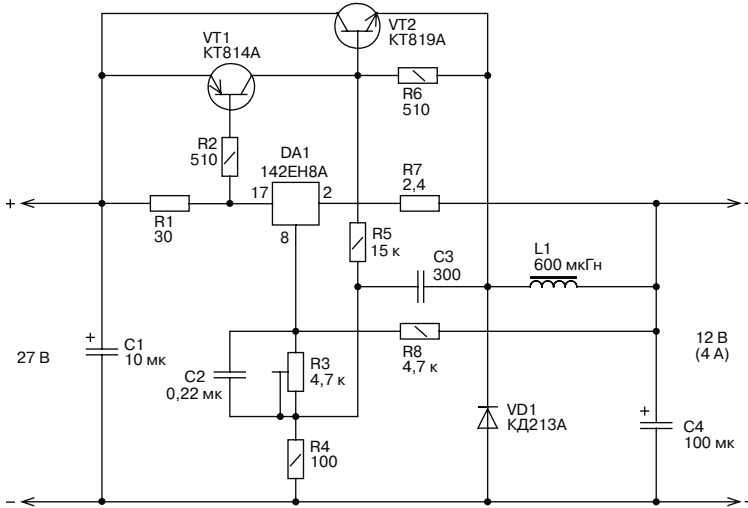


Рис. 2.21.

На основе рассматриваемых микросхемных стабилизаторов можно строить и другие устройства, например, стабилизаторы тока, устройства для зарядки аккумуляторов и т.п.

Стабилизатор тока можно получить, включив микросхему, как показано на рис. 2.22. В данном случае он предназначен для зарядки аккумуляторной батареи напряжением 12 В. Делитель R2, R3 ограничивает максимальное вы-

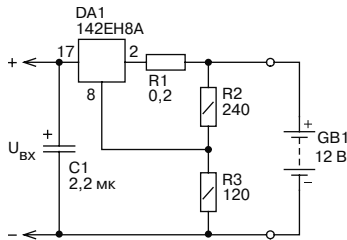


Рис. 2.22.

ходное напряжение устройства на уровне 14 В, резистор R1 ограничивает ток зарядки полностью разряженной батареи и задает выходное сопротивление.

2.8.10. Стабилизатор тока

В устройстве, собранном по схеме на рис. 2.23 (оно предназначено для зарядки 6-вольтовой батареи), транзистор VT1 выполняет функции нижнего плеча делителя (совместно с резистором R1), управляющего работой микросхемы DA1 таким образом, что зарядный ток остается все время неизменным. Пиковое значение тока через батарею GB1 зависит от сопротивления резистора R3 (при указанном на схеме сопротивлении 1 Ом составляет 0,6 А).

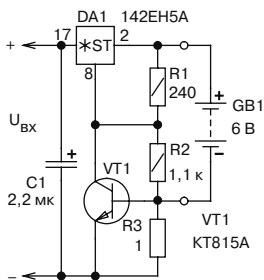


Рис. 2.23.

2.9. Источник резервного питания для АОН

Один из серьезных недостатков некоторых конструкций телефонов с автоматическим определителем номера (АОН) — сбой программы при резком понижении или пропадании сетевого напряжения. Самый неблагоприятный вариант такого ЧП может привести к блокировке линии, которая устраняется лишь вмешательством владельца АОН. При длительном его отсутствии блокировка в спаренных линиях приведет к невозможности вести разговоры с аппарата другого абонента, что вызовет вполне законное недо-

вольство соседей. Кроме того, из-за возможности сбоя программы нельзя использовать телефон в системе охранной сигнализации.

Вот почему большинство владельцев ранее выпущенных аппаратов, особенно первых версий, где происходит не только сбой программы, но и пропадание информации из памяти, смогут по достоинству оценить предлагаемое устройство. Это устройство (рис. 2.24) представляет собой своеобразную аккумуляторную приставку с автоматической подзарядкой, подключаемую к стандартному блоку питания (например, Д2-34-2). Она позволяет в случае перебоя с сетевым напряжением в течение часа полностью поддерживать работу АОНа при потребляемом им токе до 300 мА.

Приставка состоит из аккумуляторной батареи GB1 (пять аккумуляторов Д-0,55, соединенных последовательно), разрядного ключа на транзисторе VT4 и зарядного — на VT3, системы контроля напряжения аккумуляторной батареи (компаратор DA1) и узла, определяющего наличие сетевого напряжения (диоды VD1, VD2 и транзисторы VT1, VT2). При наличии сетевого напряжения переменное напряжение с вторичной обмотки трансформатора блока питания поступает на выпрямитель приставки, выполненный на диодах VD1 и VD2. Выпрямленное напряжение открывает транзистор VT1, который, в свою очередь, закрывает транзистор VT2. Разрядный ключ на транзисторе VT4 закрыт.

Если сетевое напряжение пропадает, конденсатор C1 быстро разряжается через резистор R1. Транзистор VT1 закрывается, а VT2 и VT4 открываются. Напряжение с аккумуляторной батареи GB1 поступает на вход стабилизатора блока питания. Падение напряжения на разрядном ключе не превышает 160 мВ. Компаратор DA1 сравнивает опорное напряжение на стабилитроне VD4 с напряжением аккумуляторной батареи.

По мере разрядки батареи увеличивается рассогласование опорного напряжения с напряжением батареи, в результате чего на выводе 9 компаратора появляется высокий уровень, который открывает транзистор VT5 — а он, в свою очередь, открывает зарядный ключ на транзисторе VT3. Как только снова появится сетевое напряжение, ключ на транзисторе VT4 закроется, а через ключ на транзисторе VT3 потечет зарядный ток аккумуляторной батареи — он определяется резистором R5 и в течение первых 2,5 часов должен составлять 80 мА. За это время батарея значительно заряжается и напряжение на ней без нагрузки составляет 6,5 В.

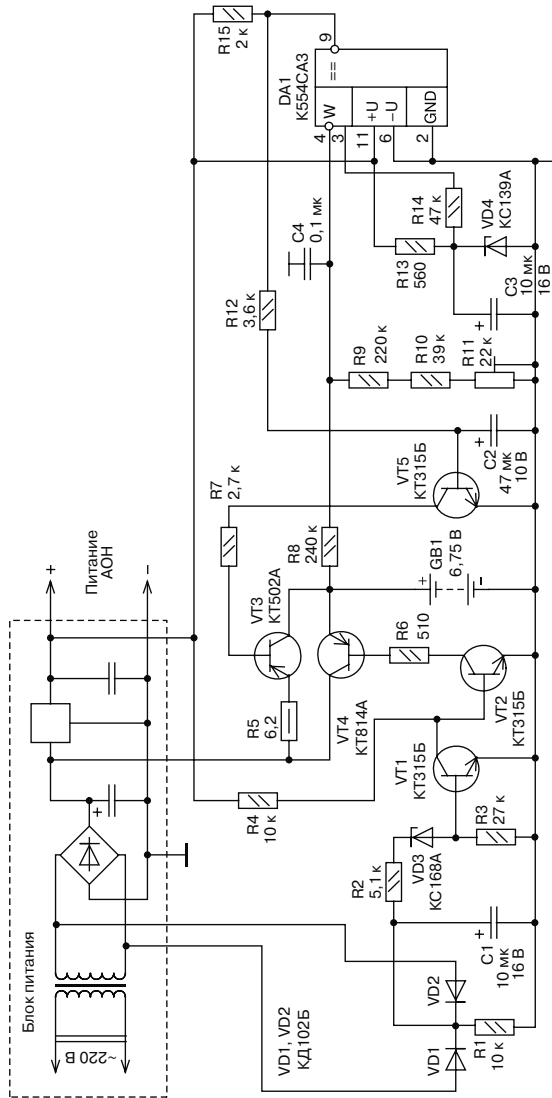


Рис. 2.24.

Напряжение на выходе компаратора падает, что приводит к значительному уменьшению зарядного тока. В дальнейшем, при приближении напряжения батареи к номинальному (6,75 В), зарядный ток составляет примерно 0,8 мА, а указанное напряжение поддерживается с точностью до 0,01 В. Номинальное напряжение 6,75 В устанавливается при полностью заряженной батарее подстроечным резистором R11, который должен быть многооборотным. Стабилитрон VD3 необходим для того, чтобы при плавном снижении сетевого напряжения ниже 150 В разрядный ключ на транзисторе VT4 срабатывал более четко. Полное описание устройства приводится в [29].

2.10. Источник питания с плавным изменением полярности

Особенность этого источника питания в том, что вращением ручки-регулятора можно не только изменять выходное напряжение, но и его полярность. Практически напряжение регулируется от +12 до -12 В. Достигнуто это благодаря немного необычному включению стабилизаторов двуполярного источника питания, так, что оба стабилизатора регулируются при помощи одного переменного резистора. Принципиальная схема источника показана на рис. 2.25.

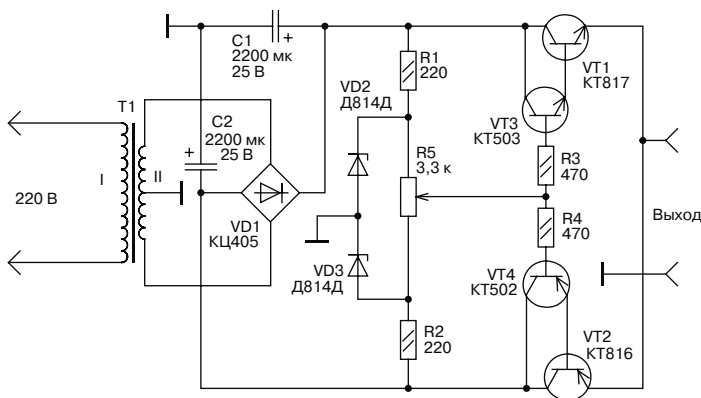


Рис. 2.25.

Выпрямитель — двуполярный, выполненный по стандартной схеме на трансформаторе Т1 с вторичной обмоткой с отводом от середины, диодном мосте VD1 и конденсаторах C1 и C2. В результате на его выходе получается двуполярное напряжение. Это напряжение поступает на два стабилизатора на транзисторах VT1 и VT3 (регулировка положительного напряжения) и на транзисторах VT2 и VT4 (регулировка отрицательного напряжения).

Отличие от стандартной двуполярной схемы в том, что выходы стабилизаторов включены вместе, и в том, что для регулировки напряжения используется один общий переменный резистор R5. Таким образом, если движок этого резистора установлен точно посередине, и напряжение на нем относительно общего провода равно нулю, то оба стабилизатора закрыты, и напряжение на выходе схемы также равно нулю. Если движок начали перемещать в сторону положительных напряжений (вверх по схеме), начинает открываться стабилизатор положительного напряжения на транзисторах VT1 и VT3, а стабилизатор отрицательных напряжений VT4 и VT2 по-прежнему остается закрытым.

В конструкции используется готовый трансформатор мощностью 10 Вт, выдающий на вторичной обмотке два переменных напряжения по 12 В. Емкости конденсаторов C1 и C2 не должны быть меньше 1000 мкФ, нужно учитывать, что от них зависит уровень пульсации на выходе.

Стабилитроны могут быть любые маломощные на напряжение 12 В. Транзистор КТ817 можно заменить на КТ815, КТ807, КТ819. Транзистор КТ816 — на КТ814. Транзисторы КТ502 и КТ503 можно заменить, соответственно, на КТ361 и КТ315. Выпрямительный мост можно использовать другой, например, КЦ402 или собрать его из диодов типа Д226 или КД105. Транзисторы VT1 и VT2 нужно поставить на небольшие теплоотводы. Подробное описание устройства приводится в [30].

2.11. Блок питания «Ступенька»

С появлением в продаже недорогих и надежных трехвыводных интегральных стабилизаторов напряжения, можно собрать простой блок питания на ряд наиболее часто применяемых напряжений (рис. 2.26). Блок питания состоит из понижающего транс-

форматора 220 В / 30 В, мостового выпрямителя на основе модуля КЦ405А и трех стабилизаторов серии 78xx (К142ЕН) на 5 В, 9 В и 12 В. На переднюю панель выведен переключатель SA2 и блок индикации на семисегментных индикаторах. Серия интегральных стабилизаторов 78xx обеспечивает выходной ток нагрузки до 1 А, снабжена внутренней защитой для случаев перегрева или чрезмерного тока нагрузки за счет уменьшения выходного тока. Серия интегральных стабилизаторов 79xx предназначена для отрицательных напряжений. Напряжение стабилизации указывается в последних двух цифрах обозначения микросхем.

Несколько замечаний по применению. Входное напряжение не должно превышать 30...35 В. Разность напряжений при соединении стабилизаторов ступенькой должна быть не менее 2 В. Для сглаживания пульсации следует применять на входе электролитический конденсатор емкостью не менее 4700 мкФ, а на выходе поставить высокочастотный керамический емкостью не менее 0,47 мкФ.

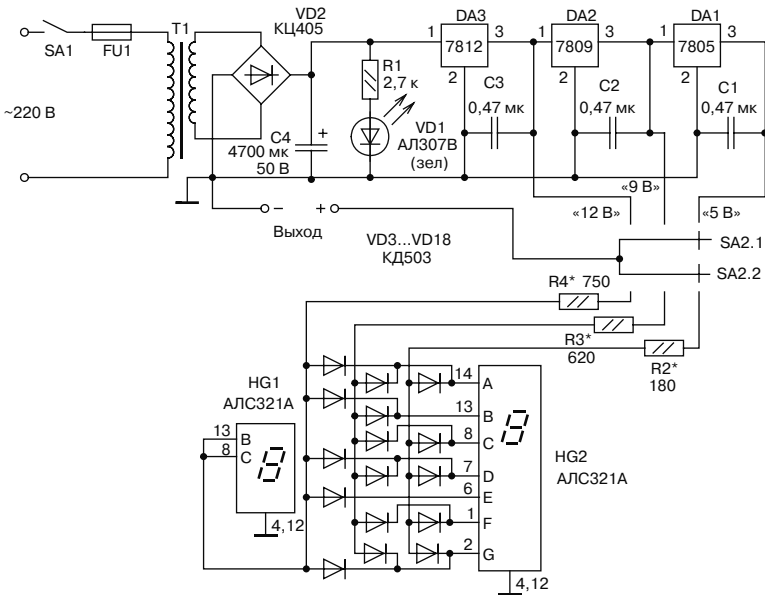


Рис. 2.26.

При необходимости получить биполярное напряжение, можно совместить стабилизаторы серий 78xx и 79xx (рис. 2.27). Диоды, включенные на выходе, предохраняют блок от неправильного включения.

Соответствие стабилизаторов серий 78xx и 79xx отечественным серий КР142 и КР1162 отражено в табл. 2.1. Подробное описание этого блока питания приведено в [31].

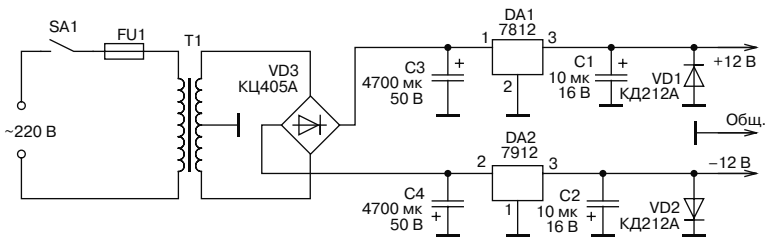


Рис. 2.27.

Таблица 2.1

7805 (+5В/1,5А)	КР142ЕН5А
7809 (+9В/1А)	КР142ЕН8А
7812 (+12В/1А)	КР142ЕН8Б
7824 (+24В/1А)	КР142ЕН9Б
7905 (-5В/1А)	КР1162ЕН5А
7909 (-9В/1А)	КР1162ЕН8А
7912 (-12В/1А)	КР1162ЕН12А
7924 (-24В/1А)	КР1162ЕН24А

Глава 3

Стабилизаторы напряжения большой мощности

3.1. Стабилизированный источник питания 40 В 1,2 А

Этот источник питания (рис. 3.1) применялся для питания любительского усилителя мощности ЗЧ и имеет неплохие параметры: выходное напряжение 40 В, ток нагрузки 1,2 А, коэффициент стабилизации >100 . Его описание приводится в [24].

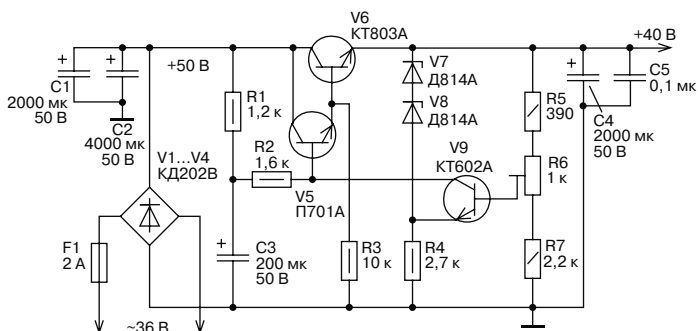


Рис. 3.1.

3.2. Комбинированный лабораторный блок питания

Этот лабораторный блок питания способен обеспечить стабилизацию как тока, так и напряжения. Основой его служит электронный стабилизатор — именно он определяет все выходные

параметры устройства. При сравнительной схемной простоте стабилизатор имеет хорошие параметры, прост в эксплуатации.

Основные технические характеристики:

в режиме стабилизации напряжения

Выходное напряжение, В, при токе нагрузки 1,5 А	4...12;
Коэффициент стабилизации	500...1000;
Напряжение пульсаций, мВ, не более	5;
Выходное сопротивление, Ом	0,05;

в режиме стабилизации тока

Выходной ток, А	0,05...1,5;
Выходное сопротивление, кОм, не менее	1;
Напряжение пульсаций, мВ, не более	5.

Схема блока показана на рис. 3.2. Упрощения схемы и получения при этом значительного выходного тока — до 1,5...2 А удалось добиться использованием в регулирующем элементе блока мощного полевого транзистора VT4, имеющего большую крутизну характеристики (100...150 мА/В). Это позволило получить довольно большой коэффициент стабилизации напряжения при использовании в управляющем элементе только одного транзистора VT2.

Но для того, чтобы регулирующий полевой транзистор обеспечивал большой выходной ток, необходимо подавать на затвор открывающее напряжение 10...20 В. По этой причине в блоке предусмотрены два источника на напряжение 20 В. Один из них — мощный на диодах VD3, VD4 — служит источником нагрузочного тока, а второй — маломощный на диодах VD1, VD2 — питает управляющий элемент. Источники питаются от одной вторичной обмотки сетевого трансформатора T1.

В стабилизатор напряжения входят, кроме регулирующего (VT4) и управляющего (VT2) транзисторов, измерительный элемент на резисторах R9...R11 и конденсаторе С3 и источник образцового напряжения — параметрический стабилизатор на транзисторе VT5 и стабилитроне VD8. Выходное напряжение регулируют переменным резистором R10. Стабилизатор тока состоит из источника образцового напряжения (транзистора VT3 и стабилитрона VD7), датчика тока нагрузки (резистора R6), управляющего элемента (ОУ DA1).

Регулирующим элементом стабилизатора тока служит тот же транзистор VT4. На транзисторе VT1, диодах DV5, VD6 и свето-

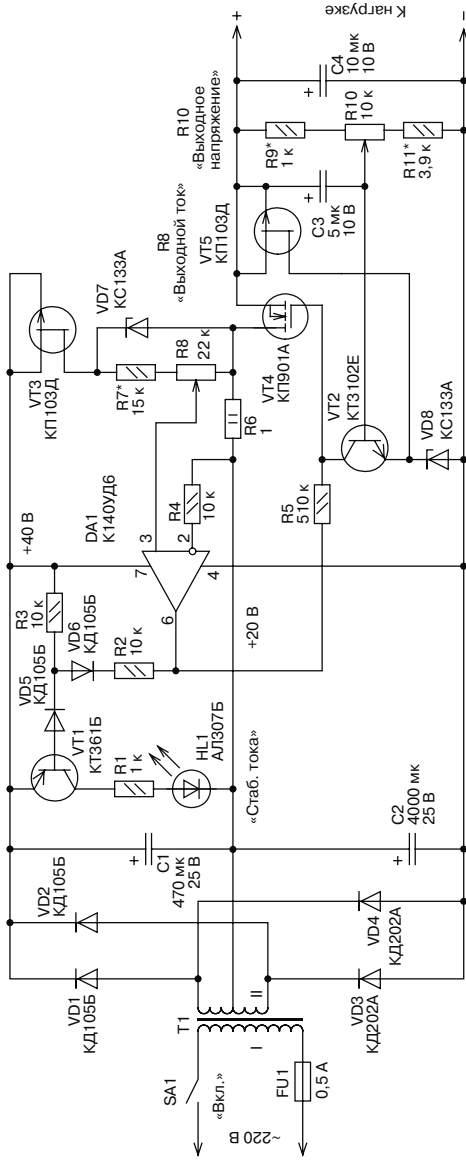


Рис. 3.2.

диоде HL1 собран узел индикации блока. Стабилизируемый ток устанавливают переменным резистором R8. В режиме стабилизации напряжения транзистор VT2 работает в линейном режиме, а ОУ DA1 насыщен и в работе не участвует. В режиме стабилизации тока, наоборот, ОУ работает в линейном режиме и управляет транзистором VT4, а транзистор VT2 закрыт. Переход из режима стабилизации напряжения в режим стабилизации тока происходит автоматически, при увеличении тока нагрузки до установленного значения. Выходное напряжение при этом уменьшается. Если сопротивление нагрузки увеличивается, то увеличивается выходное напряжение до установленного значения, после чего блок переходит снова в режим стабилизации напряжения.

При замыкании выходной цепи устройство остается в режиме стабилизации установленного тока, а выходное напряжение уменьшается до нуля. Поэтому перегрузка по току устройству не грозит. После устранения причины замыкания или уменьшения тока нагрузки ниже установленного устройство автоматически переходит в режим стабилизации напряжения, светодиод гаснет. Такое качество лабораторного блока питания позволяет устанавливать для каждого конкретного случая свое значение максимально достижимого тока нагрузки и тем самым обеспечить защиту от перегрузки как испытуемого устройства, так и самого блока.

Блок позволяет получать и меньшее, чем 0,05 А, значение стабилизируемого тока, но в этом случае необходимо обеспечить более плавное регулирование напряжения на неинвертирующем входе ОУ DA1. Это можно, например, сделать включением переменного резистора сопротивлением 470 Ом между нижним по схеме выводом резистора R8 и точкой соединения резистора R6, стабилитрона VD7 и стока транзистора VT4.

Кроме указанных на схеме, в блоке можно использовать транзисторы КТ361А, КТ361В...КТ361Е, КТ208А...КТ208М, КТ209А...КТ209М (VT1); КТ3102Б (VT2); КП103Г (VT3, VT4). Транзистор VT4 при токе нагрузки до 1...1,5 А можно заменить на КП901Б.

Если же необходимо увеличить ток нагрузки до 2...3 А, то надо или установить «в параллель» два транзистора КП901А (КП901Б), или же применить один транзистор КП904А, при этом никаких переделок в блоке не требуется. Но в последнем случае нижний предел регулировки выходного напряжения поднимется до 5...6 В. Диоды VD1, VD2, VD5, VD6 могут быть любыми из серии КД105,

а также из серий КД521, КД522, Д220. Диоды VD3, VD4 — КД201А, КД202Б...КД202Р, Д214, Д215, Д242, Д243.

В качестве сетевого можно использовать унифицированный трансформатор ТПП266 или ТПП267, ТПП278. Годится и любой другой трансформатор с магнитопроводом сечением не менее 5 см² и вторичной обмоткой, каждая половина которой обеспечивает переменное напряжение 12,5...14,5 В при токе нагрузки 2 А. Печатная плата приведена на рис. 3.3, а полное описание блока питания приводится в [33].

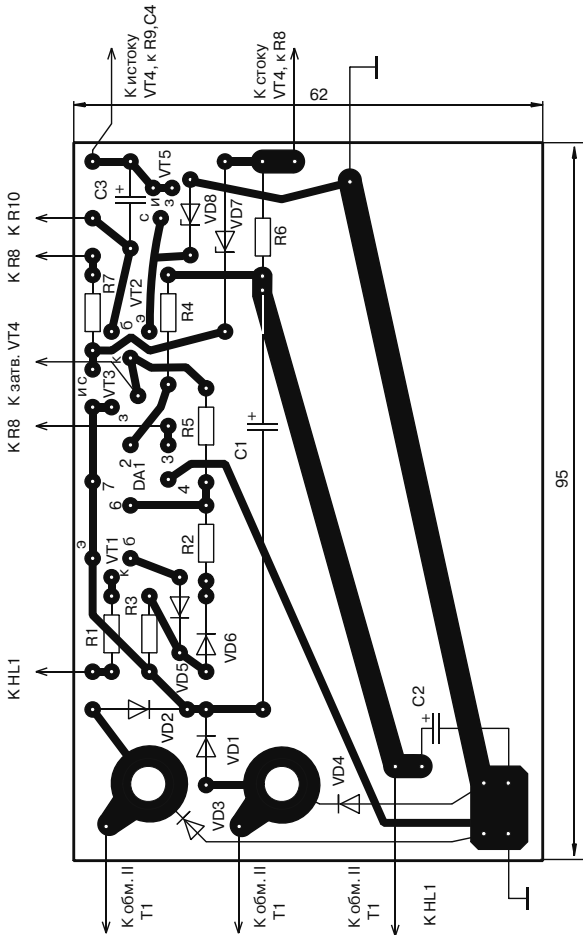


Рис. 3.3.

3.3. Блок питания 1...29 В 2 А

Во многих современных стабилизаторах для улучшения их качественных показателей используют операционные усилители, обладающие большим коэффициентом усиления и стабильными характеристиками. Однако относительно простая модификация традиционного по схеме транзисторного стабилизатора позволяет заметно улучшить его технические характеристики и избежать некоторых трудностей, возникающих при конструировании стабилизаторов с применением ОУ (особенно в устройствах с регулированием выходного напряжения в широких пределах). Высокий коэффициент стабилизации описываемого блока питания (рис. 3.4) обусловлен применением усилителя с динамической нагрузкой.

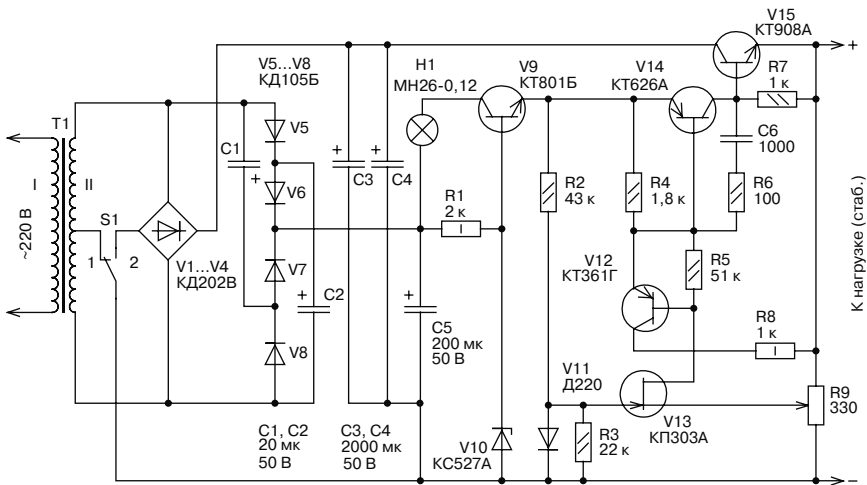


Рис. 3.4.

Источник образцового напряжения собран на полевом транзисторе, что дает возможность снизить выходное сопротивление стабилизатора и получить глубокое регулирование выходного напряжения.

Основные технические характеристики:

Напряжение на входе стабилизатора, В..... 30;
 Пределы регулирования выходного напряжения, В..... 1...29;

Максимальный ток нагрузки, А.....	2;
Коэффициент стабилизации напряжения, дБ.....	60;
Выходное сопротивление, мОм.....	5...10.

Стабилизатор напряжения состоит из двух усилителей с динамической нагрузкой с последовательным управлением. Первый собран на транзисторах V13, V12, где V13 включен по схеме с общим затвором, а V12 — с общим коллектором: второй — на транзисторах V14, V15 (V14 — с общим эмиттером, а V15 — с общим коллектором). Сигнал обратной связи с движка резистора R9, приложенный к истоку транзистора V13, усиливается без инвертирования фазы и поступает на базу транзистора V14. Транзистор V13 работает в режиме, близком к отсечке тока. Напряжение между истоком и затвором является в стабилизаторе образцовым.

Цепь R2, R3, V11 служит только для температурной компенсации изменения тока стока транзистора V13 (без нее при замкнутом на общий провод затворе этого транзистора выходное напряжение стабилизатора изменяется на 3...5% в температурном интервале 20...50°C). С коллектора транзистора V14 проинвертированный и усиленный сигнал передается на базу мощного регулирующего транзистора V15. Управляющий элемент питается от параметрического стабилизатора на стабилитроне V10 и транзисторе V9. Для получения более высокого коэффициента использования напряжения основного выпрямителя V1...V4 стабилизатор на транзисторе V9 питается от умножителя напряжения на диодах V5...V8 и конденсаторах C1, C2. Умножитель подключен ко вторичной обмотке трансформатора T1.

Лампа H1 служит для ограничения коллекторного тока через транзисторы V9, V14 и базового тока транзистора V15 при коротком замыкании в цепи нагрузки, а также для индикации перегрузки. В момент перегрузки вследствие возрастания базового тока транзистора V15 происходит снижение напряжения на входе параметрического стабилизатора до уровня 30 В, где это напряжение почти полностью падает на лампе H1 за вычетом падения напряжения на транзисторах V9, V14 и эмиттерном переходе транзистора V15. Ток по этой цепи не превышает 120...130 мА, что меньше предельно допустимого для ее элементов.

В стабилизаторе использован проволочный переменный резистор с допустимой мощностью рассеивания 3 Вт (ППБ-3, ППЗ-40). Транзистор V13 необходимо подобрать с малым значением на-

чального тока стока, только тогда нижняя граница выходного напряжения стабилизатора будет близка к 1 В. Ток стока этого транзистора при напряжении между стоком и истоком 10 В и затворе, замкнутом на исток, должен быть в пределах 0,5...0,7 мА. При монтаже стабилизатора между диодом V11 и транзистором V13 необходимо обеспечить хороший тепловой контакт, для чего достаточно склеить их корпуса. Транзистор V15 желательно выбрать с большим статическим коэффициентом передачи тока базы.

Кроме указанных на схеме, можно использовать кремниевые транзисторы серий КТ203, КТ208, КТ209, КТ501, КТ502, КТ3107 (V12), КТ814, КТ816 (V14), транзисторы КТ815, КТ817 с любым буквенным индексом, КТ807Б (V9), КТ803А, КТ808А, КТ819 с любым буквенным индексом (V15).

В стабилизаторе можно применить и германиевые транзисторы МП40А, а также любые из серий МП20, МП21, МП25, МП26 (V12), ГТ402, ГТ403, П213...П215 (V14). Вместо КС527А можно применить стабилитроны Д813, Д814Д (по два последовательно), Д810, Д814В (по три последовательно). Транзисторы V9 и V14 желательно установить на небольшие радиаторы (с полезной площадью 20... 30 см²). Для транзистора V15 необходим радиатор.

С целью облегчения теплового режима этого транзистора предусмотрено ступенчатое изменение напряжения на входе стабилизатора тумблером S1, рассчитанным на ток 2 А. В положении 1 на вход стабилизатора подается 15 В, а в положении 2 — 30 В. Когда тумблер находится в положении 2 и сопротивление нагрузки близко к минимуму, стабилизированное напряжение не следует устанавливать менее 15 В.

Сетевой трансформатор намотан на магнитопроводе трансформатора ТС-60. Первичная обмотка оставлена без изменения, вторичная перемотана; она содержит 200 витков (по 100 витков на каждую катушку) провода ПЭВ-2-1,16.

Возникающую иногда в стабилизаторе высокочастотную генерацию можно подавить либо увеличением номинала конденсатора С6, либо включением в цепь базы транзистора V15 резистора сопротивлением 5...10 Ом мощностью 1 Вт. Для обеспечения устойчивой работы стабилизатора его монтаж нужно выполнять проводниками минимальной длины, имеющими большое сечение токопроводящей жилы. Полное описание этого блока питания приводится в [34].

3.4. Простой стабилизатор напряжения с защитой от КЗ

Стабилизатор (рис. 3.5) обеспечивает на нагрузке регулируемое напряжение от 15 до 38 В при номинальном входном напряжении с выпрямителя 42 В. Ток нагрузки — до 3 А. Коэффициент стабилизации — не менее 300, амплитуда пульсации выходного напряжения — не более 5 мВ.

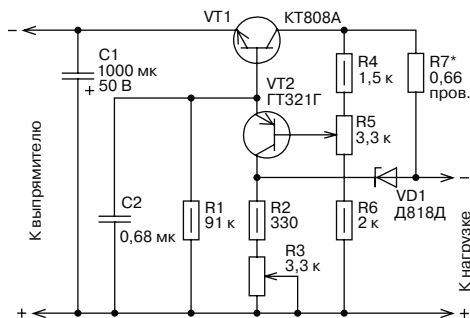


Рис. 3.5.

Низкое выходное сопротивление обусловлено наличием цепи обратной связи по току. Напряжение обратной связи снимается с резистора R7 и поступает в цепь базы транзистора VT2.

Трансформатор питания стабилизатора мощностью около 100 Вт. Транзистор VT1 можно использовать типов КТ803А, КТ808А. VT2 — любой из серии ГТ321. Транзистор VT1 следует устанавливать на радиатор, способный рассеивать до 70 Вт тепловой мощности. Если при уменьшении выходного напряжения соответственно уменьшить входное напряжение, поступающее с выпрямителя, размеры радиатора тоже можно существенно уменьшить. Описание этого стабилизатора приводится в [35].

3.5. Транзисторный стабилизатор с защитой от КЗ

На рис. 3.6 показана схема стабилизатора напряжения с выходным током до 3 А, в которой используется защита от короткого замыкания. С помощью переменного резистора R7 напряжение на

нагрузке можно изменять в пределах от 15 до 27 В, а с помощью переменного резистора R3 изменять ток срабатывания защиты в пределах от 0,15 до 3 А. Номинальное входное напряжение этого стабилизатора 30 В, коэффициент стабилизации не менее 300, амплитуда пульсации выходного напряжения не более 10 мВ.

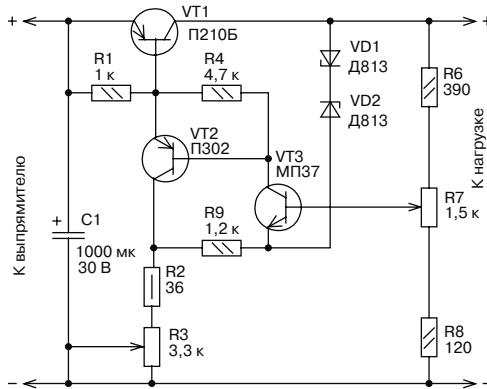


Рис. 3.6.

Если стабилизатор плохо работает при малых токах нагрузки, нужно уменьшить сопротивление делителя напряжения R6, R7, R8, либо нагрузить выход стабилизатора постоянным резистором, однако это снижает его КПД. Поэтому лучше заменить транзистор VT1 на другой с меньшим значением коэффициента усиления. Если стабилизатор после перегрузки не возвращается в рабочий режим даже при отключенной нагрузке (это явление часто наблюдается при малом значении установленного тока срабатывания защиты, то есть при максимальном сопротивлении резистора R3), необходимо уменьшить сопротивление резистора R3, либо кратковременно подключить между коллектором и эмиттером транзистора VT1 резистор сопротивлением 300...510 Ом.

Иногда полезно включить между коллектором и эмиттером этого транзистора постоянный резистор сопротивлением 2,2...10 кОм. При этом стабилизатор надежно возвращается в рабочий режим, а коэффициент стабилизации уменьшается незначительно.

Стабилитрон VD1 с прямым включением р-п перехода уменьшает температурный дрейф выходного напряжения устройства. Резистор R4 повышает надежность работы стабилизатора при повышенных температурах. Транзистор VT1 смонтирован на радиаторе в виде дюралюминиевой пластины размерами 100×100×5 мм. Он должен иметь возможно меньший начальный ток (желательно применить кремниевый транзистор). Входное напряжение поступает на стабилизатор от выпрямителя по однофазной мостовой схеме, выполненного на диодах Д304.

В заключение следует заметить, что при перегрузке выхода стабилизатора к участку эмиттер-коллектор регулирующих транзисторов будет приложено полное входное напряжение. Поэтому, для повышения надежности данной схемы, максимально допустимое напряжение применяемых транзисторов должно быть, по крайней мере, в 1,5 раза больше действующего значения напряжения вторичной обмотки используемого в выпрямителе силового трансформатора. Подробное описание стабилизатора приводится в [36].

3.6. Мощный блок питания для усилителя НЧ

Этот блок (рис. 3.7) разрабатывался для питания мощного усилителя НЧ. Он имеет выходное напряжение 27 В, ток нагрузки 3 А.

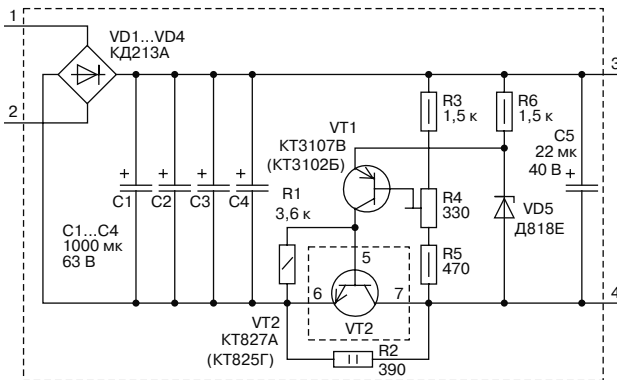


Рис. 3.7.

Блок питания двуполярный, выполнен на комплементарных составных транзисторах КТ825, КТ827. Оба плеча стабилизатора выполнены по одной схеме, но в другом плече изменена полярность включения конденсаторов и использованы транзисторы другой структуры. В небольших пределах выходное напряжение можно подбирать резистором R4. Печатная плата блока приведена на рис. 3.8. Более полное описание этого блока можно найти в [37].

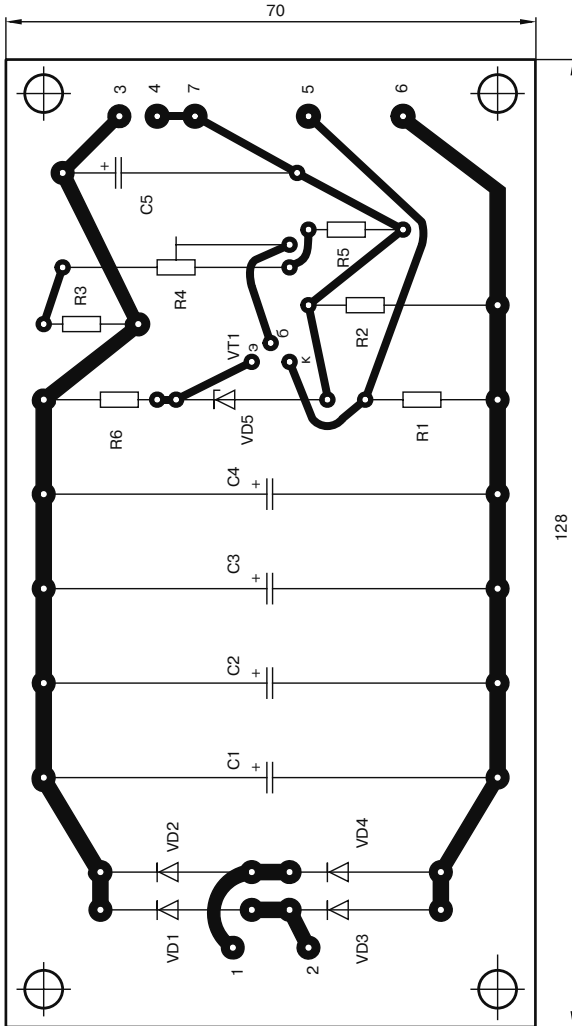


Рис. 3.8.

3.7. Регулируемый стабилизатор тока (16 В 7 А)

При зарядке автомобильных аккумуляторных батарей рекомендуется поддерживать средний зарядный ток на постоянном уровне. Обычно в стабилизаторах тока в качестве регулирующего элемента используют транзистор, но в процессе работы на нем рассеивается большая мощность, и в связи с этим приходится применять громоздкие теплоотводы. КПД таких устройств весьма мал. Ниже описано подобное устройство с более высоким КПД. Принципиальная схема устройства показана на рис. 3.9.

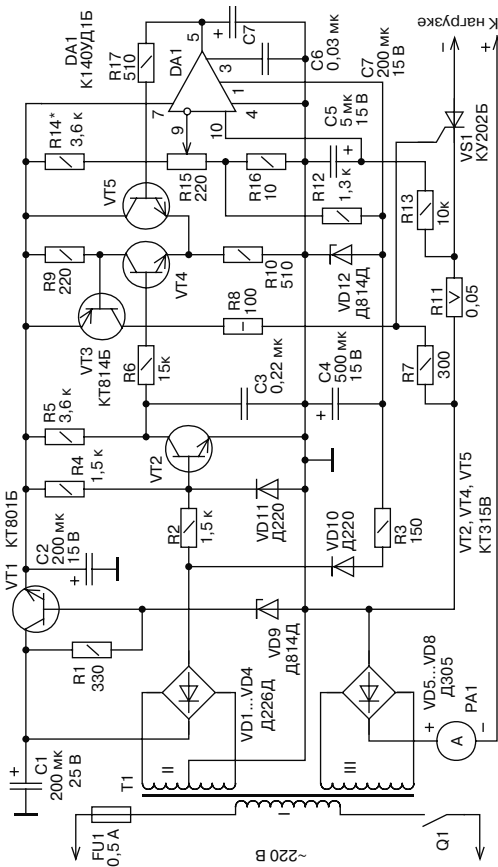


Рис. 3.9.

Основные технические характеристики:

Максимальный ток нагрузки, А.....	7;
Максимальное напряжение на нагрузке, В.....	16;
Коэффициент стабилизации по току нагрузки, не менее	200;
КПД, %, не менее	70.

Функцию стабилизации тока выполняет узел на ОУ DA1. Датчиком тока служит резистор R11, напряжение, снимаемое с этого резистора, пропорционально току нагрузки. Через резистор R13 оно подведено к неинвертирующему входу ОУ.

Если по какой-либо причине ток через нагрузку увеличился, то увеличивается и напряжение на неинвертирующем входе ОУ. Это приводит к соответствующему увеличению напряжения на базе транзистора VT5 и увеличению угла открывания тринистора VS1 — ток через нагрузку уменьшается. Таким образом, отрицательная обратная связь по току нагрузки поддерживает нагрузочный ток на заданном уровне. Конденсаторы C5, C7 сглаживают пульсации напряжения на выходе. Резисторы R12, R16 обеспечивают подачу небольшого отрицательного напряжения на инвертирующий вход ОУ в нижнем по схеме положении движка резистора R15. Это позволяет регулировать ток нагрузки практически от нуля. Конденсатор C6 повышает устойчивость работы ОУ. Элементы устройства питают от двух стабилизаторов (VD9, VT1 и VD12, R3).

В устройстве ОУ К140УД1Б можно заменить на К140УД5, К140УД6, К140УД7, К153УД2 (с соответствующей цепью коррекции); транзистор КТ801Б — на любой из серий КТ603, КТ608, КТ801, КТ807, КТ815; КТ315В — на КТ312, КТ315, КТ316, КТ201; КТ814Б — на КТ814, КТ816. Диоды VD5...VD8 — Д305; их можно заменить на любые из серий Д242...Д248, но в этом случае возрастет рассеиваемая на каждом диоде мощность и размеры теплоотводов придется увеличить. Амперметр РА1 — М5-2 с током полного отклонения стрелки 10 А.

Трансформатор Т1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ25×32. Обмотка I содержит 1100 витков провода ПЭВ-2-0,57; обмотка II — 160 витков провода ПЭВ-2-0,21 с отводом от середины; обмотка III — 120 витков провода ПЭВ-2-1,95. Диоды VD5...VD8 установлены на теплоотводах. Тринистор VS1 установлен на теплоотводе площадью не менее 100 см². Для налаживания устройства к его выходу подключают проволочный резистор сопротивлением

1...2 Ом и мощностью не менее 100 Вт (можно использовать нихромовую проволоку диаметром 0,5...1 мм). Движок переменного резистора R15 устанавливают в верхнее по схеме положение и подборкой резистора R14 устанавливают ток через нагрузку 7 А. При вращении ручки переменного резистора ток должен плавно уменьшаться до нуля. Описание этой схемы приводится в [38].

3.8. Источник питания повышенной мощности

Это устройство, работающее от сети переменного тока, предназначается для питания приборов и механизмов электрооборудования автомобиля, установленной в нем радиоэлектронной аппаратуры во время проводимых ремонтных или профилактических работ. Например, при подготовке автомобиля к техосмотру, к дальнему путешествию, для подзарядки аккумуляторной батареи, проверки системы зажигания, контрольно-измерительных приборов и т.п. От него можно также питать портативную приемопередающую аппаратуру с выходной мощностью до 100 Вт, причем круглосуточно. Ток в нагрузке, подключенной к источнику, может достигать 20 А при напряжении пульсаций около 1 В.

Но следует учесть одно важное обстоятельство: для запуска двигателя автомобиля стартером этот источник питания непригоден. Схема устройства приведена на рис. 3.10. Обмотка с выводами 7-8, соединенные последовательно обмотки с выводами 9-10, 11-13, 14-16 сетевого трансформатора T1 и диоды VD1...VD4 образуют двухполупериодный выпрямитель. Для уменьшения внутреннего сопротивления выпрямителя диоды VD1, VD2 и VD3, VD4 его плеч включены параллельно. К тому же они германиевые, поэтому и падение напряжения на них минимальное, что способствует уменьшению выделяемого ими тепла.

Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения применен оксидный конденсатор C1 большой емкости — 200000 мкФ. Резистор R1 и стабилитрон VD5 образуют параметрический стабилизатор постоянного напряжения 10 В. Это напряжение, пульсации которого дополнительно сглаживаются конденсатором C2, подается на вывод 8 микросхемного стабилизатора KP142EH5A

(DA1) с фиксированным выходным напряжением 5 В. С выхода (вывод 2) стабилизатора напряжение около 15 В поступает на базу эмиттерного повторителя, составленного из трех соединенных параллельно мощных транзисторов VT1...VT3. Вообще же, подбором стабилитрона VD5 с меньшим напряжением стабилизации можно устанавливать на выходе источника напряжение от 8 до 12 В. На диоде VD6 и конденсаторе C3 собран однополупериодный выпрямитель переменного напряжения обмотки с выводами 14-16 сетевого трансформатора, который питает светодиод HL1 — индикатор подключения устройства к сети. Резистор R2 ограничивает ток, текущий через светодиод.

В принципе, светодиодный индикатор можно подключить к выходу основного выпрямителя, но тогда из-за длительной разрядки фильтрующего конденсатора C1 он будет еще некоторое время светиться после размыкания контактов сетевого выключателя.

Сетевой трансформатор T1 — унифицированный, марки ТН61. Заменить его можно трансформатором с двумя вторичными обмотками, каждая из которых обеспечивает переменное напряжение 14...16 В при токе нагрузки до 20 А. Конденсатор C1 — оксидный К50-18 на номинальное напряжение 20 В.

Надо иметь в виду, что оксидные конденсаторы имеют значительный разброс номинальной емкости и, кроме того, со временем уменьшают емкость. Поэтому в источнике питания желательно использовать конденсатор возможно большей емкости выпуска последних лет. Конденсатор C2 — К50-6, C3 — К53-1А или любые другие оксидные на номинальное напряжение не менее 15 В. Диоды Д305 (VD1...VD4) можно заменить на Д302 или КД219А — мощные с барьером Шоттки. Стабилитрон VD5 — КС210В или Д814В. Может случиться, что при длительной работе источника под нагрузкой один из диодов основного выпрямителя будет нагреваться больше, чем три других. Это укажет на то, что его сопротивление в открытом состоянии больше, чем у других диодов выпрямителя. Такой диод следует заменить.

Желаемую яркость свечения индикатора HL1 устанавливают подборкой резистора R2. Описанный здесь источник питания повышенной мощности не имеет узла защиты от перегрузок. Поэтому, пользуясь им, избегайте случайных замыканий его выходных гнезд — зажимов или в цепях питания подключаемых к нему устройств. В случае длительной эксплуатации источника при макси-

мальном токе нагрузки необходимо контролировать температуру сетевого трансформатора — она не должна превышать 60°C . Описание устройства и технология изготовления приводятся в [39].

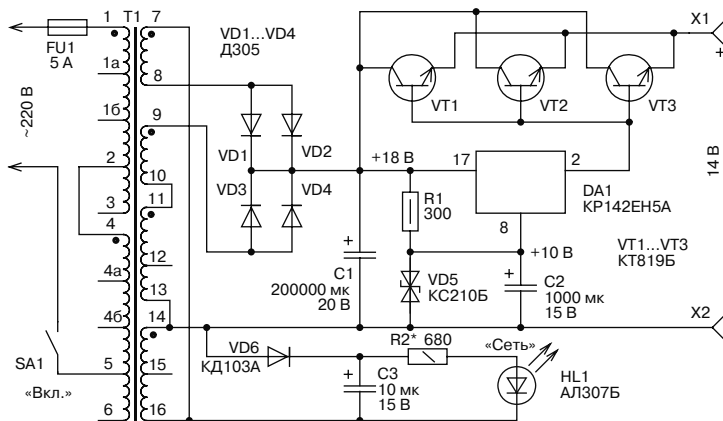


Рис. 3.10.

3.9. Стабилизатор напряжения для питания УМЗЧ

Этот стабилизатор напряжения (рис. 3.11) состоит из двух параметрических стабилизаторов, собранных на стабилитронах VD1 и VD2 и резисторах R3, R4, и эмиттерных повторителей на транзисторах V1, VT2 и VT3, VT4. Коэффициент стабилизации удалось повысить благодаря тому, что для питания источника образцового напряжения одного стабилизатора использовано выходное напряжение другого. Выходные напряжения стабилизатора -19 и $+19$ В, максимальный ток нагрузки — до 20 А, выходное сопротивление — не превышает 0,02 Ом. Коэффициент стабилизации не менее 1000. Для работы с ним необходимы два гальванически не связанных выпрямителя. Напряжение на понижающих обмотках трансформатора питания 24 В. Возможность самовозбуждения стабилизатора снижена применением в эмиттерных повторителях транзисторов с различными граничными частотами (КТ825Г и КТ827Б низкочастотные, а КТ315Г и КТ361 высокочастотные).

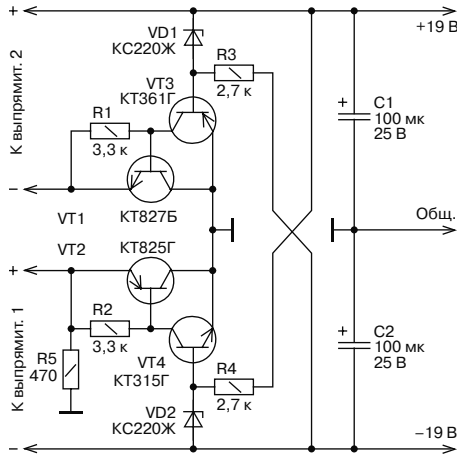


Рис. 3.11.

Стабилизатор защищен от короткого замыкания в нагрузке. Независимо от того, в каком плече произошло замыкание, отключаются оба стабилизатора.

3.10. Источник питания для компьютера

Этот источник питания (рис. 3.12) построен на трансформаторе с двумя одинаковыми вторичными обмотками на 7,5 В и обеспечивает три постоянных напряжения, широко используемых в микропроцессорной технике: +5 В с большим током нагрузки, а также +12 В и -5 В с малыми токами нагрузки.

Особенность устройства — наличие диодов VD2 и VD3, обеспечивающих двухполупериодную

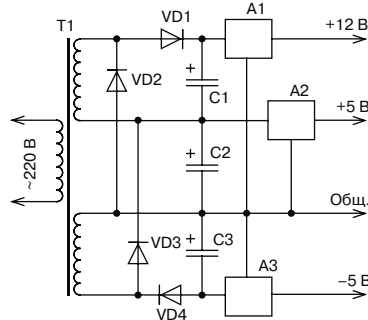


Рис. 3.12.

зарядку конденсатора С2. Диоды VD1 и VD4 выполняют функции однополупериодных выпрямителей, причем первый из них работает в режиме удвоения напряжения, благодаря последовательно (относительно общего провода) включению конденсаторов С1 и С2. Стабилизаторы напряжения на схеме показаны условно и могут быть выполнены по любой известной схеме.

3.11. Блок питания для персонального компьютера «РАДИО 86 РК»

По структуре предлагаемое вниманию читателей устройство (рис. 3.13) не ново: выпрямитель напряжения сети — конденсаторный фильтр — так называемый полумостовой преобразователь постоянного напряжения в переменное (с понижающим трансформатором) — выпрямители — фильтры — стабилизаторы. Однако в отличие от многих подобных источников питания такой структуры, описанных в литературе, в этом устройстве применено внешнее возбуждение преобразователя. Это позволило оптимально сформировать базовый ток ключевых транзисторов и тем самым полностью исключить сквозной ток через них. В результате удалось значительно снизить потери в транзисторах и выпрямительных диодах и уменьшить излучаемые преобразователем помехи.

Применение внешнего возбуждения также существенно упрощает налаживание этой части устройства и поиск дефектов. Первичная (I) обмотка основного трансформатора Т2 преобразователя включена в диагональ моста, образованного транзисторами VT1, VT2 и конденсаторами С9, С10. Базовые цепи этих транзисторов питаются от обмоток II и III трансформатора Т1, на первичную обмотку которого поступает ступенчатое напряжение с формирователя, собранного на микросхемах DD1, DD2. Задающий генератор формирователя собран на инверторах DD1.1, DD1.2 и вырабатывает колебания частотой около 120 кГц. Импульсы с выходов триггеров DD2.1 (частота следования 60 кГц) и DD2.2 (30 кГц) поступают на входы элементов DD1.3 и DD1.4, в результате чего на их выходе формируются импульсные последовательности со скважностью 4. Их разность имеет вид импульсов чередующейся полярности длительностью около 8 мкс с паузами такой же продолжительности между ними.

Через трансформатор Т1 это ступенчатое напряжение передается на базы ключевых транзисторов VT1, VT2 и поочередно открывает их. Наличие пауз между импульсами гарантирует полное закрывание каждого из транзисторов перед открыванием другого. Микросхемы DD1, DD2 формирователя питаются напряжением 12 В от бестрансформаторного источника, состоящего из балластного конденсатора С3, выпрямительного моста VD2, стабилизатора VD3 и конденсаторов фильтра С7, С8. Выбор такого напряжения питания микросхем позволил использовать трансформатор Т1 с максимально возможным коэффициентом трансформации (10:1), что снизило токовую нагрузку на элементы DD1.3, DD1.4 и дало возможность обойтись без дополнительных транзисторных ключей в их выходной цепи. Два верхних по схеме источника выходного напряжения собраны на микросхемных стабилизаторах серии К142 и П-образных LC-фильтрах.

Поскольку выпрямленное напряжение имеет вид разделенных паузами импульсов, по форме близких к прямоугольным, на входах фильтров включены оксидные конденсаторы К52-1 относительно небольшой емкости, удовлетворительно работающие на выбранной частоте преобразования. Благодаря малому току, потребляемому от нижнего источника, его сглаживающий фильтр содержит только конденсаторы, а стабилизатор выполнен по параметрической схеме с усилителем тока.

Устройство собрано на печатной плате, изготовленной из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Со стороны элементов фольга сохранена и выполняет функции общего провода и экрана. Транзисторы VT1, VT2 закреплены на пластине размерами 40×22 мм из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, припаянной перпендикулярно плате. Резьбовые выводы транзисторов укорочены до минимально необходимой длины. Для подключения к компьютеру и к сети в плату впаяны штыри диаметром 1 мм от вилки разъема ШР. Штыри, обозначенные на рисунках буквами а и б, предназначены для контроля потребляемого преобразователем тока при налаживании; впоследствии их соединяют проволочной перемычкой. Дроссели L1, L2, L4 — ДМ-2,5; L3 — ДМ-0,4.

Транзисторы КТ704А вполне заменимы на КТ704, КТ812, КТ824 с любым буквенным индексом, транзистор КТ814А — на любой из серии КТ814 или КТ816. Вместо микросхемы К142ЕН3 (DA1) можно применить К142ЕН2 с индексом Б или Д, включив ее

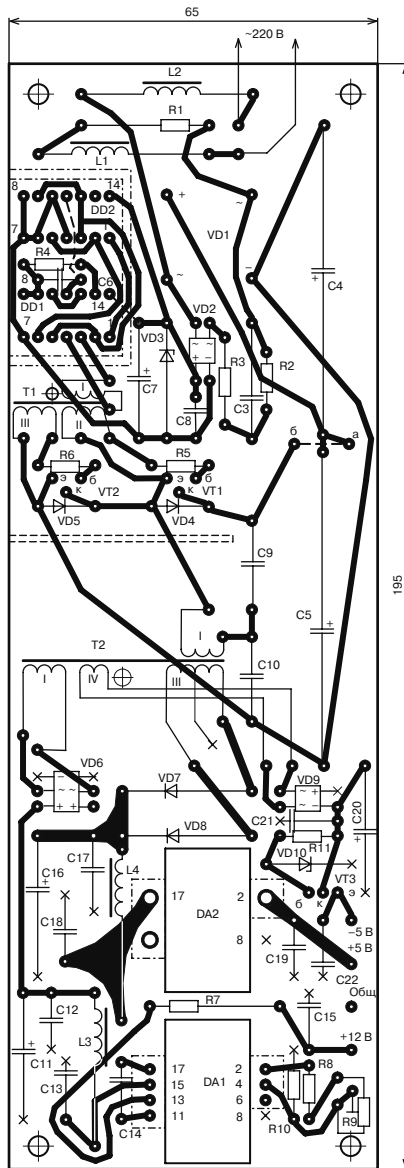


Рис. 3.14. (уменьшено)

подобно DA2. Допустима замена диодов КД213А (VD7, VD8) на КД212А, но их необходимо снабдить небольшими теплоотводами. Трансформатор Т1 намотан на кольцевом магнитопроводе типоразмера К10×6×5 из феррита 3000НМ. Его обмотка I содержит 180 витков провода ПЭЛШО-0,1, обмотки II и III — по 18 витков ПЭЛШО-0,27. Магнитопровод трансформатора Т2 — К28×16×9 из феррита 2000НМ.

Обмотка I состоит из 105 витков провода ПЭЛШО-0,27, обмотки II и IV — соответственно, из 14 и 8 витков монтажного провода МГТФ сечением 0,07 мм² (можно заменить проводом ПЭЛШО-0,27), обмотка III — из 2×7 витков ПЭВ-2 диаметром 1 мм. Витки обмоток каждого трансформатора необходимо равномерно распределить по всему магнитопроводу (у обмотки III — каждую половину).

Описанный блок питания обеспечивает по источнику +12 В максимальный ток 300 мА, по источнику +5 В — 1 А и по источнику -5 В — 50 мА. Однако, если диоды VD7, VD8 снабдить теплоотводами или установить их на заднюю стенку компьютера через слюдяные прокладки, максимальный ток источника +5 В можно поднять до 2 А. Максимальный ток источника -5 В можно увеличить до 100 мА, если позаботиться о дополнительном охлаждении транзистора VT3. Подробное описание приводится в [40], печатная плата представлена на рис. 3.14.

3.12. Мощный стабилизатор напряжения

Представленный на рис. 3.15 вариант стабилизатора обеспечивает выходное напряжение в пределах 5...30 В при токе нагрузки до 5 А. Кроме микросхемы и регулирующего транзистора он содержит измерительный мост, образованный резисторами R2...R5, R7, и компаратор на ОУ DA2.

Особенность моста в том, что через входящий в него резистор R7 протекает большая часть тока нагрузки. Требуемое выходное напряжение устанавливают подстроечным резистором R6, значение тока (в данном случае 5 А), при превышении которого СН становится стабилизатором тока, — резистором R2.

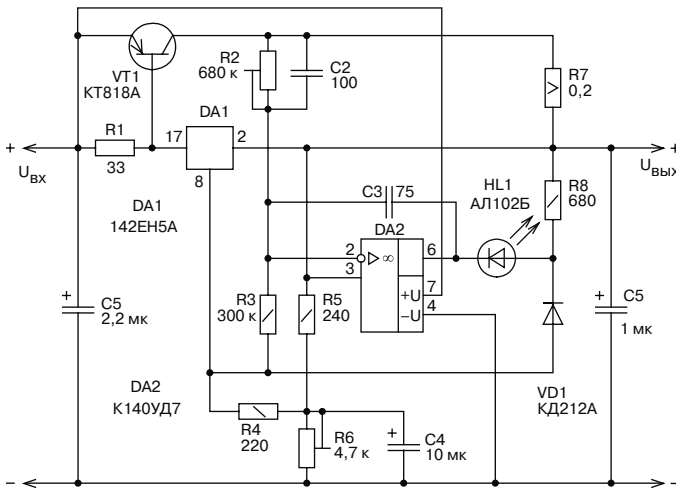


Рис. 3.15.

При токе нагрузки, меньшем 5 А, падение напряжения на резисторе R7 таково, что входное напряжение ОУ DA2 больше 0, поэтому его выходное напряжение положительно, диод VD1 закрыт и компаратор не оказывает на работу СН никакого влияния.

Увеличение тока до 5 А и соответствующее падение напряжения на резисторе R7 приводят к тому, что входное напряжение ОУ DA2 вначале уменьшается до 0, а затем меняет знак. В результате его выходное напряжение также становится отрицательным, диод VD1 и светодиод HL1 открываются и напряжение на выходе микросхемы устанавливается на уровне, соответствующем току нагрузки 5 А. При восстановлении номинальной нагрузки выходное напряжение возрастает до заданного значения.

Дальнейшее уменьшение выходного тока приводит к тому, что входное, а за ним и выходное напряжения ОУ вновь становятся положительными, диод VD1 закрывается и устройство возвращается в режим стабилизации напряжения.

Подробное описание этого стабилизатора приводится в [28].

3.13. Мощный стабилизатор напряжения –5 В

Этот стабилизатор (рис. 3.16) выполнен на интегральной микросхеме серии 79xx, которые выпускаются на напряжения стабилизации 5, 8, 12, 15, 18, 20, 22 и 24 В. Подключение транзистора VT1 позволяет увеличить максимальный ток нагрузки до 4 А, транзистор VT2 обеспечивает защиту по току. Подробнее о применении этих микросхем можно узнать в [115].

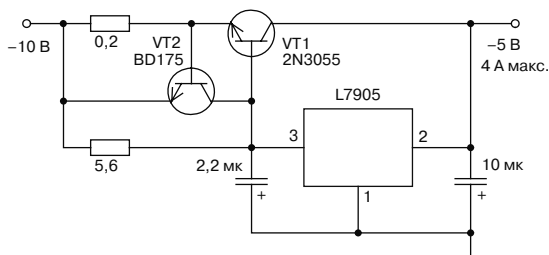


Рис. 3.16.

3.14. Блок питания 12 В 6 А

Многим радиолюбителям-конструкторам в последнее время все чаще приходится иметь дело с радиоэлектронными устройствами, ориентированными на питание от бортовой сети автомобиля. Это мощные автомагнитолы и радиостанции, а также специальные электронные системы. Такие устройства потребляют ток около 3 А, поэтому при их эксплуатации в стационарных условиях возникает проблема блока питания.

Решить ее поможет выпрямительное устройство «ВУ-1» производства Ульяновского приборостроительного завода, предназначенное для зарядки автомобильных аккумуляторных батарей. Дело в том, что «ВУ-1», по сути, представляет собой половину нужного устройства. Оно имеет достаточную мощность (до 100 Вт). Остается только дополнить его стабилизирующей приставкой на напряжение 12 В при токе до 6 А. Приставка выполнена по классической схеме (рис. 3.17) стабилизатора напряжения из недефицитных деталей невысокой стоимости. Работой составного транзистора

VT1 управляет усилитель постоянного тока на транзисторе VT2, его эмиттер подключен к источнику образцового напряжения, состоящего из стабилитрона VD1 и резистора R2, а база — к измерительной цепи R3, R4. Резистор R1 служит для подачи смещения на базу транзистора VT1. Резистором R4 устанавливают необходимое выходное напряжение. Конденсаторы C4 и C5 предотвращают возбуждение стабилизатора по высокой частоте, а C1...C3 образуют фильтр, сглаживающий пульсации выходного напряжения «ВУ-1».

Детали приставки монтируют на печатной плате из любого фольгированного материала. Печатные проводники силовых цепей должны быть шириной не менее 10 мм и хорошо облужены. Площадь сечения монтажных проводов — не менее 2 мм².

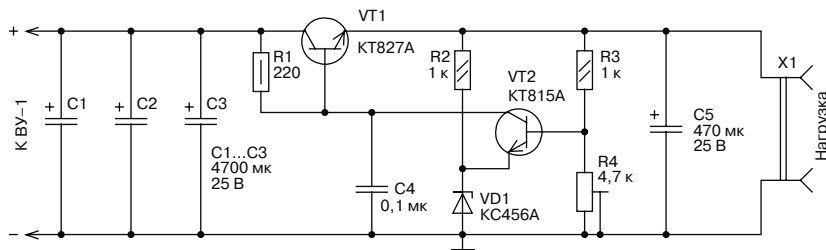


Рис. 3.17.

3.15. Линейные стабилизаторы напряжения с высоким КПД

Основным недостатком линейных стабилизаторов средней и большой мощности является их низкий КПД. Причем, чем меньше выходное напряжение источника питания, тем меньше становится его КПД. Это объясняется тем, что в режиме стабилизации силовой транзистор источника питания обычно включен последовательно с нагрузкой, а для нормальной работы такого стабилизатора на регулирующем транзисторе должно действовать напряжение коллектор-эмиттер не менее 3...5 В. При токах более 1 А это дает значительные потери мощности за счет выделения тепловой энергии, рассеиваемой на силовом транзисторе. Что приводит к необ-

ходимости увеличивать площадь теплоотводящего радиатора или применять вентилятор для принудительного охлаждения. Широко распространенные благодаря низкой стоимости интегральные линейные стабилизаторы напряжения на микросхемах из серии 142ЕН(5...14) обладают таким же недостатком.

В последнее время в продаже появились импортные микросхемы из серии LOW DROP (SD, DV, LT1083/1084/1085). Эти микросхемы могут работать при пониженном напряжении между входом и выходом (до 1...1,3 В) и обеспечивают на выходе стабилизированное напряжение в диапазоне 1,25...30 В при токе в нагрузке 7,5 А, 5 А и 3 А, соответственно. Ближайший по параметрам отечественный аналог типа КР142ЕН22 имеет максимальный ток стабилизации 5 А. При максимальном выходном токе режим стабилизации гарантируется производителем при напряжении вход-выход не менее 1,5 В. Микросхемы также имеют встроенную защиту от превышения тока в нагрузке допустимой величины и тепловую защиту от перегрева корпуса. Данные стабилизаторы обеспечивают нестабильность выходного напряжения 0,05%/В, нестабильность выходного напряжения при изменении выходного тока от 10 мА до максимального значения не хуже 0,1%/В.

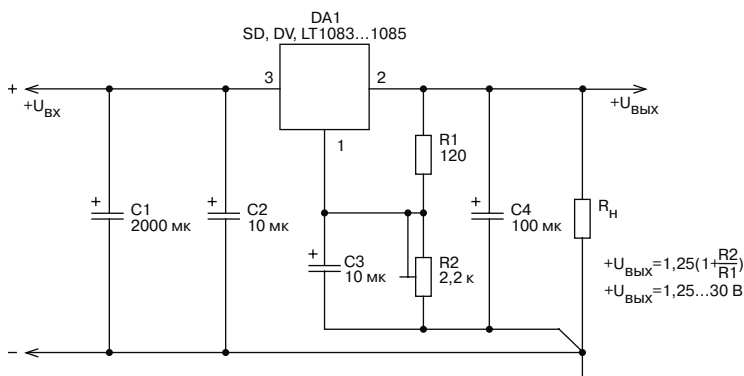


Рис. 3.18.

Типовая схема включения таких стабилизаторов напряжения приведена на рис. 3.18. Конденсаторы C2...C4 должны располагаться вблизи от микросхемы и лучше, если они будут танталовые.

Емкость конденсатора $C1$ выбирается из условия 2000 мкФ на 1 А потребляемого тока. Микросхемы выпускаются в трех видах конструктивного исполнения корпуса, показанных на рис. 3.19. Вид корпуса задается последними буквами в обозначении. Более подробная информация по данным микросхемам имеется в справочной литературе. Такие стабилизаторы напряжения экономически целесообразно применять при токе в нагрузке более 1 А , а также в случае недостатка места в конструкции.

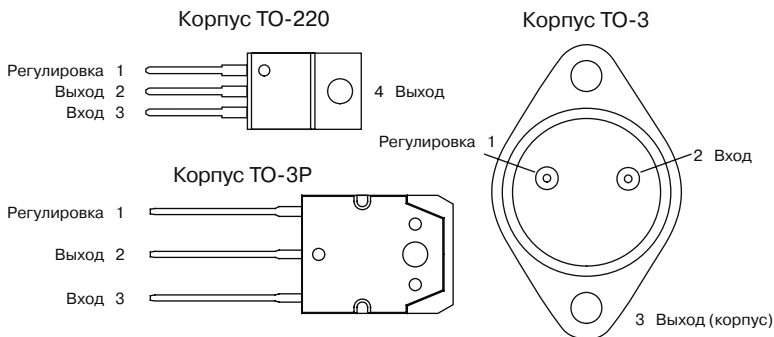


Рис. 3.19.

Экономичный источник питания с малой разницей входного и выходного напряжения можно выполнить и на дискретных элементах. Приведенная на рис. 3.20 схема рассчитана для выходного напряжения 5 В и тока нагрузки до 1 А . Она обеспечивает нормальную работу при минимальном напряжении на силовом транзисторе ($0,7 \dots 1,3 \text{ В}$). Это достигается за счет использования в качестве силового регулятора транзистора ($VT2$) с малым напряжением $U_{кз}$ в открытом состоянии, что позволяет обеспечить работу схемы стабилизатора при меньших напряжениях вход-выход. Схема имеет защиту (триггерного типа) на случай превышения тока в нагрузке выше допустимой величины, а также от превышения напряжения на входе стабилизатора более $10,8 \text{ В}$.

Узел защиты выполнен на транзисторе $VT1$ и тиристоре $VS1$. При срабатывании тиристора он отключает питание микросхемы $DA1$ (вывод 7 закорачивается на общий провод). В этом случае транзистор $VT3$, а значит, и $VT2$ закроются и на выходе будет нулевое напряже-

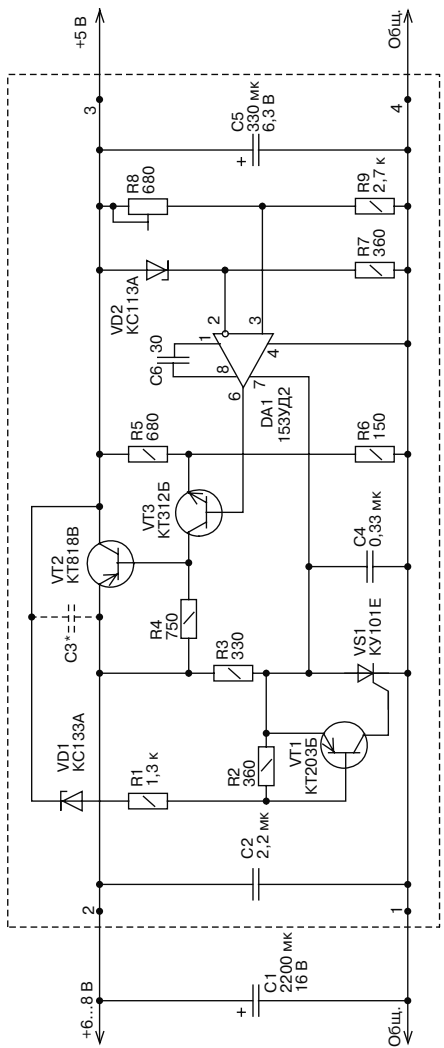


Рис. 3.20.

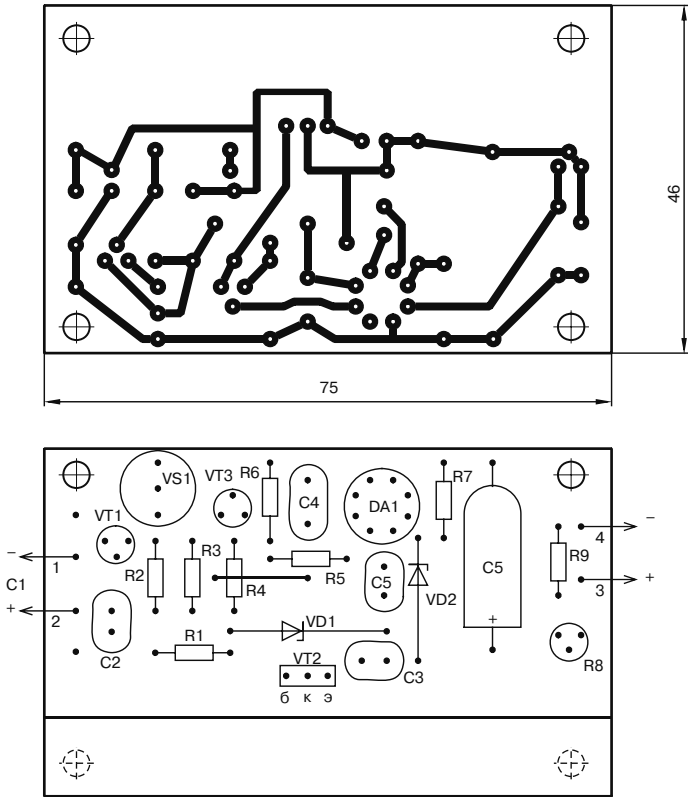


Рис. 3.21.

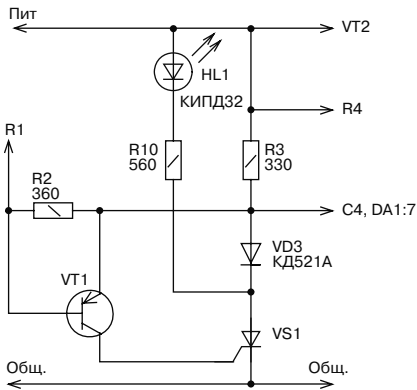


Рис. 3.22.

ние. Вернуть схему в исходное состояние после устранения причины, вызвавшей перегрузку, можно только выключением и повторным включением блока питания. Конденсатор С3 обычно не требуется — его задача облегчить запуск схемы в момент включения.

Топология печатной платы для монтажа элементов показана на рис. 3.21 (она содержит одну объемную перемычку). При изготовлении стабилизатора использованы следующие детали: подстроечный резистор R8 типа СПЗ-19а, остальные резисторы любого типа; конденсаторы С1 — К50-29В на 16 В, С2...С4, С6 — К10-17, С5 — К52-1 на 6,3 В. Схему можно дополнить светодиодным индикатором срабатывания защиты (HL1). Для этого потребуются установить дополнительные элементы: диод VD3 и резистор R10, как это показано на рис. 3.22. Подробное описание схемы приводится в [41].

3.16. Мощный стабилизатор с защитой по току

Для питания некоторых радиотехнических устройств требуется источник питания с повышенными требованиями к уровню минимальных выходных пульсаций и стабильности напряжения. Чтобы их обеспечить, блок питания приходится выполнять на дискретных элементах.

Приведенная на рис. 3.23 схема является универсальной и на ее основе можно сделать высококачественный источник питания на любое напряжение и ток в нагрузке. Блок питания собран на широко распространенном сдвоенном операционном усилителе (КР140УД20А) и одном силовом транзисторе VT1. При этом схема имеет защиту по току, которую можно регулировать в широких пределах. На операционном усилителе DA1.1 выполнен стабилизатор напряжения, а DA1.2 используется для обеспечения защиты по току. Микросхемы DA2, DA3 стабилизируют питание схемы управления, собранной на DA1, что позволяет улучшить параметры источника питания.

Работает схема стабилизации напряжения следующим образом. С выхода источника (X2) снимается сигнал обратной связи по напряжению. Этот сигнал сравнивается с опорным напряжением, поступающим со стабилитрона VD1. На вход ОУ подается сигнал рассогласования (разность этих напряжений), который усиливается и поступает через резисторы R10...R11 на управление транзистором VT1.

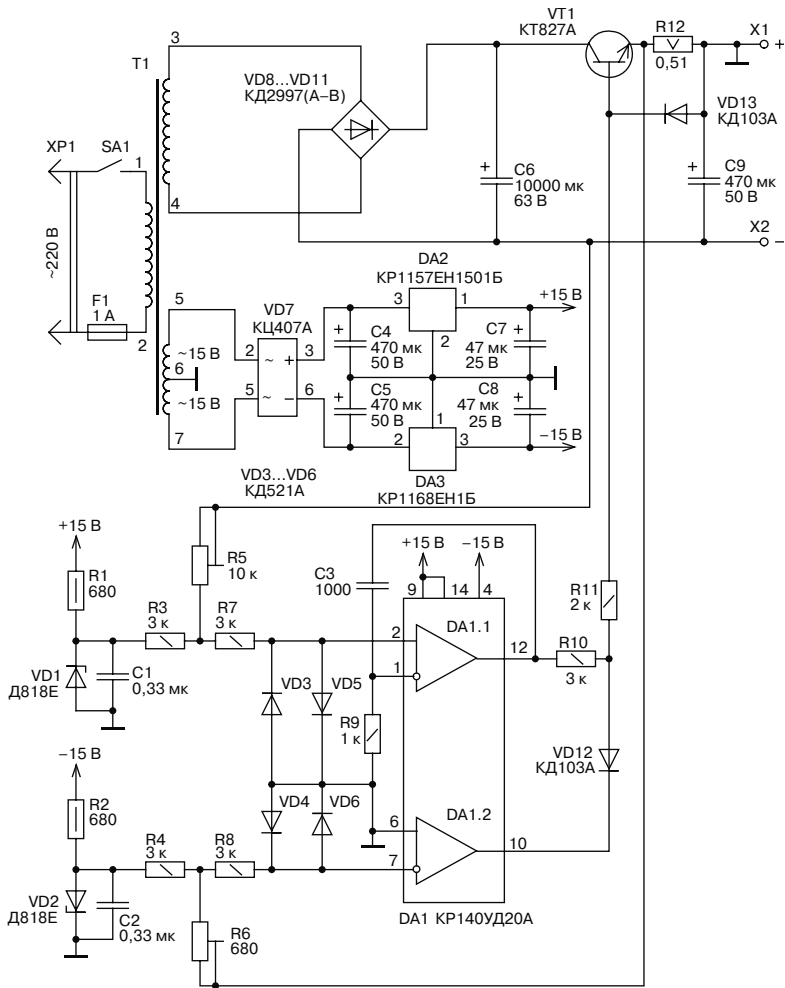


Рис. 3.23.

Таким образом, выходное напряжение поддерживается на заданном уровне с точностью, определяемой коэффициентом усиления ОУ DA1.1. Нужное выходное напряжение устанавливается резистором R5. Для того, чтобы у источника питания имелась возможность устанавливать выходное напряжение более 15 В, общий провод схемы управления подключен к клемме «+» (X1). При этом для полного открывания силового транзистора (VT1) на выходе ОУ потребуется небольшое напряжение (на базе VT1 $U_{бэ} = +1,2$ В). Такое построение схемы позволяет выполнять источники питания на любое напряжение, ограниченное только допустимой величиной напряжения коллектор-эмиттер ($U_{кэ}$) для конкретного типа силового транзистора (для KT827A максимальное $U_{кэ} = 80$ В).

В данной схеме силовой транзистор является составным и поэтому может иметь коэффициент усиления в диапазоне 750...1700, что позволяет управлять им небольшим током — непосредственно с выхода ОУ DA1.1, что снижает число необходимых элементов и упрощает схему.

Схема защиты по току собрана на ОУ DA1.2. При протекании тока в нагрузке на резисторе R12 выделяется напряжение, которое через резистор R6 прикладывается к точке соединения R4, R8, где сравнивается с опорным уровнем. Пока эта разница отрицательна (что зависит от тока в нагрузке и величины сопротивления резистора R12) — эта часть схемы не оказывает влияния на работу стабилизатора напряжения. Как только напряжение в указанной точке станет положительным, на выходе ОУ DA1.2 появится отрицательное напряжение, которое через диод VD12 уменьшит напряжение на базе силового транзистора VT1, ограничивая выходной ток.

Уровень ограничения выходного тока регулируется с помощью резистора R6. Параллельно включенные диоды на входах операционных усилителей (VD3...VD6) обеспечивают защиту микросхемы от повреждения в случае включения ее без обратной связи через транзистор VT1 или при повреждении силового транзистора. В рабочем режиме напряжение на входах ОУ близко к нулю и диоды не оказывают влияния на работу устройства. Установленный в цепи отрицательной обратной связи конденсатор C3 ограничивает полосу усиливаемых частот, что повышает устойчивость работы схемы, предотвращая самовозбуждение.

При использовании указанных на схемах элементов данные источники питания позволяют на выходе получать стабилизированное напряжение до 50 В при токе 1...5 А.

Силовой транзистор устанавливается на радиатор, площадь которого зависит от тока в нагрузке и напряжения $U_{кв}$. Для нормальной работы стабилизатора это напряжение должно быть не менее 3 В.

При сборке схемы использованы детали: подстроечные резисторы R5 и R6 типа СПЗ-19а; постоянные резисторы R12 типа С5-16МВ на мощность не менее 5 Вт (мощность зависит от тока в нагрузке), остальные из серии МЛТ и С2-23 соответствующей мощности. Конденсаторы С1, С2, С3 типа К10-17, оксидные полярные конденсаторы С4...С9 типа К50-35 (К50-32). Микросхема двоярного операционного усилителя DA1 может быть заменена импортным аналогом μ A747 или двумя микросхемами 140УД7; стабилизаторы напряжения: DA2 на 78L15, DA3 на 79L15. Параметры сетевого трансформатора Т1 зависят от необходимой мощности, поступающей в нагрузку. Во вторичной обмотке трансформатора после выпрямления на конденсаторе С6 должно обеспечиваться напряжение на 3...5 В больше, чем требуется получить на выходе стабилизатора.

В заключение можно отметить, что если источник питания предполагается использовать в широком температурном диапазоне ($-60...+100^{\circ}\text{C}$), то для получения хороших технических характеристик необходимо применять дополнительные меры. К их числу относится повышение стабильности опорных напряжений. Это можно осуществить за счет выбора стабилитронов VD1, VD2 с минимальным ТКН, а также стабилизации тока через них. Обычно стабилизацию тока через стабилитрон выполняют при помощи полевого транзистора или же применением дополнительной микросхемы, работающей в режиме стабилизации тока через стабилитрон. Кроме того, стабилитроны обеспечивают наилучшую термостабильность напряжения в определенной точке своей характеристики. В паспорте на прецизионные стабилитроны обычно это значение тока указывается и именно его надо устанавливать подстроечными резисторами при настройке узла источника опорного напряжения, для чего в цепь стабилитрона временно включается миллиамперметр. Подробное описание схемы приводится в [41].

3.17. Стабилизатор напряжения 20 В 7 А

Стабилизатор напряжения (рис. 3.24) отличается малым падением напряжения (и, соответственно, мощности) — всего 1,5...3 В при токе в нагрузку до 7...8 А. Он предназначен для питания от бортовой сети автомобильных радио-аудиокомплексов. Его применение не только снижает уровень помех, проникающих в звуковые каналы, но и защищает радиоаппаратуру от бросков напряжения при включении/выключении стартера и т.п. Выходное напряжение регулируют резистором PR1, а транзистор VT2 необходимо установить на радиатор площадью 15...20 см². Полное описание схемы опубликовано в [42].

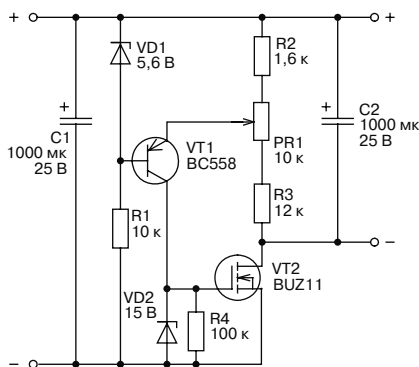


Рис. 3.24.

3.18. Стабилизатор напряжения с защитой от перегрузок

Стабилизатор обеспечивает максимальный ток нагрузки до 10 А при напряжении пульсаций менее 1 мВ, выходное сопротивление 0,01 Ом. Стабилизатор (рис. 3.25) собран по схеме моста образованного резисторами R4, R5, стабилитронами VD1, VD2 и светодиодом HL1. В диагональ моста включен эмиттерный переход транзистора VT4, управляющего регулирующим составным транзистором VT1...VT3. Составной транзистор вклю-

чен по схеме с общим эмиттером. Более высокое по сравнению с эмиттерным повторителем выходное сопротивление окончательного каскада компенсируется в этой схеме тем, что выходной каскад имеет высокий коэффициент усиления по напряжению, последнее заметно повышает коэффициент усиления схемы стабилизатора. Так как напряжение на базе управляющего транзистора VT4 по отношению к плюсовому проводу оказывается стабилизированным, то изменения выходного напряжения передаются на эмиттерный переход этого транзистора без ослабления делителем.

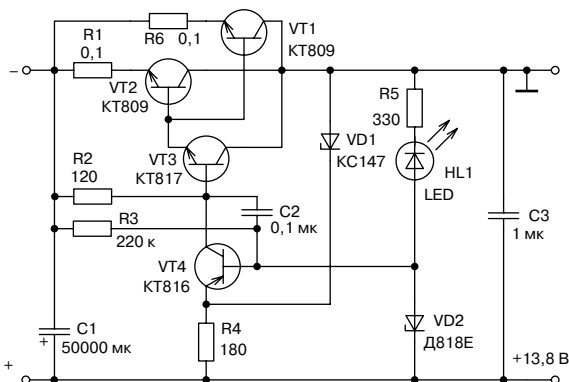


Рис. 3.25.

Максимальный ток нагрузки задается резистором R4. Ток базы транзистора VT3 не может превысить значения тока, текущего через резистор R4. Следовательно, подбором этого резистора можно установить требуемый ток защиты. Стабилизатор защищен и от коротких замыканий в цепи нагрузки. Ток короткого замыкания зависит от значения запускаяющего тока, текущего через резистор R3. Этот резистор подбирается при минимальном сопротивлении нагрузки по устойчивому запуску стабилизатора.

Такая система обеспечивает надежный запуск стабилизатора и практически не ухудшает параметров, поскольку в рабочем режиме ток через резистор R3 замыкается через малое сопротивление открытого стабилитрона VD2. Минимальное падение на транзисторах VT1, VT2 равно напряжению насыщения коллектор-эмиттер этого транзистора (0,1...0,5 В в зависимости от тока нагрузки).

Напряжение на выходе стабилизатора определяется суммарным напряжением стабилизации стабилитронов VD1 и VD2 за минусом падения напряжения на эмиттерном переходе транзистора VT4. Температурные изменения падения напряжения на светодиоде HL1 и стабилитроне VD1 компенсируются с температурным изменением падения напряжения на эмиттерном переходе транзистора VT4.

Чтобы снизить зависимость порога срабатывания защиты и тока короткого замыкания от температуры, радиатор регулирующих транзисторов выбирают с запасом по эффективной площади теплового рассеивания не менее 1000 см². Более полное описание схемы можно найти в [43].

3.19. Источник питания 12 В 20 А

На рис. 3.26 показана схема стабилизированного источника питания 12 В 20 А. Сетевой трансформатор T1 рассчитан на мощность 450 Вт и имеет вторичную обмотку на 15 В. Основным стабилизатором является ИМС DA1 K142EH3. Резистором R1 устанавливают ток ограничения. Резисторы R4...R6 являются выравнивающими и выполнены из проволочных резисторов. Транзисторы VT1...VT3 размещены на теплоотводе, способном рассеивать более 100 Вт, микросхема DA1 также установлена на небольшом теплоотводе. В случае если вы не имеете возможности установить достаточной площади теплоотвод, то для лучшего охлаждения необходимо установить небольшой дополнительный вентилятор.

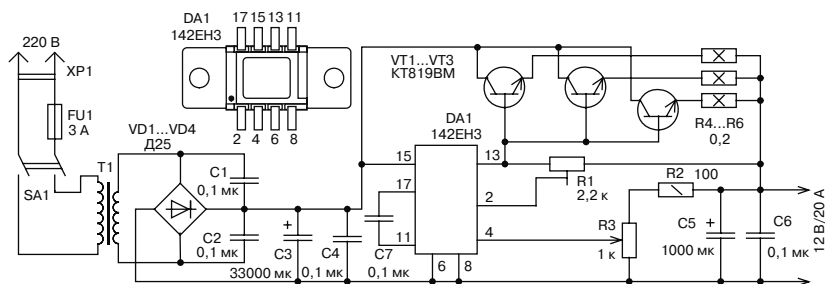


Рис. 3.26.

Еще один простой, но мощный источник питания, выполненный на мощных составных транзисторах (рис. 3.27), вполне пригоден не только для зарядки автомобильных аккумуляторов, но и для питания различных электронных схем. Напряжение на выходе устройства регулируется от 0 до 15 В.

Ток зависит от степени разряда аккумуляторных батарей и может достигать 20 А. Так как катоды диодов и коллекторы транзисторов соединены между собой, то все эти детали размещаются на одном большом радиаторе без изолирующих прокладок. Если не предъявляются особые требования к стабильности напряжения, то резистор R1 и стабилитрон VD3 из схемы можно исключить. Добавив емкости, показанные на схеме пунктиром, можно использовать устройство в качестве блока питания. Подробное описание этих устройств приводится в [44].

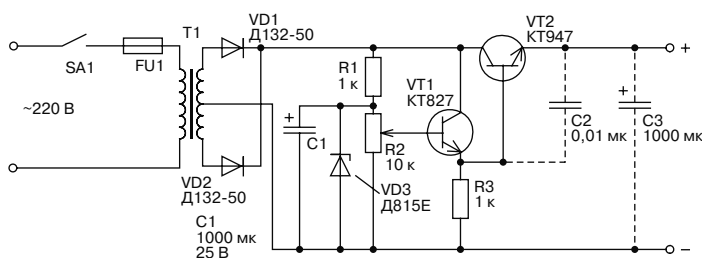


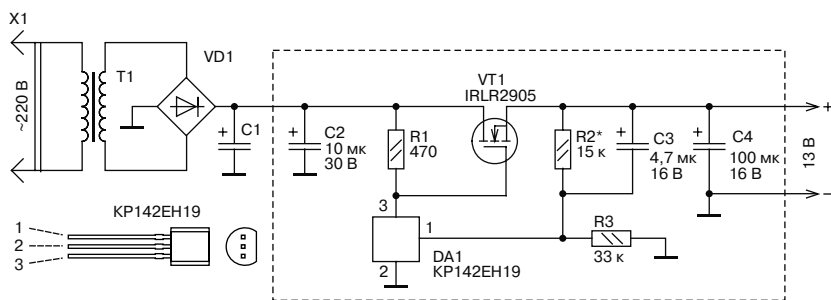
Рис. 3.27.

3.20. Стабилизатор напряжения на мощном полевом транзисторе

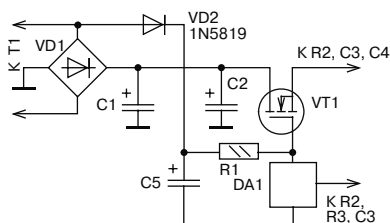
При построении сильноточных стабилизаторов напряжения радиолюбители обычно используют специализированные микросхемы серии 142 и аналогичные, «усиленные» одним или несколькими, включенными параллельно, биполярными транзисторами. Если для этих целей применить мощный переключательный полевой транзистор, то удастся собрать более простой сильноточный стабилизатор,

Схема одного из вариантов такого стабилизатора приведена на рис. 3.28.а. Со вторичной обмотки трансформатора переменное напряжение около 13 В (эффективное значение) поступает на выпрямитель и сглаживающий фильтр. На конденсаторах фильтра оно равно 16 В. Это напряжение поступает на сток мощного транзистора VT1 и через резистор R1 на затвор, открывая транзистор.

Часть выходного напряжения через делитель R2, R3 подается на вход микросхемы DA1, замыкая цепь ООС. Напряжение на выходе стабилизатора возрастает вплоть до того момента, пока напряжение на входе управления микросхемы DA1 не достигнет порогового, около 2,5 В. В этот момент микросхема открывается, понижая напряжение на затворе мощного транзистора, т.е. частично закрывая его, и, таким образом, устройством входит в режим стабилизации. Лучшие результаты удастся получить, если диод VD2 подключить к выпрямительному мосту (рис. 3.28.б). В этом случае напряжение на конденсаторе C5 увеличится, поскольку падение напряжения на диоде VD2 будет меньше, чем падение напряжения на диодах моста, особенно при максимальном токе.



а)



б)

Рис. 3.28.

При необходимости плавной регулировки выходного напряжения постоянный резистор R2 следует заменить переменным или подстроечным резистором.

В стабилизаторе в качестве регулирующего элемента применен мощный полевой транзистор IRLR2905. Хотя он и предназначен для работы в ключевом (переключательном) режиме, в данном стабилизаторе он используется в линейном режиме. Транзистор имеет в открытом состоянии весьма малое сопротивление канала (0,027 Ом), обеспечивает ток до 30 А при температуре корпуса до 100°C, обладает высокой крутизной и требует для управления напряжения на затворе всего 2,5...3 В. Мощность, рассеиваемая транзистором, может достигать 110 Вт.

Полевым транзистором управляет микросхема параллельного стабилизатора напряжения KP142EH19 (импортный аналог TL431). Конденсаторы — малогабаритные танталовые, резисторы — МЛТ, С2-33, диод VD2 — выпрямительный с малым падением напряжения (германиевый, диод Шоттки). Параметры трансформатора, диодного моста и конденсатора C1 выбирают исходя из необходимого выходного напряжения и тока. Хотя транзистор и рассчитан на большие токи и большую рассеиваемую мощность, для реализации всех его возможностей необходимо обеспечить эффективный теплоотвод.

Налаживание стабилизатора сводится к установке требуемого значения выходного напряжения. Надо обязательно проверить устройство на отсутствие самовозбуждения во всем диапазоне рабочих токов. Для этого напряжения в различных точках устройства контролируют с помощью осциллографа. Если самовозбуждение возникает, то параллельно конденсаторам C1, C2 и C4 следует подключить керамические конденсаторы емкостью 0,1 мкФ с выводами минимальной длины. Размещаются эти конденсаторы как можно ближе к транзистору VT1 и микросхеме DA1.

Печатная плата устройства приведена на рис. 3.29. Эта плата рассчитана на установку малогабаритных деталей в корпусах для поверхностного монтажа, в том чис-

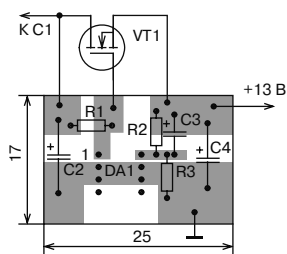


Рис. 3.29.

ле и микросхема КР142ЕН19 требует замены на импортный аналог в корпусе SO-8.

В случае, если полевой транзистор найти не удалось, стабилизатор можно выполнить по другой схеме (рис. 3.30), на мощных биполярных транзисторах, с использованием той же микросхемы. Правда, максимальный ток нагрузки у этого варианта стабилизатора не более 3...4 А. Для повышения коэффициента стабилизации применен стабилизатор тока на полевом транзисторе, в качестве регулирующего элемента применен мощный составной транзистор. Трансформатор должен обеспечивать на вторичной обмотке напряжение не менее 15 В при максимальном токе нагрузки. Подробное описание стабилизаторов приводится в [45].

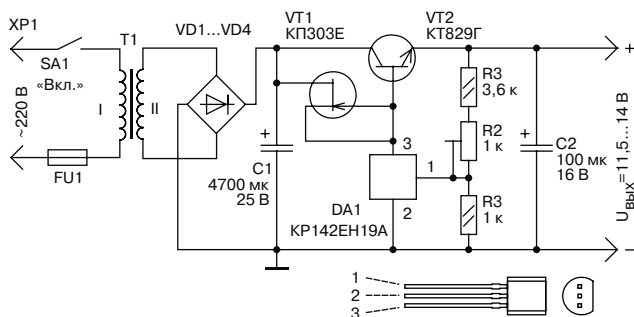


Рис. 3.30.

3.21. Блок питания СИ-БИ радиостанции

Эта несложная схема (рис. 3.31) позволяет получить хороший коэффициент стабилизации и большой выходной ток, который зависит только от мощности трансформатора и числа управляющих транзисторов, включенных параллельно. Подключенный на выходе устройства тиристор надежно сжигает защитный предохранитель, если выходное напряжение по каким-то причинам становится выше допустимого, величина напряжения срабатывания защиты зависит от примененного стабилитрона. В момент сраба-

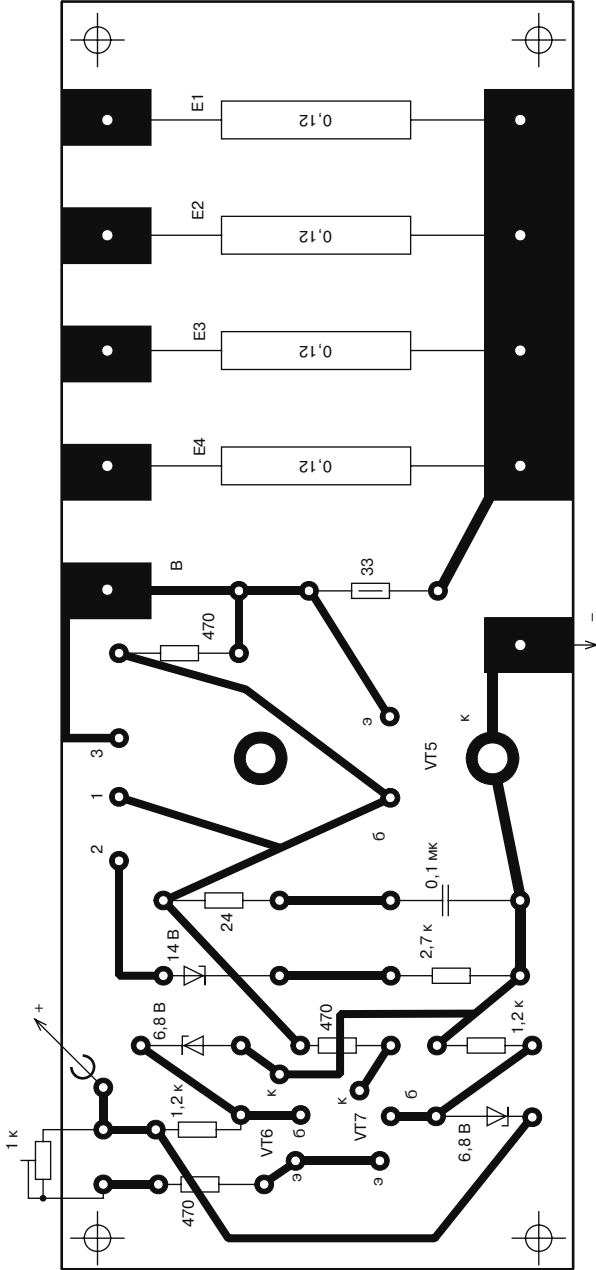


Рис. 3.33.

Вторичная обмотка трансформатора должна быть рассчитана на ток 20 А и напряжение 20 В. Диоды моста устанавливаются на радиаторах, лучше использовать силовые диоды с барьером Шоттки.

Стабилизатор с защитой от замыканий выполнен на транзисторах VT1...VT7. Выходное напряжение устанавливается подстроечным резистором. Усилитель сигнала ошибки выполнен на дифференциальном каскаде VT6, VT7. Повторитель на составном транзисторе VT5 управляет регулирующими транзисторами VT1...VT4, в эмиттерные цепи которых включены выравнивающие резисторы 0,12 Ом, обеспечивающие равномерное распределение тока по всем четырем транзисторам (по 5 А на каждый). Сетевой выпрямитель, фильтрующие конденсаторы и транзисторы VT1...VT4 установлены вне платы. Коллекторы VT1...VT4 гальванически соединены с корпусом, что позволяет использовать шасси в качестве радиатора без изолирующих прокладок. В качестве VT1...VT4 можно использовать КТ819, VT5 — КТ827, VT6 и VT7 — КТ814 с любым буквенным индексом. Печатная плата приведена на рис. 3.33. Подробное описание источника питания приводится в [46].

3.23. Стабилизатор тока на 100...200 А

В литературе не часто можно встретить описания стабилизаторов тока на 100...200 А, однако в некоторых процессах (гальваника, сварка и др.) они необходимы. На первый взгляд, для стабилизации таких токов необходимы и соответствующие мощные транзисторы. Вашему вниманию предлагается стабилизатор тока на 150 А (с плавной регулировкой от нуля до максимума), выполненный на обычных, широко распространенных транзисторах серии КТ827. Примененное схемотехническое решение позволяет легко увеличить или уменьшить максимальный стабилизируемый ток.

Принципиальная схема предлагаемого стабилизатора тока изображена на рис. 3.34. Как видно, нагрузка включена несколько необычно — в разрыв провода, соединяющего отрицательный вывод диодного моста VD5...VD8 с общим проводом устройства. Все мощные транзисторы VT1...VT16 включены по схеме с общим

коллектором, но каждый из них нагружен на свой уравнивающий резистор (R4...R19), также соединенный с общим проводом. Таким образом, через подключенную к розетке XS1 нагрузку стабилизатора протекает суммарный ток всех 16 транзисторов. Ток через каждый из транзисторов VT1...VT16 выбран около 9 А, что значительно меньше предельно допустимого значения для транзисторов КТ827А...КТ827В. При падении напряжения на транзисторе 10...11 В рассеиваемая мощность достигает 100 Вт.

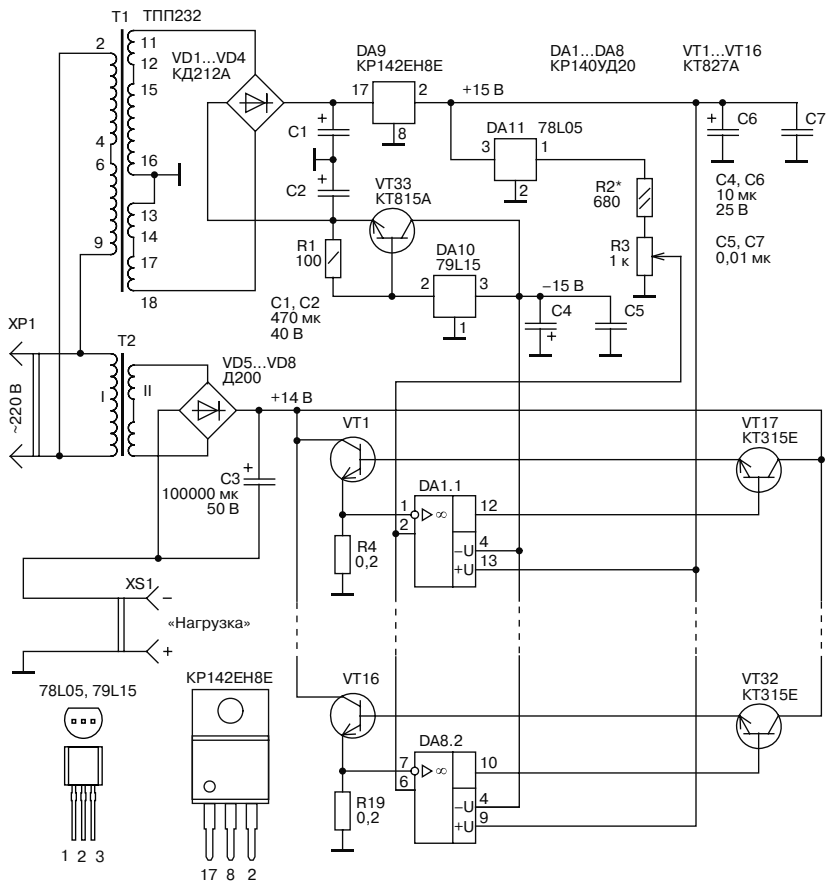


Рис. 3.34.

Разброс параметров транзисторов и сопротивлений резисторов R4...R19 не имеет значения, так как каждый транзистор управляется своим операционным усилителем. Выходы ОУ DA1.1...DA8.2 через транзисторы VT17...VT32 соединены с базами транзисторов VT1...VT16, а напряжения обратных связей поданы на инвертирующие входы с эмиттеров соответствующих транзисторов. ОУ поддерживают на инвертирующих входах (и, соответственно, на эмиттерах транзисторов VT1...VT16) такие же напряжения, какие имеются у них на неинвертирующих входах. На неинвертирующие входы всех ОУ подано стабильное управляющее напряжение с резистивного делителя R2, R3, подключенного к выходу интегрального стабилизатора DA11. При изменении управляющего напряжения изменяется ток через каждый из резисторов R4...R19 и, соответственно, через общую нагрузку, подключенную к розетке XS1. Питаются ОУ от стабилизатора, выполненного на микросхемах DA9, DA10 и транзисторе VT33.

Вместо составных транзисторов КТ827А в стабилизаторе тока можно применить транзисторы этой серии с индексами Б, В, Г или комбинации из двух транзисторов соответствующей мощности (например, КТ315 + КТ819 с любыми буквенными индексами). Сдвоенные ОУ КР140УД20 заменимы на К157УД2 или на одинарные ОУ КР140УД6, К140УД7, К140УД14 и им подобные, стабилизатор 78L05 — на КР142ЕН5А, КР142ЕН5В или 78M05, транзисторы КТ315Е — на КТ3102, КТ603, диоды Д200 — на Д160. Вместо трансформатора ТПП232 (Т1) допустимо применение ТПП234, ТПП253 или любого другого с двумя вторичными обмотками на напряжение 16...20 В.

Резистор R1 может быть любого типа, R2 желательно применить высокостабильный, например, С2-29. Для регулирования тока нагрузки был использован переменный резистор СП5-35А (с высокой разрешающей способностью), но можно, конечно, применить и любой другой, обеспечивающий требуемую точность установки тока. Конденсатор С3 набран из десяти конденсаторов К50-32А, С4, С6 — К50-35, остальные — любого типа. Использовать в качестве С3 один конденсатор большой емкости нельзя, так как он будет сильно перегреваться из-за того, что его выводы не рассчитаны на такие большие токи (недостаточное сечение провода). Сдвоенные ОУ DA1...DA8, транзисторы VT17...VT32, интегральный стабилизатор напряжения DA11, резисторы R2, R3 и конденсаторы С4...С7 монтируют на печатной плате, изготовленной по чертежу, показанному на рис. 3.35.

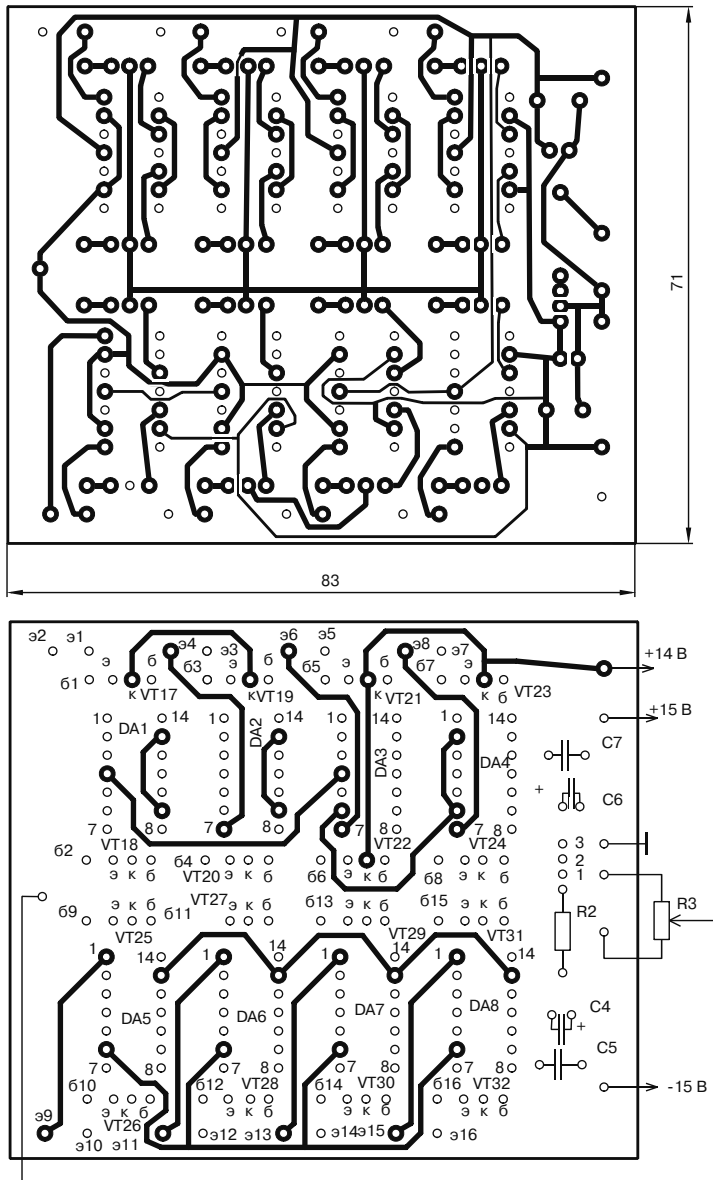


Рис. 3.35.

Транзисторы VT1...VT16 закрепляют на теплоотводах, способных рассеять не менее 100 Вт каждый. Все 16 теплоотводов собраны в батарею, для их охлаждения применены четыре вентилятора, что позволило включать стабилизатор тока на долговременную постоянную нагрузку. Если нагрузка будет кратковременной или импульсной, можно обойтись и теплоотводами меньших размеров. Резисторы R4...R19 изготавливают из высокоомного (манганинового или константанового) провода диаметром 1...2 мм и закрепляют на теплоотводах соответствующих им транзисторов. Для охлаждения диодов VD5...VD8 используют стандартные теплоотводы, рассчитанные на установку диодов Д200 (обдув их вентилятором не требуется).

Микросхему DA9 и транзистор VT33 размещают на небольших пластинчатых теплоотводах. При монтаже стабилизатора тока нужно учитывать, что через некоторые цепи будет течь ток 150 А, поэтому их необходимо выполнить проводом соответствующего сечения.

Вторичная обмотка трансформатора Т2 должна обеспечивать напряжение около 14 В при токе нагрузки 150 А (хорошо подходит сварочный трансформатор). Падение напряжения на сопротивлении нагрузки стабилизатора должно быть не более 10 В (остальное напряжение падает на транзисторах VT1...VT16 и резисторах R4...R19). При большем падении напряжения на нагрузке придется повысить напряжение вторичной обмотки трансформатора Т2, однако в этом случае необходимо проследить, чтобы мощность рассеяния каждого из транзисторов не превысила максимально допустимую.

Если необходимо увеличить или уменьшить отдаваемый в нагрузку максимальный ток, можно, соответственно, увеличить или уменьшить число транзисторов и ОУ. Таким образом, на основе описанного стабилизатора можно создать значительно более мощный источник тока.

Подключая нагрузку к стабилизатору тока, следует помнить, что на «земляном» проводе будет плюсовой выход стабилизатора. Подробное описание стабилизатора приводится в [47].

3.24. Регулируемый стабилизатор напряжения

Этот простой стабилизатор напряжения (рис. 3.36) выполнен на микросхеме LM317, для увеличения максимального тока нагрузки применен транзистор VT1. Выходное напряжение регулируется резистором R4 в диапазоне 1,8...32 В. Следует отметить, что схема очень проста и не имеет защиты от короткого замыкания на выходе. Российский аналог микросхемы — КР142ЕН12. Подробное описание этого стабилизатора приводится в [116].

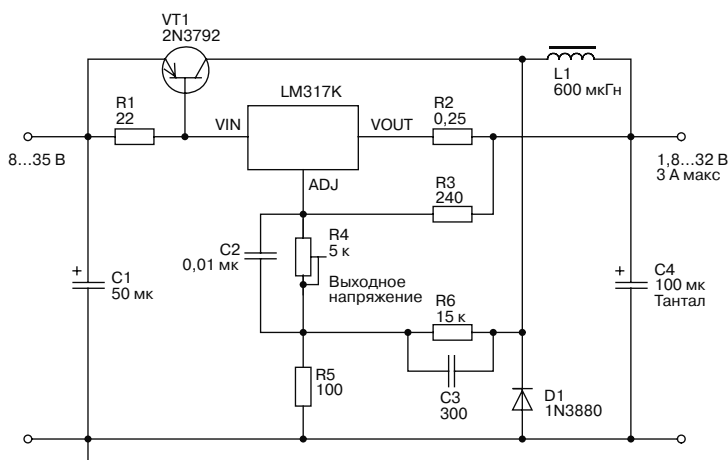


Рис. 3.36.

Глава 4

Преобразователи напряжения

4.1. «Обратимый» преобразователь напряжения

Предлагаемое устройство предназначено для аварийного питания энергозависимых электронных устройств с небольшим током потребления от резервного источника при пропадании напряжения в сети (например, генератора и счетчика импульсов электронных часов, установленных в автомобиле). Преобразователь (см. рис. 4.1) содержит резервную аккумуляторную батарею GB1, задающий генератор на элементах DD1.1...DD1.3, двухразрядный счетчик на D-триггерах DD2.1, DD2.2, двойной четырехканальный мультиплексор DD3 и емкостный накопитель-делитель — конденсаторы C2...C5.

При наличии напряжения в бортовой сети устройство работает в режиме деления ее напряжения и подзарядки батареи GB1. Буферный режим обеспечен двунаправленным мультиплексором DD3, который поочередно подключает батарею параллельно одному из конденсаторов C2...C5 емкостного делителя напряжения. В результате батарея заряжается до напряжения, равного четверти напряжения бортовой сети.

В момент пропадания напряжения в сети преобразователь автоматически переходит в режим умножения напряжения резервной батареи. В этом режиме конденсаторы C2...C5 через мультиплексор DD3 последовательно заряжаются от батареи GB1, а поскольку они соединены последовательно, на выходе устройства создается напряжение, равное учетверенному напряжению батареи, которое питает не только обслуживаемое электронное устройство, но и микросхемы самого преобразователя. Сигналы управления

мультиплексором поступают с выходов счетчика (DD2.1, DD2.2), который через буферный элемент DD1.3 подключен к выходу генератора импульсов с частотой следования около 5 кГц. Поскольку в режиме умножения напряжения узлы преобразователя питаются его выходным напряжением, для первоначального запуска необходимо кратковременно подать в цепь питания напряжение бортовой сети. После самовозбуждения генератора преобразователь работает от батареи GB1. Если устройство предполагается использовать в качестве резервного источника питания электронных часов, генератор на элементах DD1.1, DD1.2 может и не понадобиться: его вполне можно заменить задающим генератором часов. Это позволит снизить потребляемый преобразователем ток до уровня 10...20 мкА.

Как показала проверка, при использовании батареи GB1 из трех соединенных последовательно аккумуляторов Д-0,25 выходное напряжение преобразователя на нагрузке сопротивлением 68 кОм (ток нагрузки — 150 мкА) равно 10,1 В, а в режиме холостого хода — 10,8 В. При установке устройства в автомобиле для аварийного питания часов на микросхемах серии К561 допускается подключение его к бортовой сети напряжением 12 В через развязывающий диод, предотвращающий перегрузку преобразователя. Преобразователь не нуждается в налаживании, однако необходимо иметь в виду, что напряжение резервной батареи не должно превышать 4 В. В противном случае амплитуда выходного (умноженного) напряжения превысит максимально допустимое напряжение входных сигналов для микросхем серии К561, что приведет к выходу их из строя. Отсутствие в преобразователе развязывающих диодов и транзисторных ключей обеспечивает КПД, достигающий 80...90%.

Простота, обратимость функций, возможность реализации буферного режима для резервного источника с малой ЭДС позволяют использовать описанный преобразователь напряжения как аварийный источник питания для различных устройств с памятью. Для того чтобы устранить вероятность перезарядки батареи GB1, целесообразно стабилизировать напряжение питания устройства, выбрав его таким, чтобы напряжение на выводах 3 и 13 мультиплексора не превышало напряжения батареи GB1. В том случае, когда включение резервного источника — событие редкое и кратковременное, для предотвращения перезарядки батареи достаточно последовательно с ней включить токоограничивающий резис-

тор, шунтированный диодом. Резистор подбирают из условия обеспечения зарядного тока, равного току саморазрядки. В режиме умножения напряжения батарея оказывается подключенной к мультиплексу через открытый диод. Подробное описание данной схемы приведено в [48].

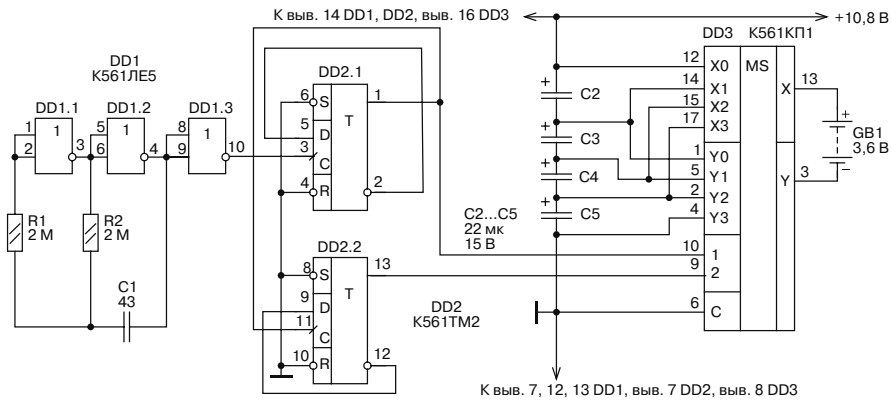


Рис. 4.1.

4.2. Низковольтный преобразователь напряжения

В устройствах на цифровых микросхемах и микропроцессорах с автономным питанием батареи гальванических элементов должны обеспечить стабилизированное напряжение 5 В. Достигнуть этого простейшим способом — использованием шести элементов по 1,5 В и интегрального стабилизатора КР142ЕН5А — невыгодно как энергетически, так и экономически. Предлагаемый несложный стабилизированный преобразователь позволяет получить напряжение 5 В при токе нагрузки до 120 мА. Его входное напряжение может находиться в пределах 2...3,5 В (два гальванических элемента). КПД при входном напряжении 3 В и максимальном токе нагрузки — приблизительно 75%. Схема преобразователя показана на рис. 4.2.

На транзисторе VT2 собран блокинг-генератор. Обмотка I трансформатора T1 выполняет также функцию накопительного дросселя, а с обмотки II на базу транзистора VT2 поступает сигнал положительной обратной связи. Импульсы, возникающие на коллекторе этого транзистора, через диод VD1 заряжают конденсаторы C4, C5, напряжение на которых и является выходным. Оно зависит от частоты повторения и скважности импульсов блокинг-генератора, которые, в свою очередь, зависят от коллекторного тока транзистора VT1, перезаряжающего конденсатор C3 в интервалах между импульсами.

После того, как на блокинг-генератор подано напряжение питания, и по мере зарядки конденсатора C2 через резистор R1, увеличиваются коллекторный ток транзистора VT1, частота генерируемых импульсов и выходное напряжение преобразователя. Но как только последнее превысит сумму напряжений стабилизации стабилитрона VD2 и открывания транзистора VT3, часть тока, протекающего через резистор R1 и базу транзистора VT1, ответвится в коллекторную цепь открывшегося транзистора VT3. Это приведет к уменьшению частоты импульсов. Таким образом, выходное напряжение будет стабилизировано.

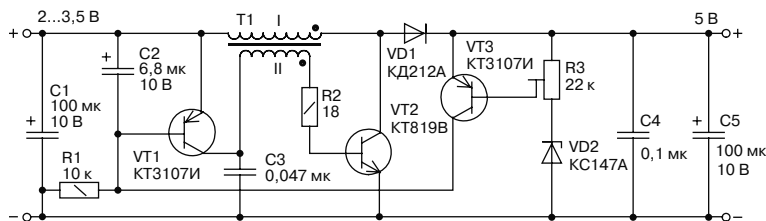


Рис. 4.2.

Подстроечный резистор R3 позволяет установить его равным 5 В. Транзистор VT2 — КТ819 с любым буквенным индексом, КТ805А или КТ817 также с любым индексом. В последнем случае выходная мощность преобразователя будет немного меньше. КПД устройства повысится, если в качестве VD1 применить германиевый диод Д310. Трансформатор T1 изготовлен из дросселя ДПМ-1,0 индуктивностью 51 мкГн. Имеющаяся на нем обмотка использована в качестве первичной. Поверх нее намотана обмотка обрат-

ной связи (II) из 14 витков провода диаметром 0,31 мм в эмаливой изоляции. Конденсатор С3 должен быть металлопленочным серий К71, К78. Керамический конденсатор здесь нежелателен из-за низкой температурной стабильности. К типам остальных деталей устройство не критично. Преобразователь смонтирован на плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита. Фольга на одной из сторон платы оставлена нетронутой и служит общим проводом. Полное описание устройства приводится в [49].

4.3. Стабилизированный сетевой преобразователь напряжения

При разработке описываемого ниже устройства ставилась задача создать малогабаритный сетевой источник питания с высоким КПД, способный отдать в гальванически несвязанную с сетью нагрузку мощность 1...3,5 Вт. Этим требованиям вполне отвечает однотактный импульсный стабилизированный преобразователь напряжения, передающий энергию во вторичную цепь в паузах между импульсами тока в первичной обмотке разделительного трансформатора. Один из вариантов такого устройства и предлагается вниманию читателей (рис. 4.3).

Основные технические характеристики:

Выходное напряжение, В,..... $\pm 12, 20$;
Суммарная выходная мощность, Вт 3,5;
Частота преобразования, кГц 20;
Пределы изменения напряжения сети, при которых выходное напряжение изменяется не более чем на 1%, В 210...250.

В состав устройства входят выпрямитель сетевого напряжения (VD1) со сглаживающим фильтром (R4, C3, C4), задающий генератор (DD1.1...DD1.3) с цепью запуска (R17, C7), формирователь прямоугольных импульсов (DD1.4...DD1.6, VT2, VT4), электронный ключ (VT3), импульсный трансформатор (Т1), регулируемый источник тока (VT5), устройство защиты от замыканий в нагрузке (R10, VT1), три выпрямителя (VD2...VD4) и столько же фильтрующих конденсаторов (C9...C11). Конденсаторы C1, C2 предотвращают проникание в сеть помех с частотой преобразования.

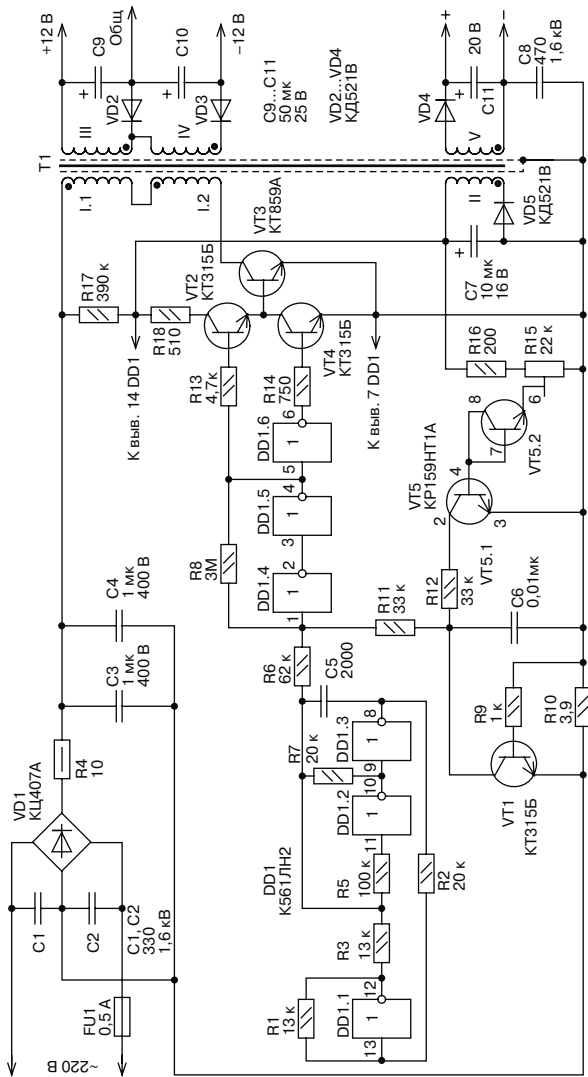


Рис. 4.3.

С включением устройства в сеть начинают заряжаться конденсаторы С3, С4 и С7. После того как напряжение на последнем из них достигнет примерно 3 В, самовозбуждается задающий генератор (DD1.1...DD1.3). Частота следования его импульсов (зависит от постоянной времени цепи R7, С5) — около 20 кГц, форма напоминает пилообразную. Формирователь (DD1.4...DD1.6, VT2, VT4) преобразует их в прямоугольные колебания. Поскольку последовательности импульсов на базах транзисторов VT2 и VT4 противофазны, то они открываются строго поочередно, что обеспечивает минимальное время открывания и закрывания транзистора VT3. Когда этот транзистор открыт, через обмотку I течет линейно увеличивающийся ток и трансформатор Т1 накапливает энергию, а когда закрыт (тока через первичную обмотку нет), энергия, накопленная трансформатором, преобразуется в ток вторичных обмоток III...V.

После нескольких циклов работы генератора на конденсаторе С7 устанавливается напряжение 8...10 В. Выходное напряжение преобразователя стабилизирует регулируемый источник тока, выполненный на транзисторах сборки VT5 (VT5.2 использован как стабилитрон). При колебаниях напряжения в сети или на нагрузке изменяется напряжение на обмотке II и регулируемый источник тока, воздействуя на формирователь, изменяет скважность прямоугольных импульсов на базе транзистора VT3.

При увеличении импульсного тока через резистор R10 сверх некоторого порогового значения транзистор VT1 открывается и разряжает конденсатор С6 (служащий для предотвращения ложного срабатывания защитного устройства от коротких выбросов тока, возникающих в момент включения преобразователя, а также во время переключения транзистора VT3). В результате импульсы задающего генератора перестают поступать на базу транзистора VT3 и преобразователь прекращает работу. При устранении перегрузки устройство запускается вновь через 0,8...2 с после зарядки конденсаторов С6 и С7.

Обмотки импульсного трансформатора Т1 намотаны на полистироловом каркасе проводом ПЭВ-2-0,12 и помещены в броневого магнитопровод Б30 из феррита 2000НМ. Обмотки I.1 и I.2 содержат по 220 витков, обмотки II, III, IV и V — соответственно, 19, 18, 9 и 33 витка. Вначале наматывают обмотку I.2, затем обмотки II, IV, III, V и, наконец, обмотку I.1. Между обмотками II, IV, V и I.1 помещают электростатические экраны в виде одного слоя (примерно 65

витков) провода ПЭВ-2-0,12. При сборке трансформатора между торцами центральной части ферритовых чашек вставляют прокладку из лакоткани толщиной 0,1 мм. Трансформатор можно выполнить и на основе ферритового (той же марки) броневого магнитопровода Б22. В этом случае используют провод ПЭВ-2-0,09, причем число витков обмоток I.1 и I.2 увеличивают до 230. Транзистор КТ859А можно заменить на КТ826А, КТ838А, КТ846А.

Налаживание устройства не сложно. Установив движок подстроечного резистора R15 в верхнее (по схеме) положение, включают преобразователь в сеть и устанавливают этим резистором требуемые значения напряжения на выходе. Для уменьшения помех во вторичных цепях с частотой преобразования (20 кГц) необходимо опытным путем подобрать точку соединения электростатических экранов с одним из проводов первичной цепи, а также точки подключения конденсатора С8. Для этого достаточно один из выводов какой-либо вторичной обмотки подключить через миллиамперметр переменного тока к первичной цепи и определить названные точки по минимуму показаний прибора.

Преобразователь, собранный по описанной схеме, опробован для питания нагрузки, потребляющей мощность 10 Вт. В этом варианте число витков обмоток I.1 и I.2 было уменьшено до 120 (с магнитопроводом Б30), конденсаторы С3, С4 заменены одним оксидным емкостью 10 мкФ (номинальное напряжение 450 В), сопротивление резистора R10 уменьшено до 2,7 Ом, а резистора R18 — до 330 Ом. Подробнее эта схема описывается в [50].

4.4. Преобразователь напряжения для авометра Ц20

Как известно, в этом авометре для измерения сопротивлений установлены два источника постоянного тока — напряжением 1,5 В и напряжением 4,5 В. Второй источник, в качестве которого используется батарея 3336Л, участвует в работе сравнительно редко. Поэтому целесообразнее отказаться от него и заменить предлагаемым на рис. 4.4 преобразователем — его подключают к оставшемуся источнику только во время измерения больших сопротивлений, когда щуп омметра вставлен в гнездо «х1000».

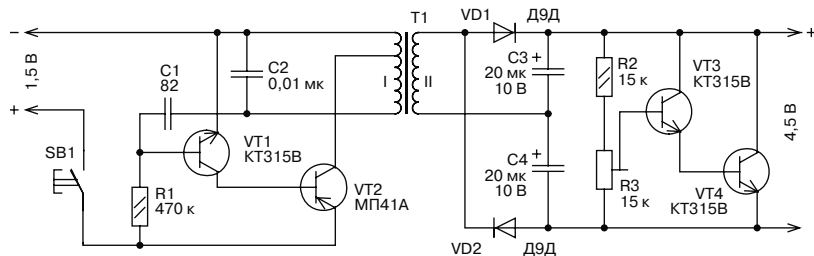


Рис. 4.4.

Когда кнопочным выключателем SB1 подают напряжение 1,5 В на преобразователь, начинает работать генератор, собранный на транзисторах VT1 и VT2. Частота колебаний примерно 14 кГц, потребляемый генератором ток от источника не превышает 8 мА. С обмотки II трансформатора T1 генератора переменное напряжение подается на выпрямитель, выполненный на диодах VD1 и VD2 по схеме удвоения напряжения. Выпрямленное напряжение фильтруется конденсаторами C3, C4. Далее следует параметрический стабилизатор напряжения, составленный из транзисторов VT3, VT4 и резисторов R2, R3. Транзисторы включены как аналог стабилитрона, напряжение стабилизации которого можно установить подстроечным резистором R3. Балластным сопротивлением является выходное сопротивление преобразователя. При изменении потребляемого от преобразователя тока до 0,2 мА (когда щупы омметра замкнуты) выходное напряжение изменяется не более чем на 0,1 В.

Обмотки трансформатора размещены в карбонильном броневом сердечнике СБ23-17а. На каркас сначала наматывают обмотку I — 500 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,12 мм с отводом от 100-го витка, считая от верхнего по схеме вывода. Затем ее изолируют бумажной прокладкой, поверх которой наматывают обмотку II — 330 витков такого же провода.

Диоды могут быть любые другие серии Д9. Вместо МП41А подойдет другой транзистор серий МП39...МП42 со статическим коэффициентом передачи тока не менее 50, а вместо KT315B — другие транзисторы этой серии со статическим коэффициентом передачи тока не менее 30. Налаживание преобразователя сводится к установке подстроечным резистором (при нажатой кнопке выключо-

чателя) выходного напряжения около 4,5 В. При этом можно обойтись и без вольтметра, поставив ручку резистора установки нуля омметра примерно в среднее положение, а подстроечным резистором, выведя стрелку индикатора на начальную отметку шкалы (при замкнутых щупах). Хотя данный преобразователь был разработан специально для авометра Ц20, использовать его можно и с другими аналогичными измерительными приборами. Печатная плата и расположение элементов приводится на рис. 4.5. Полное описание преобразователя приведено в [51].

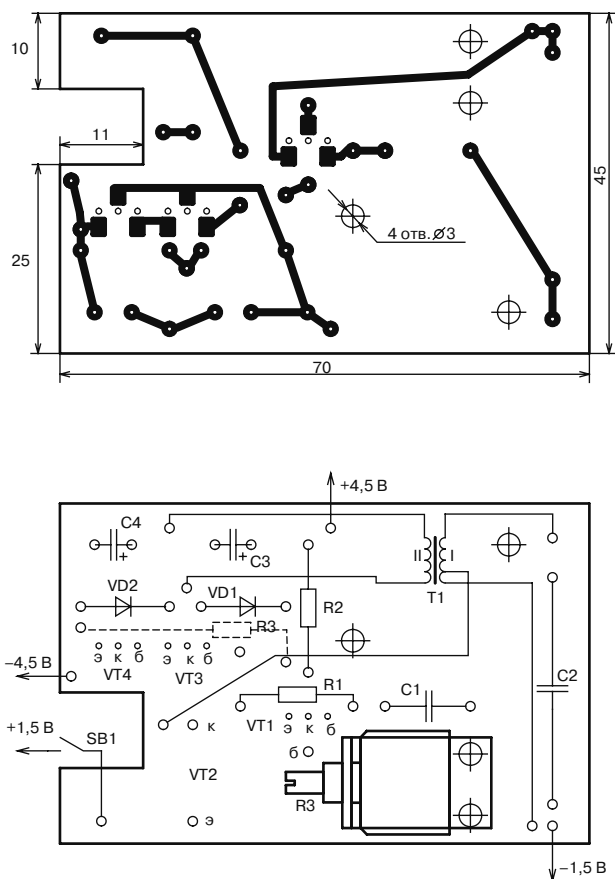


Рис. 4.5.

4.5. Преобразователь напряжения 9 В — 400 В

Простой, но высокоэффективный преобразователь постоянного напряжения (рис. 4.6) содержит минимум элементов, но обеспечивает несколько миллиампер тока напряжением 400...425 В при потребляемом токе 80...90 мА от источника 9 В. На таймере типа 555 выполнен мультивибратор на частоту 14 кГц. КПД устройства сильно зависит от добротности катушки индуктивностью 1 мГн.

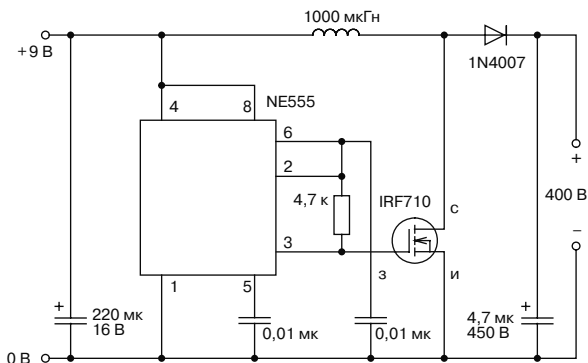


Рис. 4.6.

4.6. Преобразователь напряжения с ШИ модуляцией

Этот преобразователь с широтно-импульсной стабилизацией (рис. 4.7) может быть применен в портативных магнитофонах и другой подобной аппаратуре, работающей от батарей. В частности, преобразователь способен сохранять нормальную работоспособность магнитофона «Весна-202» при уменьшении напряжения батареи до 3 В. Такой преобразователь оказывается наиболее пригодным при батарейном питании аппаратуры. КПД стабилизатора — не менее 70%.

Стабилизация сохраняется при уменьшении напряжения источника питания ниже выходного стабилизированного напряжения

преобразователя, чего не может обеспечить традиционный стабилизатор напряжения. При включении преобразователя ток через резистор R1 открывает транзистор VT1, коллекторный ток которого, протекая через обмотку II трансформатора T1, открывает мощный транзистор VT2. Транзистор VT2 входит в режим насыщения, и ток через обмотку I трансформатора линейно увеличивается. В трансформаторе происходит накопление энергии. Через некоторое время транзистор VT2 переходит в активный режим, в обмотках трансформатора возникает ЭДС самоиндукции, полярность которой противоположна приложенному к ним напряжению (магнитопровод трансформатора не насыщается). Транзистор VT2 лавинообразно закрывается, и ЭДС самоиндукции обмотки I через диод VD2 заряжает конденсатор C3. Конденсатор C2 способствует более четкому закрыванию транзистора. Далее циклы повторяются.

Через некоторое время напряжение на конденсаторе C3 увеличивается настолько, что открывается стабилитрон VD1 и базовый ток транзистора VT1 уменьшается, при этом уменьшается и ток базы, а значит, и ток насыщения транзистора VT2. Поскольку накопленная в трансформаторе энергия определяется током насыщения транзистора VT2, дальнейшее увеличение напряжения на конденсаторе C3 прекращается. Конденсатор разряжается через нагрузку. Таким образом, обратная связь поддерживает на выходе преобразователя постоянное напряжение. Выходное напряжение задает стабилитрон VD1. Изменение частоты преобразования лежит в пределах 20...140 кГц.

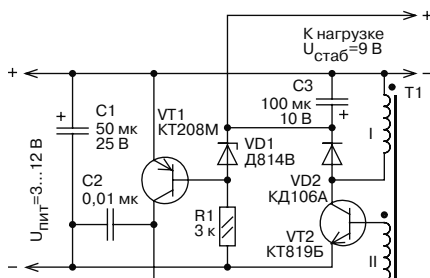


Рис. 4.7.

Преобразователь напряжения, схема которого показана на рис. 4.8, отличается тем, что в нем цепь нагрузки гальванически развязана от цепи управления. Это позволяет получить несколько стабильных вторичных источников с любым напряжением. Использование интегрирующего звена в цепи обратной связи позволяет улучшить стабилизацию вторичного напряжения. Недосток преобразователя — некоторая зависимость выходного напряжения от тока нагрузки. Частота преобразования уменьшается почти линейно при уменьшении питающего напряжения. Это обстоятельство углубляет обратную связь в преобразователе и повышает стабильность вторичного напряжения. Напряжение на сглаживающих конденсаторах вторичных источников зависит от энергии импульсов, получаемых от трансформатора. Наличие резистора R2 делает напряжение на накопительном конденсаторе C3 зависимым и от частоты следования импульсов, причем степень зависимости (крутизна) определяется сопротивлением этого резистора. Таким образом, подстроечным резистором R2 можно устанавливать желаемую зависимость изменения напряжения вторичных источников от изменения напряжения питания. Полевой транзистор VT2 — стабилизатор тока. От его параметров зависит максимальная мощность преобразователя.

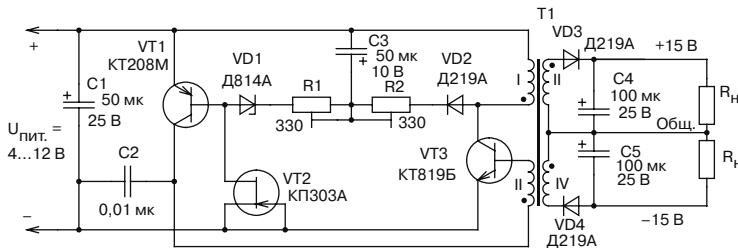


Рис. 4.8.

Основные характеристики:

КПД преобразователя, % 70...90;
 Нестабильность выходного напряжения, %, не более 0,5;
 Максимальная мощность нагрузки, Вт 2.

При налаживании преобразователя резисторы R1 и R2 устанавливают в положение минимума сопротивления и подключают эквиваленты нагрузки. Подают на вход устройства напряжение питания

12 В и резистором R1 устанавливают на нагрузке напряжение 15 В. Далее напряжение питания уменьшают до 4 В и резистором R2 добиваются прежнего напряжения. Повторяя этот процесс несколько раз, добиваются стабильного напряжения на выходе.

Обмотки I и II и магнитопровод трансформатора у обоих вариантов преобразователя одинаковы. Он намотан на броневом магнитопроводе Б26 из феррита 1500НМ. Обмотка I содержит 8 витков провода ПЭЛ-0,8, а обмотка II — 6 витков провода ПЭЛ-0,33 (каждая из обмоток III и IV состоит из 15 витков провода ПЭЛ-0,33). Подробнее об изготовлении и налаживании этих преобразователей рассказывается в [53].

4.7. Универсальный преобразователь напряжения

Для получения из напряжения питания микросхем ТТЛ (+5 В) других напряжений различных полярностей можно использовать преобразователь, схема которого показана на рис. 4.9. Его основа — задающий генератор на логических элементах DD1.1 и DD1.2, формирующий импульсы с частотой повторения около 10 кГц и скважностью 2. Через буферные элементы DD1.3 и DD1.4 импульсное напряжение поступает на ключевые транзисторы VT1 и VT2.

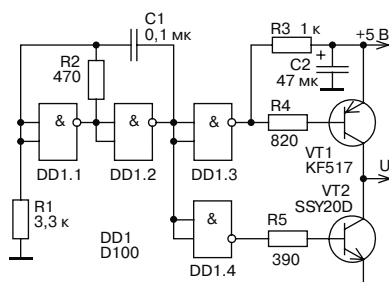


Рис. 4.9.

В зависимости от требуемого напряжения и его полярности к коллекторам этих транзисторов подключают цепи умножителей (рис. 4.10) с положительным или отрицательным выходным на-

пряжением. В преобразователе можно использовать микросхему К155ЛА3, транзисторы серий КТ502 (VT1), КТ503 (VT2) и диоды серий КД521, Д220.

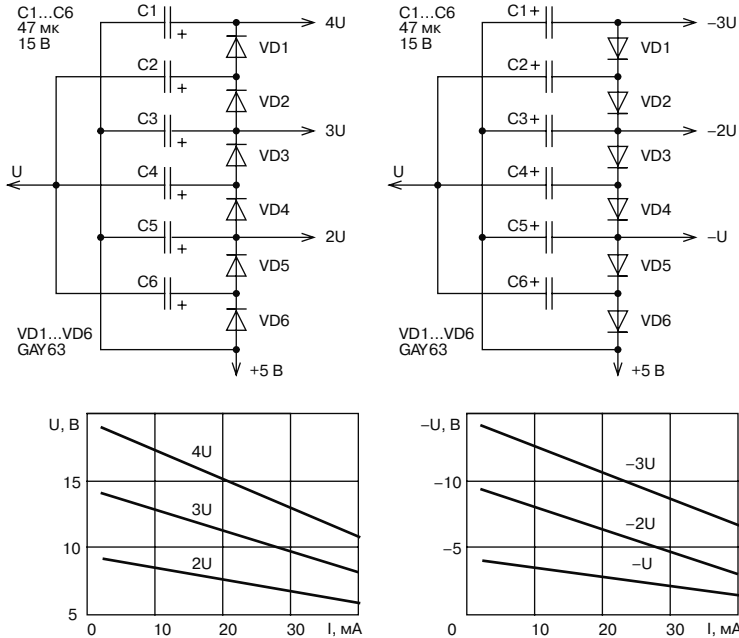


Рис. 4.10.

4.8. Мощный бестрансформаторный преобразователь напряжения

На рис. 4.11 приведена схема удвоителя напряжения, способного обеспечить в нагрузке ток до 2 А. В основу преобразователя положен генератор импульсов на логическом элементе DD1.1, охваченном цепью обратной связи R1, C1, R2, которая задает частоту генерации. Вырабатываемые генератором импульсные сигналы в противофазе поступают на входы логических элементов DD1.3 и DD1.4, управляющих мощными ключевыми транзисторами VT1 и VT2.

Для исключения возможности короткого замыкания источника питания во время их переключения на вторые входы элементов DD1.3 (через инвертор DD1.2) и DD1.4 поступают импульсы, задержанные примерно на четверть периода интегрирующей цепью R3, C2. Благодаря этому открывающие импульсы (отрицательной полярности относительно эмиттеров) на базах транзисторов оказываются разнесенными во времени, и сквозной ток через оба транзистора исключается. Если открыт транзистор VT2, конденсатор C3 заряжается через диод VD1 до напряжения источника питания. Через полпериода открывается транзистор VT1, конденсатор C3 оказывается включенным последовательно с источником, и конденсатор C4 через диод VD2 заряжается практически до удвоенного напряжения питания. ИМС CD4093 можно заменить на K561ТЛ1. Транзисторы следует применять из серии КТ825 и диоды серии КД212. Для снижения уровня пульсаций при максимальных токах нагрузки емкость конденсаторов C3 и C4 желательно увеличить до 10 мкФ и, кроме того, параллельно конденсатору C4 включить пленочный или керамический емкостью 0,1...1 мкФ. Подробное описание устройства приводится в [54].

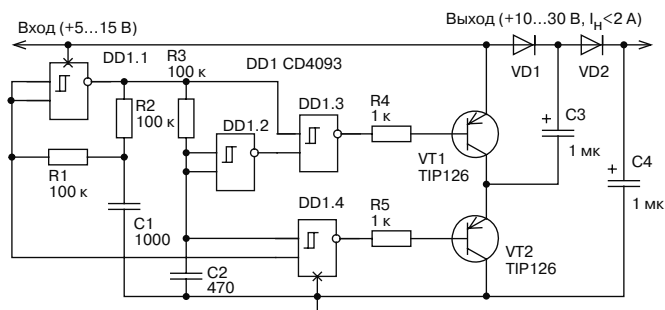


Рис. 4.11.

4.9. Бестрансформаторный преобразователь напряжения

Бестрансформаторный преобразователь напряжения, схема которого приведена на рис. 4.12, состоит из трех частей: задающего мульти-

вибратора на транзисторах VT3, VT4, двух усилителей на транзисторах VT1, VT2, VT5, VT6 и выпрямителя на диодах VD1...VD4.

Рассмотрим работу преобразователя. Предположим, что в данный момент транзистор VT3 открыт. Напряжение на его коллекторе резко уменьшается с 6 В до 0. Этот импульс напряжения откроет транзистор VT2 и закроет VT1. Импульс на выходе транзистора VT2 имеет то же напряжение и фазу, что и входной, но будет значительно усиленным по току. С эмиттера транзистора VT2 он поступает через конденсатор C1 на выпрямитель. В следующий момент транзистор VT5 закрывается, а VT4 открывается, и происходит процесс, аналогичный описанному.

Так как на левую и правую вершины выпрямительного моста (см. схему) поступают импульсы противоположной полярности, выпрямленное напряжение будет вдвое больше питающего, т.е. 12 В. Вследствие того, что мощность, передаваемая из первичной цепи во вторичную, пропорциональна частоте, рабочая частота должна быть достаточно высокой.

Транзисторы VT3 и VT4 должны иметь одинаковые параметры. При использовании деталей с номиналами, указанными на принципиальной схеме, преобразователь обеспечивал напряжение 12 В в режиме холостого хода, 11 В при сопротивлении нагрузки 100 Ом, 10 В — при 50 Ом. 7 В — при 10 Ом. Транзисторы BC107 можно заменить KT315, AD161, AD162 — на ГТ402, ГТ404. В выпрямителе можно использовать диоды Д226. Подробно эта схема описывается в [55].

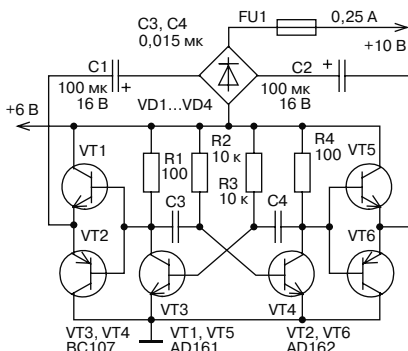


Рис. 4.12.

резисторы МЛТ или ВС. Налаживание преобразователя сводится к подбору транзисторов VT1...VT3 с требуемым напряжением стабилизации. При изменении напряжения питания приемника от 6,5 до 9 В потребляемый преобразователем ток увеличивается с 0,8 до 2,2 мА, а выходное напряжение — не более чем на 8...10 мВ. При необходимости выходное напряжение преобразователя можно повысить, увеличив число звеньев умножителя напряжения и число транзисторов в стабилизаторе.

4.11. Бестрансформаторный девятывольтовый преобразователь напряжения

Преобразователь (рис. 4.14) состоит из экономичного задающего генератора прямоугольных импульсов, собранного на микросхеме DD1, и выходного усилителя мощности на транзисторах V1...V4. Частота задающего генератора — примерно 10 кГц. Амплитуда прямоугольных импульсов на выходе задающего генератора практически равна напряжению источника питания преобразователя. Поэтому в течение одного полупериода транзисторы V1 и V4 насыщены, а V2 и V3 закрыты, а конденсатор C3 быстро заряжается через насыщенный транзистор V4 и диод V5 до напряжения, почти равного напряжению питания. Точно также в течение другого полупериода заряжается конденсатор C4 через насыщенный транзистор V3 и диод V6. На конденсаторах C3 и C4 происходит сложение напряжений на конденсаторах C3 и C4. Благодаря относительно высокой частоте преобразования уровень пульсаций выходного напряжения получается очень небольшим. Без нагрузки преобразователь потребляет ток около 5 мА, а выходное напряжение приближается к 18 В. При токе нагрузки 120 мА выходное напряжение уменьшается до 16 В при уровне пульсаций 20 мВ. КПД преобразователя — около 85%, выходное сопротивление — около 10 Ом.

Если необходимо, чтобы работоспособность преобразователя сохранялась при уменьшении напряжения питания до 5 В, следует заменить резисторы R3 и R4 другими, сопротивлением 1,5 кОм. Правильно собранный преобразователь начинает работать сразу

и в налаживании не нуждается. Вместо указанных на схеме, в преобразователе можно использовать любые транзисторы серий КТ315 и КТ361 со статическим коэффициентом передачи тока не менее 50. Диоды Д312 можно заменить на Д310, Д311 или любыми из серии Д7. Вместо К176ЛА7 можно применить микросхему К176ЛЕ5.

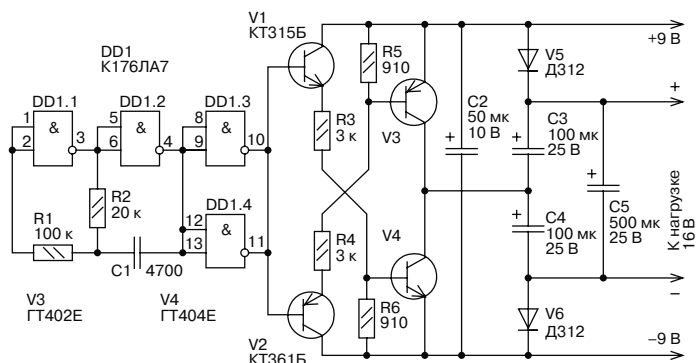


Рис. 4.14.

4.12. Преобразователь напряжения на 1006ВИ1

В современных радиолюбительских конструкциях с универсальным питанием (от сети и от батарей) напряжение питания обычно не превышает 12 В. Между тем для некоторых электронных приборов, используемых в таких устройствах (например, вакуумных люминесцентных индикаторов), рабочее напряжение несколько выше — до 30 В. Для эффективного использования многих типов варикапов также желательно подавать на них управляющие напряжения до 20...30 В. Получить такие напряжения в конструкциях с низковольтным питанием можно с помощью преобразователя напряжения.

Схема одного из вариантов такого преобразователя приведена на рис. 4.15. Для получения высоковольтных импульсов он использует накопительный дроссель. На таймере DA1 собран генератор импульсов с частотой повторения около 40 кГц (она определяет-

ся сопротивлением резисторов R1, R2 и емкостью конденсатора C1). Эти импульсы поступают на транзистор VT1, работающий в режиме переключения. Когда он открыт, в катушке индуктивности L1 накапливается энергия за счет протекающего через VT1 тока. Когда транзистор закрывается, на катушке L1 возникает импульс напряжения, амплитуда которого в несколько раз превышает напряжение питания (в авторской конструкции она была около 80 В). Эти импульсы напряжения выпрямляются диодом VD1, а выпрямленное напряжение фильтруется, а затем стабилизируется стабилитроном VD2.

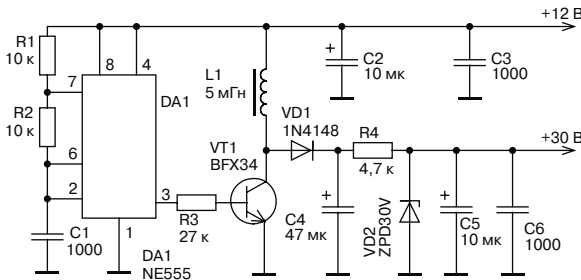


Рис. 4.15.

Транзистор VT1 желательно подобрать из числа предназначенных для использования в переключающих схемах. Он, в частности, должен иметь высокое допустимое напряжение коллектор-эмиттер (не ниже 100 В). Высокое обратное допустимое напряжение должен иметь и диод VD1.

Стабилитрон VD2 — малой мощности на требуемое выходное напряжение (в авторской конструкции — на 30 В). Таймер DA1 имеет аналог отечественного производства — КР1006ВИ1. Подробной информации о катушке индуктивности в первоисточнике нет. Отмечается лишь, что она выполнена на незамкнутом броневом магнитопроводе из материала с высокой начальной магнитной проницаемостью медным проводом диаметром 0,1 мм.

При налаживании конструкции может возникнуть необходимость подобрать резистор R3 по наибольшему выпрямленному напряжению. Подробное описание устройства приводится в [56].

4.13. Преобразователь напряжения на ИМС

Данный преобразователь был разработан для питания газонаполненных индикаторов типа ИН-1...ИН-16. Их обычно питают от сети переменного тока напряжением 220 В или в лучшем случае от отдельной обмотки трансформатора. В результате прибор оказывается «привязанным» к электросети и им нельзя пользоваться в полевых условиях.

Преобразователь напряжения позволяет получить от источника питания +5 В постоянное напряжение +200 В, достаточное по мощности для подключения шести индикаторов типа ИН-1. Основу преобразователя составляет мультивибратор на логической микросхеме К155ЛА13 с открытым коллектором и повышенной нагрузочной способностью. Элементы ИМС DD1.1, DD1.3 и DD1.2, DD1.4 (см. рис. 4.16) включены параллельно для увеличения выходной мощности преобразователя. Когда элемент DD1.1 (DD1.3) находится в состоянии логической 1, а элемент DD1.2 (DD1.4) — логического 0, конденсатор С1 заряжается через сопротивление половины первичной обмотки трансформатора Т1 и выходы первого и второго элементов.

Как только напряжение на входе DD1.1 (DD1.3) достигнет порогового значения, оба элемента переключаются в противоположные состояния и конденсатор С1 начнет разряжаться через выходную цепь DD1.2 (DD1.4), сопротивление другой половины первичной обмотки Т1 и выходную цепь первого элемента. Когда напряжение на входе DD1.1 (DD1.3) упадет до порогового, элементы вновь переключаются в противоположное состояние. В момент переключения элементов в трансформаторе возникают импульсы тока, повышающиеся во вторичной обмотке и поступающие на диодный мост VD1...VD4.

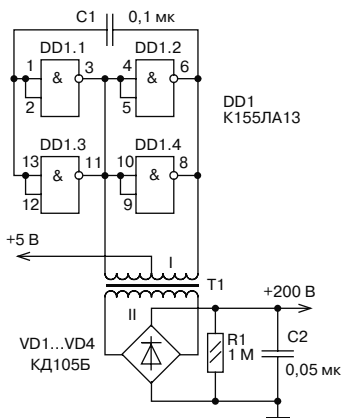


Рис. 4.16.

Трансформатор Т1 выполнен на броневом сердечнике Б30 из феррита марки 2000НМ. Обмотка I содержит 100 витков провода ПЭВ-0,16 с отводом от середины, обмотка II — 2800 витков ПЭВ-0,07. Преобразователь напряжения смонтирован на печатной плате (см. рис. 4.17) размером 32×95 мм из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Подробное описание преобразователя приводится в [57].

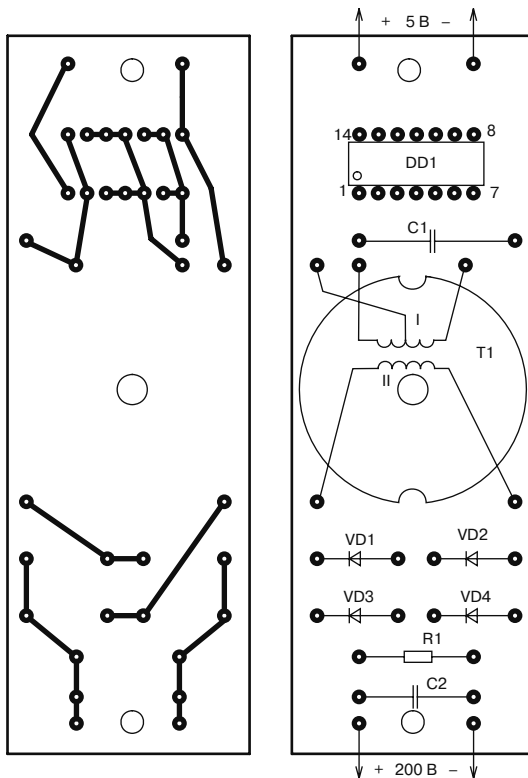


Рис. 4.17.

Схема состоит из автогенератора на транзисторе VT1, повышающего напряжение трансформатора T1 и интегрального стабилизатора DA1. При сборке преобразователя требуется соблюдать полярность подключения фаз обмоток трансформатора T1, указанную на схеме. На вторичной обмотке трансформатора напряжение после выпрямления должно быть 15...19 В, что необходимо для нормальной работы стабилизатора DA1. Для настройки преобразователя сначала вместо DA1 подключаем резистор 150 Ом. При нормальной работе схемы форма напряжения на обмотке III в трансформаторе T1 показана на рис. 4.19.

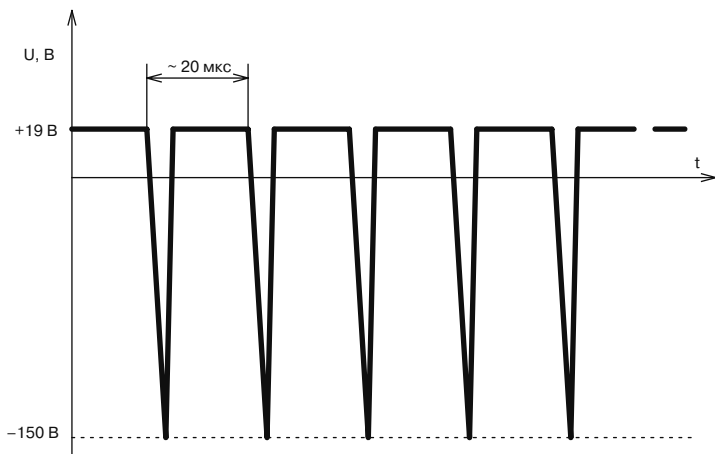


Рис. 4.19.

При настройке может потребоваться подбор конденсатора C3 и резистора R2. Трансформатор T1 выполняется на броневом сердечнике типоразмера Б22 из феррита 2000НМ (1500НМ) и содержит в обмотке I — 80 витков, II — 15 витков, III — 110 витков провода ПЭЛШО-0,18 (рис. 4.20). После проверки и настройки схемы катушку и ферритовые чашки следует закрепить клеем. Конденсаторы C2, C4, C5 применены типа К50-29-63В, C1 и C3 — любые малогабаритные, C6 — К53-1А. Все элементы схемы размещены на печатной плате размером 65×50 мм (рис. 4.21). Для уменьшения размера платы монтаж выполнен в двух уровнях — конденсаторы C4 и C5 расположены над элементами VT1 и DA1.

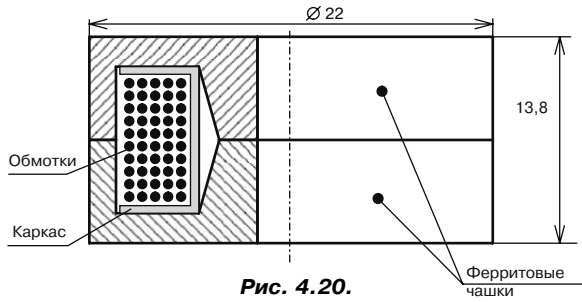


Рис. 4.20.

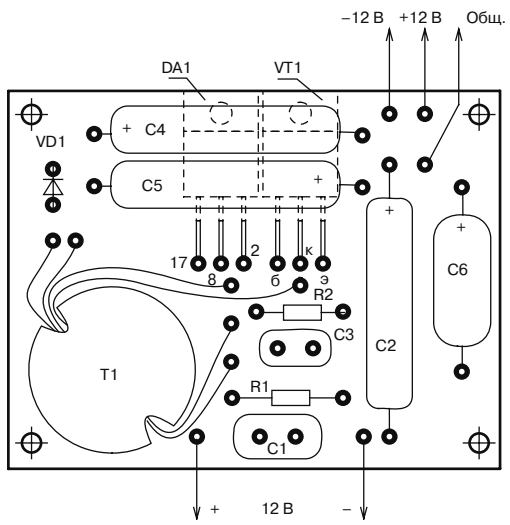
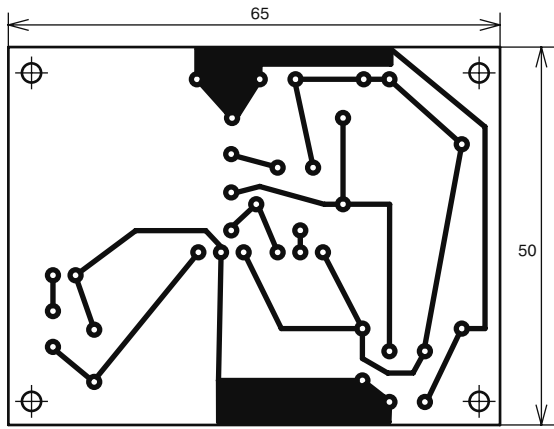


Рис. 4.21.

4.15. Квазирезонансный преобразователь

Описываемое устройство обеспечивает исключительно высокий КПД преобразования, допускает регулирование выходного напряжения и его стабилизацию, устойчиво работает при вариации мощности нагрузки. Интересен и незаслуженно мало распространен этот вид преобразователей — квазирезонансный, который в значительной мере избавлен от недостатков других популярных схем. Идея создания такого преобразователя не нова, но практическая реализация стала целесообразной сравнительно недавно, после появления мощных высоковольтных транзисторов, допускающих значительный импульсный ток коллектора при напряжении насыщения около 1,5 В. Главная отличительная особенность и основное преимущество этого вида источника питания — высокий КПД преобразователя напряжения, достигающий 97..98% без учета потерь на выпрямителе вторичной цепи, которые, в основном, определяет ток нагрузки.

От обычного импульсного преобразователя, у которого к моменту закрывания переключаемых транзисторов ток, протекающий через них, максимален, квазирезонансный отличается тем, что к моменту закрывания транзисторов их коллекторный ток близок к нулю. Причем уменьшение тока к моменту закрывания обеспечивают реактивные элементы устройства. От резонансного он отличается тем, что частота преобразования не определяется резонансной частотой коллекторной нагрузки. Благодаря этому можно регулировать выходное напряжение изменением частоты преобразования и реализовывать стабилизацию этого напряжения. Поскольку к моменту закрывания транзистора реактивные элементы снижают до минимума ток коллектора, базовый ток также будет минимальным и, следовательно, время закрывания транзистора уменьшается до значения времени его открывания. Таким образом, полностью снимается проблема сквозного тока, возникающего при переключении. На рис. 4.22 показана принципиальная схема автогенераторного нестабилизированного блока питания.

Основные технические характеристики:

Общий КПД блока, %	92;
Напряжение на выходе, В, при сопротивлении нагрузки 8 Ом	18;
Рабочая частота преобразователя, кГц	20;
Максимальная выходная мощность, Вт	55;

Максимальная амплитуда пульсации
выходного напряжения с рабочей частотой, В..... 1,5.

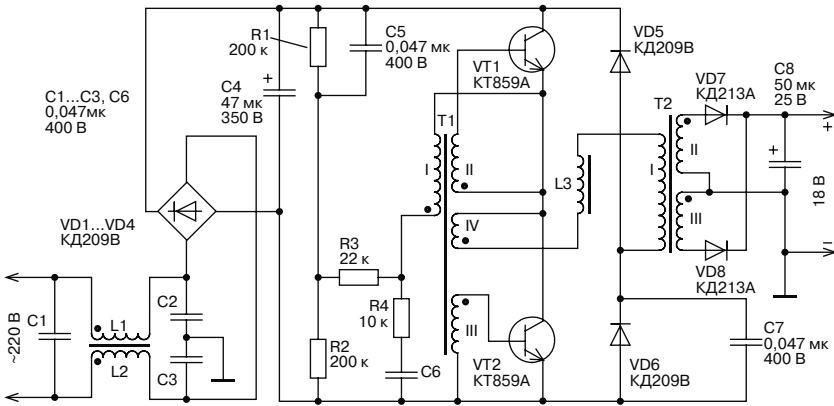


Рис. 4.22.

Основная доля потерь мощности в блоке падает на нагревание выпрямительных диодов вторичной цепи, а КПД самого преобразователя таков, что нет необходимости в теплоотводах для транзисторов. Мощность потерь на каждом из них не превышает 0,4 Вт. Специального отбора транзисторов по каким-либо параметрам также не требуется. При замыкании выхода или превышении максимальной выходной мощности генерация срывается, защищая транзисторы от перегрева и пробоя.

Фильтр, состоящий из конденсаторов C1...C3 и дросселя L1, L2, предназначен для защиты питающей сети от высокочастотных помех со стороны преобразователя. Запуск автогенератора обеспечивает цепь R4, C6 и конденсатор C5. Генерация колебаний происходит в результате действия положительной ОС через трансформатор T1, а частоту их определяют индуктивность первичной обмотки этого трансформатора и сопротивление резистора R3 (при увеличении сопротивления частота увеличивается).

Обмотка IV трансформатора T1 предназначена для пропорционально-токового управления трансформаторами. Легко видеть, что мощный разделительный трансформатор T2 и цепи управления переключаемыми транзисторами (трансформатор T1) разделены, что позволяет значительно ослабить влияние паразитной емкости

и индуктивности трансформатора Т2 на формирование базового тока транзисторов. Диоды VD5 и VD6 ограничивают напряжение на конденсаторе С7 в момент запуска преобразователя, пока конденсатор С8 заряжается до рабочего напряжения.

Дроссели L1, L2 и трансформатор Т1 наматывают на одинаковых кольцевых магнитопроводах К12×8×3 из феррита 2000НМ. Обмотки дросселя выполняют одновременно, «в два провода», проводом ПЭЛШО-0,25; число витков — 20. Обмотка I трансформатора Т1 содержит 200 витков провода ПЭВ-2-0,1, намотанных внавал, равномерно по всему кольцу. Обмотки II и III намотаны «в два провода» — 4 витка провода ПЭЛШО-0,25; обмотка IV представляет собой виток такого же провода. Для трансформатора Т2 использован кольцевой магнитопровод К28×16×9 из феррита 3000НН. Обмотка I содержит 130 витков провода ПЭЛШО-0,25, уложенных виток к витку. Обмотки II и III — по 25 витков провода ПЭЛШО-0,56; намотка — «в два провода», равномерно по кольцу.

Дроссель L3 содержит 20 витков провода ПЭЛШО-0,25, намотанных на двух, сложенных вместе кольцевых магнитопроводах К12×8×3 из феррита 2000НМ. Диоды VD7, VD8 необходимо установить на теплоотводы площадью рассеяния не менее 2 см² каждый. Описанное устройство было разработано для использования совместно с аналоговыми стабилизаторами на различные значения напряжения, поэтому потребности в глубоком подавлении пульсаций на выходе блока не возникало. Пульсации можно уменьшить до необходимого уровня, воспользовавшись обычными в таких случаях LC-фильтрами, как, например, в другом варианте этого преобразователя с такими **основными техническими характеристиками:**

Номинальное выходное напряжение, В	5;
Максимальный выходной ток, А.....	2;
Максимальная амплитуда пульсации, мВ	50;
Изменение выходного напряжения, мВ, не более, при изменении тока нагрузки от 0,5 до 2 А и напряжения сети от 190 до 250 В.....	150;
Максимальная частота преобразования, кГц.....	20.

Схема стабилизированного блока питания на основе квазирезонансного преобразователя представлена на рис. 4.23.

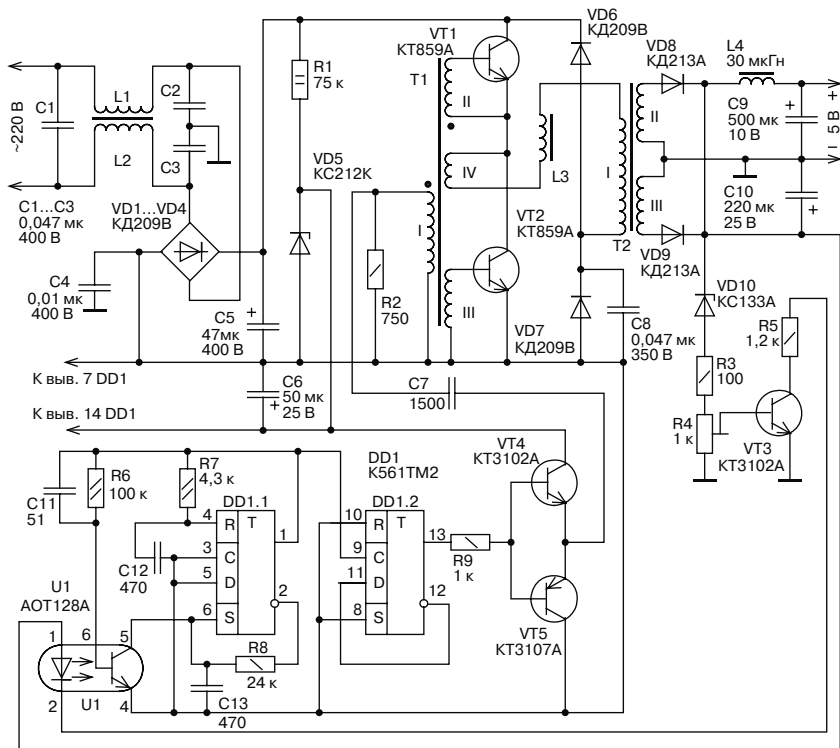


Рис. 4.23.

Выходное напряжение стабилизируется соответствующим изменением рабочей частоты преобразователя. Как и в предыдущем блоке, мощные транзисторы VT1 и VT2 в теплоотводах не нужны. Симметричное управление этими транзисторами реализовано с помощью отдельного задающего генератора импульсов, собранного на микросхеме DD1. Триггер DD1.1 работает в собственно генераторе.

Импульсы имеют постоянную длительность, заданную цепью R7, C12. Период же изменяется цепью ОС, в которую входит оптрон U1, так что напряжение на выходе блока поддерживается постоянным. Минимальный период задает цепь R8, C13. Триггер DD1.2 делит частоту следования этих импульсов на два, и напряжение

формы «меандр» подается с прямого выхода на транзисторный усилитель тока VT4, VT5. Далее усиленные по току управляющие импульсы дифференцирует цепь R2, C7, а затем, уже укороченные до длительности примерно 1 мкс, они поступают через трансформатор T1 в базовую цепь транзисторов VT1, VT2 преобразователя. Эти короткие импульсы служат лишь для переключения транзисторов — закрывания одного из них и открывания другого.

Базовый ток открытого управляющим импульсом транзистора поддерживает действие положительной ОС по току через обмотку IV трансформатора T1. Резистор R2 служит также для демпфирования паразитных колебаний, возникающих в момент закрывания выпрямительных диодов вторичной цепи, в контуре, образованном межвитковой емкостью первичной обмотки трансформатора T1, дросселем L3 и конденсатором C8. Эти паразитные колебания могут вызывать неуправляемое переключение транзисторов VT1, VT2. Описанный вариант управления преобразователем позволяет сохранить пропорционально-токовое управление транзисторами и, в то же время, регулировать частоту их переключения с целью стабилизации выходного напряжения.

Кроме того, основная мощность от генератора возбуждения потребляется только в моменты переключения мощных транзисторов, поэтому средний ток, потребляемый им, мал и не превышает 3 мА с учетом тока стабилитрона VD5. Это и позволяет питать его прямо от первичной сети через гасящий резистор R1. Транзистор VT3 является усилителем напряжения сигнала управления, как в компенсационном стабилизаторе. Коэффициент стабилизации выходного напряжения блока прямо пропорционален статическому коэффициенту передачи тока этого транзистора.

Применение транзисторного оптрона U1 обеспечивает надежную гальваническую развязку вторичной цепи от сети и высокую помехозащищенность по входу управления задающего генератора. После очередного переключения транзисторов VT1, VT2 начинает подзаряжаться конденсатор C10 и напряжение на базе транзистора VT3 начинает увеличиваться, коллекторный ток тоже увеличивается. В результате открывается транзистор оптрона, поддерживая в разряженном состоянии конденсатор C13 задающего генератора. После закрывания выпрямительных диодов VD8, VD9 конденсатор C10 начинает разряжаться на нагрузку и напряжение на нем падает. Транзистор VT3 закрывается, в результате чего начинается зарядка конденсатора C13 через резистор R8. Как

только конденсатор зарядится до напряжения переключения триггера DD1.1, на его прямом выходе установится высокий уровень напряжения. В этот момент происходит очередное переключение транзисторов VT1, VT2, а также разрядка конденсатора C13 через открывшийся транзистор оптрона.

Начинается очередной процесс подзарядки конденсатора C10, а триггер DD1.1 через 3...4 мкс снова вернется в нулевое состояние благодаря малой постоянной времени цепи R7, C12, после чего весь цикл управления повторяется, независимо от того, какой из транзисторов — VT1 или VT2 — открыт в текущий полупериод. При включении источника, в начальный момент, когда конденсатор C10 полностью разряжен, тока через светодиод оптрона нет, частота генерации максимальна и определена в основном постоянной времени цепи R8, C13 (постоянная времени цепи R7, C12 в несколько раз меньше). При указанных на схеме номиналах этих элементов эта частота будет около 40 кГц, а после ее деления триггером DD1.2 — 20 кГц. После зарядки конденсатора C10 до рабочего напряжения в работу вступает стабилизирующая петля ОС на элементах VD10, VT3, U1, после чего и частота преобразования уже будет зависеть от входного напряжения и тока нагрузки. Колебания напряжения на конденсаторе C10 сглаживает фильтр L4, C9. Дроссели L1, L2 и L3 — такие же, как в предыдущем блоке.

Трансформатор T1 выполнен на двух сложенных вместе кольцевых магнитопроводах K12×8×3 из феррита 2000НМ. Первичная обмотка намотана внавал равномерно по всему кольцу и содержит 320 витков провода ПЭВ-2-0,08. Обмотки II и III содержат по 40 витков провода ПЭЛШО-0,15; их наматывают «в два провода». Обмотка IV состоит из 8 витков провода ПЭЛШО-0,25. Трансформатор T2 выполнен на кольцевом магнитопроводе K28×16×9 из феррита 3000НН. Обмотка I — 120 витков провода ПЭЛШО-0,15, а II и III — по 6 витков провода ПЭЛШО-0,56, намотанных «в два провода». Вместо провода ПЭЛШО можно использовать провод ПЭВ-2 соответствующего диаметра, но при этом между обмотками необходимо прокладывать два-три слоя лакоткани.

Дроссель L4 содержит 25 витков провода ПЭВ-2-0,56, намотанных на кольцевой магнитопровод K12×6×4,5 из феррита 100НН1. Подойдет также любой готовый дроссель индуктивностью 30...60 мкГн на ток насыщения не менее 3 А и рабочую частоту

20 кГц. Все постоянные резисторы — МЛТ. Резистор R4 — подстроечный, любого типа. Конденсаторы C1...C4, C8 — К73-17, C5, C6, C9, C10 — К50-24, остальные — КМ-6. Стабилитрон КС212К можно заменить на КС212Ж или КС512А. Диоды VD8, VD9 необходимо установить на радиаторы площадью рассеяния не менее 20 см² каждый. КПД обоих блоков можно повысить, если вместо диодов КД213А использовать диоды Шоттки, например, любые из серии КД2997. В этом случае теплоотводы для диодов не потребуются. Подробное описание этих блоков можно найти в [59].

4.16. Преобразователь напряжения для радиоуправляемой модели

Бортовые источники питания радиоуправляемых моделей имеют, как правило, номинальное напряжение 4,5...12 В. Высококачественные электродвигатели на такое напряжение бывают в продаже довольно редко и по немалой цене. В то же время ассортимент доступных электродвигателей на напряжение 24...27 В достаточно широк, но для них невозможно найти малогабаритный источник питания, поэтому необходим преобразователь напряжения. Существенное преимущество использования электродвигателей на повышенное напряжение — уменьшенный потребляемый ток, что облегчает требования к транзисторам выходных каскадов сервоприводов рулевых машинок и регуляторов хода. Повышается КПД узлов управления двигателей, что экономит и без того ограниченные энергетические ресурсы, имеющиеся на борту модели. Описываемый преобразователь напряжения позволяет применять электродвигатели с номинальным напряжением 24...27 В совместно с аппаратурой радиоуправления. Для рулевых машинок моделей неплохо подходят, например, двигатели серии ДПР с полым ротором, имеющие малую инерционность при трогании с места и реверсировании. Как автономное устройство, данный преобразователь напряжения можно использовать и в других целях.

Схема устройства изображена на рис. 4.24. Это так называемый обратногоходный инвертор с широтно-импульсной стабилизацией выходного напряжения, отличающийся высоким КПД.

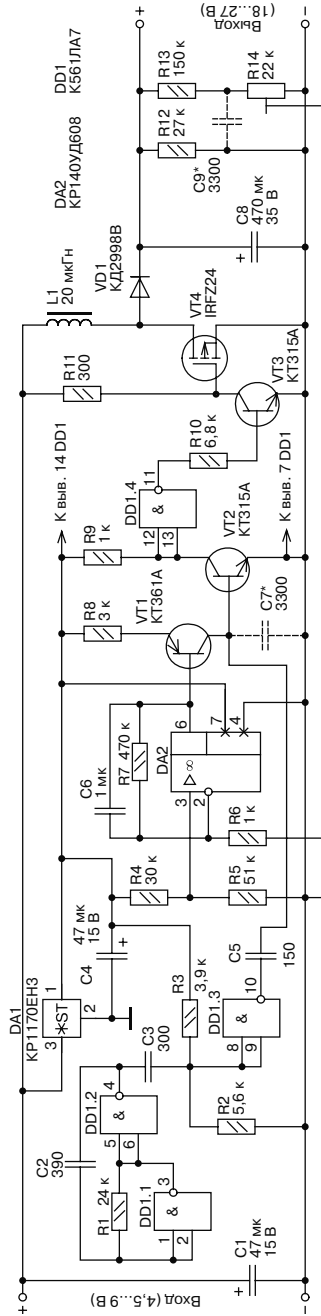


Рис. 4.24.

При входном напряжении 4,5...9 В стабилизированное выходное напряжение может быть установлено любым в пределах 18...27 В, изменяясь не более чем на 0,1 В при увеличении тока нагрузки от 1 до 500 мА. КПД преобразователя с полной нагрузкой — 85%. Задающий генератор на элементах DD1.1 и DD1.2 вырабатывает прямоугольные импульсы. На входы 8, 9 элемента DD1.3 они поступают продифференцированными цепью C3, R2, R3. Номиналы резисторов выбраны с таким расчетом, что постоянная составляющая напряжения в точке их соединения несколько превышает пороговый уровень, при котором элемент DD1.3 изменяет свое состояние.

Отрицательные выбросы, пересекая порог, формируют на выходе элемента DD1.3 (вывод 10) короткие положительные импульсы. Последние заряжают конденсатор C5 через малое прямое сопротивление участка база-эмиттер транзистора VT2. По окончании импульса левая (по схеме) обкладка конденсатора C5 оказывается соединенной с общим проводом, а напряжение, до которого зарядился конденсатор, — приложенным к базе транзистора VT2 в отрицательной полярности, закрывая его. Далее начинается перезарядка конденсатора C5 коллекторным током транзистора VT1. Скорость этого процесса зависит от напряжения на базе VT1.

Транзистор VT2 остается закрытым, пока напряжение на его базе не достигнет приблизительно 0,8 В. В результате длительность положительных импульсов на коллекторе VT2 и входах 12, 13 элемента DD1.4 зависит от режима работы транзистора VT1. Дважды проинвертированные элементом DD1.4 и транзистором VT3 импульсы открывают силовой ключ — полевой транзистор VT4. При открытом транзисторе VT4 ток в катушке индуктивности L1 нарастает по линейному закону.

После закрывания транзистора этот ток не прерывается, продолжает течь, спадая, через диод VD1 и заряжает накопительный конденсатор C8. Установившееся напряжение на этом конденсаторе превышает напряжение питания во столько раз, во сколько время накопления энергии в магнитном поле катушки L1 превышает время ее передачи в конденсатор C8.

Часть выходного напряжения с движка подстроечного резистора R14 поступает на инвертирующий вход усилителя постоянного тока DA2. На его неинвертирующий вход подано с резистивного делителя R4, R5 образцовое напряжение. Выходное напряжение

ОУ, пропорциональное разности образцового и входного (с учетом делителя R13, R14) напряжения, поступает на базу транзистора VT1 и управляет длительностью импульсов, открывающих транзистор VT4. Таким образом, образуется замкнутая цепь автоматического регулирования. Если выходное напряжение снизилось (например, в результате увеличения тока нагрузки), напряжение на инвертирующем входе ОУ уменьшится, а на его выходе — увеличится. В результате упадет эмиттерный ток транзистора VT1, протекающий через резистор R8, а вместе с ним — и коллекторный. Конденсатор C5 будет перезаряжаться медленнее. Длительность открытого состояния транзистора VT4 возрастет, выходное напряжение преобразователя увеличится.

Напряжение питания основных узлов преобразователя стабилизировано интегральным стабилизатором DA1.

Устройство собрано на односторонней печатной плате размерами 70×55 мм, показанной на рис. 4.25. Подстроечный резистор R14 — СПЗ-38Б или РП1-63М. Остальные пассивные элементы — любого типа, подходящие по параметрам и габаритам. В качестве микросхемы DD1, кроме К561ЛА7, можно использовать К561ТЛ1, другие микросхемы серии К561 при напряжении питания 3 В работают неустойчиво. По той же причине не следует заменять микросхему К140УД608 (DA2) другими ОУ. Транзисторы VT2, VT3 могут быть любыми из серии КТ315 или КТ3102, а VT1 — серий КТ361, КТ3107. КПД преобразователя заметно зависит от падений напряжения на диоде VD1 и на открытом транзисторе VT4. Поэтому, подбирая замены указанным транзистору и диоду, следует обращать особенное внимание на эти параметры, выбирая приборы, у которых они минимальны,

Напряжение отсечки полевого транзистора должно быть не более 4 В. Амплитудное значение коммутируемого им тока в рассматриваемом случае значительно больше тока нагрузки, поэтому транзистор следует выбирать с допустимым током стока не менее 6 А. Если под нагрузкой транзистор VT4 заметно нагревается, его необходимо снабдить теплоотводом, место для которого на плате предусмотрено. Диод VD1 должен быть рассчитан на прямой ток не менее 10 А. Указанный на схеме КД2996В можно заменить на КД213А. Катушка L1 индуктивностью 18...20 мкГн должна иметь малый магнитный поток рассеивания, поэтому для нее выбран броневой магнитопровод Б26 из феррита М1500НМ.

Обмотку из пяти витков жесткого изолированного провода диаметром 1,5...2 мм наматывают на оправке подходящего диаметра, сняв с оправки, защищают слоем изоляционной ленты и помещают в магнитопровод. Между его чашками необходим немагнитный зазор 0,2 мм. Изоляционную прокладку соответствующей толщины укладывают между центральными кернами. Это предотвращает поломку чашек при стягивании магнитопровода винтом.

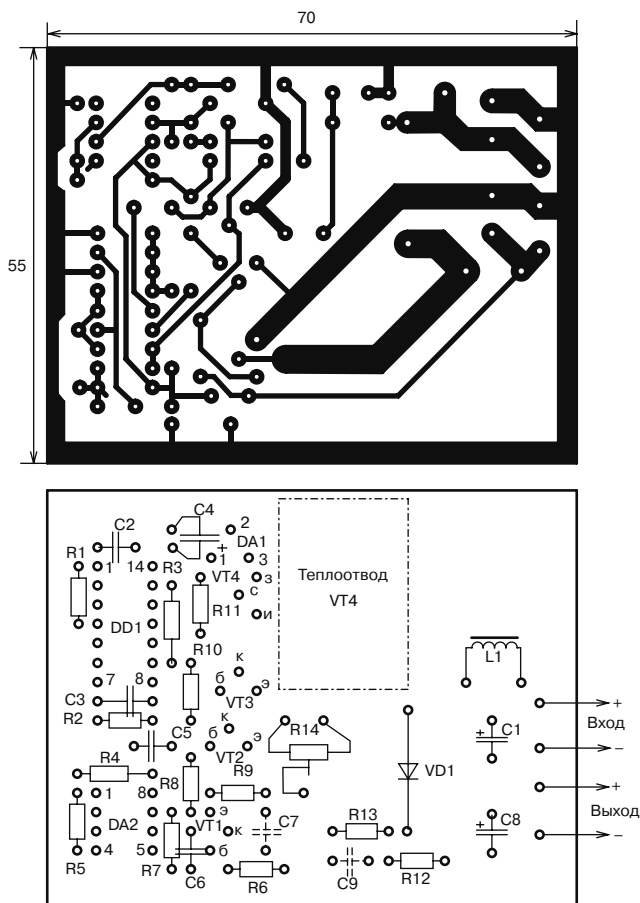


Рис. 4.25.

Чтобы уменьшить площадь платы, катушку L1 крепят к ней лежащей на боку. Выводы обмотки вставляют в соответствующие отверстия и припаивают к контактными площадкам. Конденсаторы C7 и C9 показаны на схеме штриховыми линиями. Обычно в них нет необходимости, но если транзистор VT4 сильно греется, установка этих конденсаторов может помочь. Их емкость подбирают опытным путем. Приступая к проверке собранного преобразователя, следует иметь в виду, что при выходном напряжении 27 В и токе нагрузки 0,5 А первичный источник питания напряжением 6 В должен быть рассчитан на ток не менее 2,5 А. Перед первым включением преобразователя движок подстроечного резистора R14 должен находиться в среднем положении, в дальнейшем с его помощью устанавливают необходимое выходное напряжение. Описание устройства приводится в [60].

4.17. Тринисторный преобразователь

Схема простого тринисторного преобразователя постоянного тока релаксационного типа изображена на рис. 4.26. В момент включения питания тринисторы V2 и V3 закрыты, а конденсаторы C1...C3 разряжены. Конденсаторы C2 и C3 начинают заряжаться, и в некоторый момент времени откроется один из тринисторов (какой именно — зависит, в первую очередь, от постоянных времени зарядки конденсаторов C2, C3). Предположим, что первым откроется тринистор V2. Через него потечет ток, определяемый сопротивлением обмотки Ia и током заряда конденсатора C1.

Конденсатор C2 разряжается через управляющий переход тринистора и резистор R4. После открывания тринистора V2 напряжение на аноде тринистора V3 резко уменьшается и по мере заряда конденсатора C1 начинает постепенно увеличиваться. Тем временем, конденсатор C3 продолжает заряжаться, и, наконец, наступает момент, когда откроется тринистор V3. Напряжение заряженного конденсатора C1 в обратной полярности будет приложено через малое прямое сопротивление открытого тринистора V3 к тринистору V2, и последний закроется.

Начинается новый цикл: конденсатор C1 снова заряжается, но уже через тринистор V3. При этом конденсатор C3 разряжается,

ры R3 и R8 и стабилитроны можно исключить из устройства. Устройство испытано с трансформатором Т1, собранным на магнитопроводе Ш20×30. Обмотка I содержит 2×160 витков провода ПЭВ-2-0,35, обмотка II, рассчитанная для питания нагрузки напряжением около 60 В, — 780 витков провода ПЭВ-2-0,25.

Дроссель содержит 350 витков провода ПЭВ-2-0,35, намотанного на таком же магнитопроводе. При этом рабочая частота генерации была равна 50 Гц. Выходная мощность около 10 Вт. Мощность преобразователя можно увеличить, заменив тринисторы серии КУ201 на КУ202. При активной нагрузке необходимость в дросселе L1 отпадает. Более подробное описание преобразователя приводится в [61].

4.18. Преобразователь полярности напряжения

Известно, что реализовать в полной мере возможности операционных усилителей можно только при питании их от двуполярного источника. Однако чаще всего в домашней лаборатории радиолюбителя имеется только однополярный источник. Для питания устройств с относительно небольшим числом ОУ (потребляющих ток до 100 мА) можно применить преобразователь, который позволяет сформировать двуполярное напряжение.

Преобразователь (рис. 4.27) состоит из генератора прямоугольных импульсов, выполненного на элементах DD1.1, DD1.2, формирователя на включенных параллельно (для увеличения нагрузочной способности генератора) инверторах DD1.3...DD1.6 и четырех ключей: двух — на транзисторах VT1, VT2 и VT3, VT4 и двух — на диодах VD2, VD3 и VD4, VD5. Транзисторные ключи по переменному току включены последовательно, сигналы на их входе противофазны.

Частота прямоугольных импульсов, поступающих с генератора, — около 10 кГц. Однако напряжение на конденсаторе C2 (а также и на конденсаторе C3) несколько ниже напряжения источника питания и зависит от тока нагрузки (чем он больше, тем больше потери на открытых транзисторе и диоде). Поэтому для выравнивания напряжения плеч введен резистор R8. Конденсаторы C4 и

С6 служат для устранения паразитного возбуждения генератора на высокой частоте. Цепь VD1, R3 позволяет приблизить скважность выходных импульсов генератора к значению, равному двум.

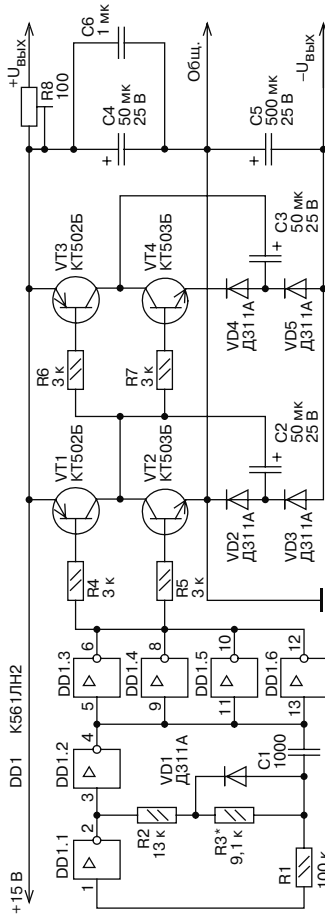


Рис. 4.27.

Без нагрузки преобразователь потребляет ток около 20 мА. Размах напряжения пульсаций на выходе преобразователя при токе нагрузки 100 мА — не более 5 мВ.

Выходное сопротивление преобразователя примерно равно 10 Ом. Если преобразователь будет работать при токе нагрузки до 50 мА, его можно существенно упростить, отказавшись от ключей VT3, VT4 и VD4, VD5 — устройство в этом случае становится одноконтурным. Однако нагрузочная способность такого преобразователя намного хуже, а размах пульсаций (при токе нагрузки 50 мА) достигает 25 мВ. Транзисторы для преобразователя могут иметь любой буквенный индекс, но желательно выбрать их с возможно большим статическим коэффициентом передачи тока базы.

Вместо КТ502Б можно применить транзисторы КТ313Б, а вместо КТ503Б — КТ603Б или КТ608Б. Следует заметить, что такая замена может повлечь уменьшение напряжения на выходе нижнего плеча преобразователя примерно на 0,3...0,7 В. Вместо Д311А подойдут диоды КД510А, КД522Б. Преобразователь описывается в [62].

4.19. Инвертор полярности напряжения

В процессе усовершенствования какого-либо готового устройства часто бывает необходимо ввести в него один-два операционных усилителя, что заставляет сразу же решать вопрос об их питании — ведь большинство распространенных ОУ нуждаются в двуполярном источнике питания. В подобных случаях выходом из положения может послужить так называемый инвертор полярности — устройство, выходное постоянное напряжение которого равно входному, но с обратной полярностью. Таким образом, имеющийся обычный источник питания вместе с инвертором полярности заменяют двуполярным.

Схема одного из вариантов инвертора полярности изображена на рис. 4.28. Особенностью устройства является использование в нем микросхемы К174УН7 (DA1) — усилителя мощности ЗЧ. Из-за сильной положительной обратной связи по переменному напряжению через конденсатор С2 микросхема работает в режиме генерации прямоугольных импульсов с частотой примерно 20 кГц. Амплитуда импульсов на выходе микросхемы — около 10 В. Эти импульсы поданы на вход умножителя напряжения, собранного

на диодах VD1...VD4 и конденсаторах C4...C7. Выходное напряжение умножителя стабилизирует параметрический стабилизатор R2, VD5 с усилителем тока на транзисторе VT1.

Инвертор обеспечивает выходной ток до 100 мА, при этом потребляемый ток равен примерно 200 мА. В таком режиме микросхема может работать без теплоотвода. При снижении входного напряжения инвертора до 10 В максимальный выходной ток уменьшается до 40 мА. Кроме указанных, в инверторе можно применить транзисторы КТ814Б...КТ814Г, КТ816А...КТ816Г; выпрямительные диоды КД510А, КД212А; стабилитроны КС512А, КС213Б, КС213Е. Конденсаторы — К50-6 или К50-16, К53-1 (C1, C4...C8), остальные — КЛС, КМ; резисторы — ВС, МЛТ.

При налаживании частоту генерации устанавливают в пределах 20...25 кГц подборкой конденсатора C2, а требуемое выходное напряжение — стабилитрона VD5. Печатная плата устройства представлена на рис. 4.29, подробное описание приводится в [63].

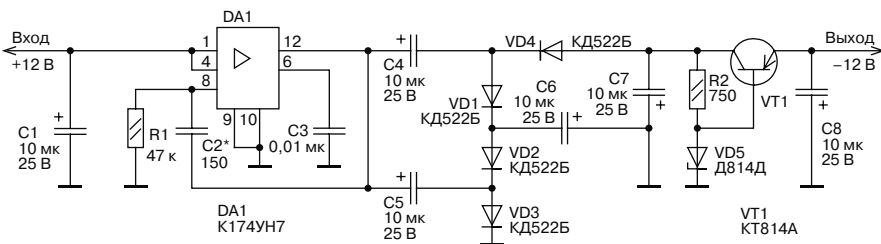


Рис. 4.28.

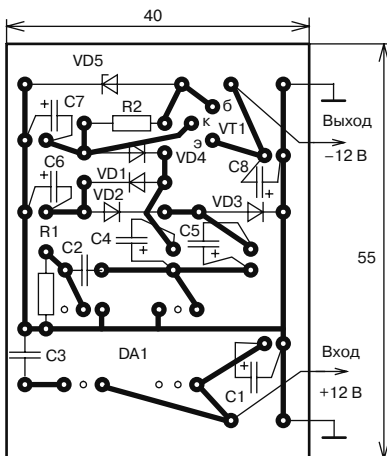


Рис. 4.29.

4.20. Бестрансформаторный преобразователь напряжения

На рис. 4.30 представлена принципиальная схема простого преобразователя напряжения, применяемого для питания газоразрядных индикаторов в цифровом измерительном приборе. С его помощью можно получить выходное напряжение в пределах 150...450 В при мощности около 1 Вт. КПД преобразователя составляет примерно 75%. Работает устройство следующим образом. Когда транзистор под действием тактовых импульсов, подаваемых на его базу, открыт, в катушке индуктивности накапливается энергия в виде магнитного поля.

При закрывании транзистора на коллекторе возникает импульс напряжения, пропорциональный скорости спада тока в катушке, который через диод VD1 передается на конденсатор C2. При частоте тактовых импульсов 1 кГц напряжение на выходе составляет 250 В (входное напряжение 28 В). Индуктивность катушки — 600 мкГн. В преобразователе напряжения можно использовать транзистор 2Т704Б. Конденсатор C2 должен иметь очень небольшой ток утечки. Диод VD1 должен выдерживать обратное напряжение не менее 600 В. Тактовые импульсы поступают с кварцевого генератора прибора через отдельный инвертор.

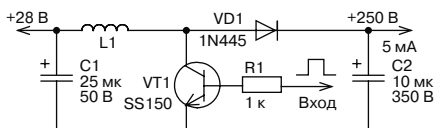


Рис. 4.30.

4.21. Высоковольтный преобразователь

Высоковольтные преобразователи напряжения находят широкое применение в современной аппаратуре, но наиболее трудоемким элементом подобных преобразователей является высоковольтный трансформатор, выходная обмотка которого должна содержать несколько тысяч витков. Из-за высоких потенциалов между витками и слоями этой обмотки требования к изоляции и качеству

изготовления катушек таких трансформаторов весьма жесткие. В описываемом ниже регулируемом высоковольтном преобразователе с выходным напряжением 8...16 кВ использован с небольшими переделками стандартный высоковольтный трансформатор, который применяется в блоке строчной развертки телевизоров.

Устройство (рис. 4.31) состоит из задающего генератора с самовозбуждением, усилителя мощности и выпрямителя. Задающий генератор (транзистор V8) представляет собой блокинг-генератор (длительность импульса — около 200 мкс, частота повторения — 1 кГц). Генератор питается от параметрического стабилизатора R3, R4, V6. С выходной обмотки трансформатора T2 сигнал поступает на усилитель мощности, собранный на транзисторе V1. В цепь коллектора транзистора включена обмотка II высоковольтного трансформатора T1.

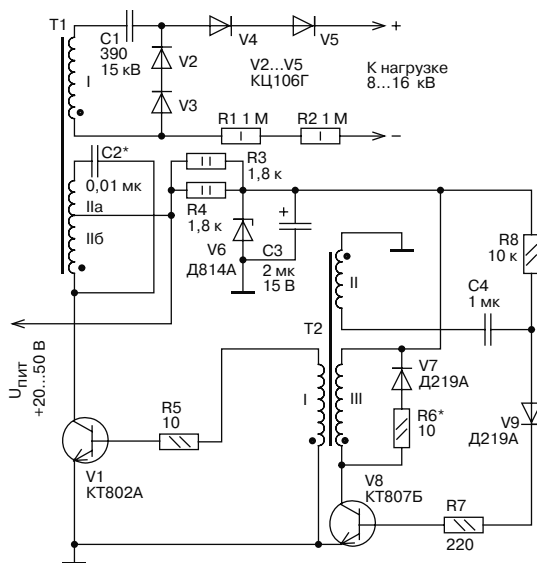


Рис. 4.31.

Высоковольтная обмотка I трансформатора питает выпрямитель — удвоитель напряжения. Резисторы R1 и R2 ограничивают импульс тока нагрузки при включении преобразователя, если она имеет емкостный характер. Выходное напряжение регулируют

изменением напряжения питания. Трансформатор Т1 — ТВС-110ЛА. С него срезают (не разбирая магнитопровода) анодную обмотку, и на ее место наматывают новую, состоящую из 18 витков провода ПЭВ-2-0,44 с отводом от 14-го витка. Высоковольтную обмотку оставляют неизменной. Трансформатор Т2 намотан на кольце типоразмера К20×12×6 из феррита М2000НМ1. Коллекторную обмотку III и обмотку обратной связи II наматывают первыми. Они содержат по 25, а выходная обмотка I — 15 витков провода ПЭВ-2-0,44.

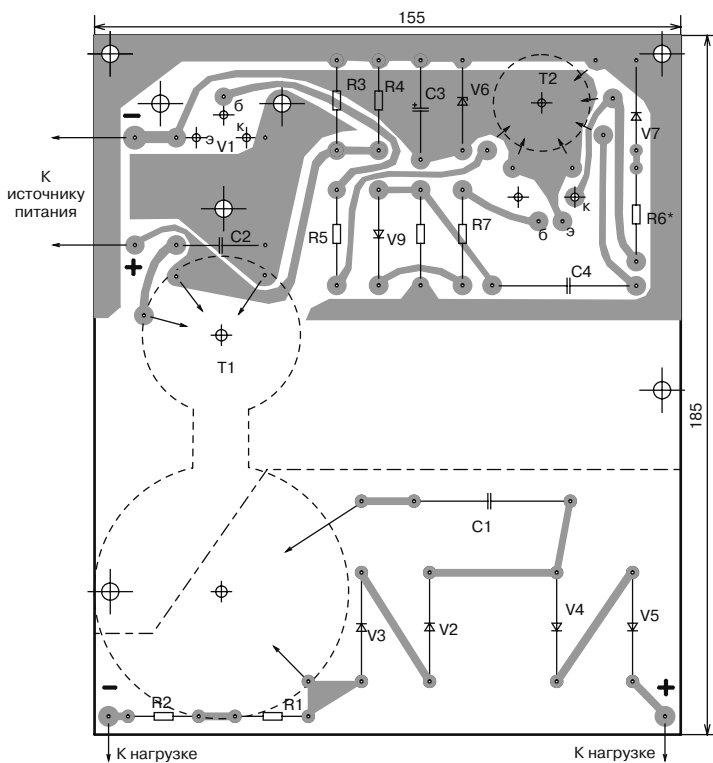


Рис. 4.32. (уменьшено)

Применение в качестве V1 достаточно мощного транзистора дало возможность установить его непосредственно на плате без радиатора. Для устранения возможности появления коронирующих разрядов детали высоковольтного выпрямителя должны быть

припаяны к плате очень аккуратно, без заусенцев и острых углов, и залиты с обеих сторон платы эпоксидной смолой или парафином слоем 2...3 мм. Резисторы R1 и R2 лучше всего использовать типа КЭВ. Если емкость нагрузки не превышает нескольких сотен пикофарад, эти резисторы могут быть исключены. Конденсатор C1 — ПОВ (или К15-4, КВИ). Зазор между платой и металлическими стенками футляра преобразователя должен быть не менее 20 мм. Налаживание преобразователя сводится к подбору резистора R6 в пределах 0...20 Ом по наилучшей устойчивости работы задающего генератора и подбору конденсатора C2 при максимальном напряжении на выходе устройства по минимуму тока. Печатная плата преобразователя представлена на рис. 4.32. Подробное описание преобразователя приводится в [64].

4.22. Преобразователь напряжения для электробритвы

Популярная электробритва «Эра» работает только на переменном токе, поэтому ею нельзя пользоваться в автомобиле. Устройство, описанное ниже, предназначено для питания этой электробритвы от автомобильной бортовой сети постоянным напряжением 12 В. Оно потребляет под нагрузкой ток около 2,5 А.

Преобразователь (рис. 4.33), содержит задающий генератор на частоту 100 Гц на триггере DD1.1, делитель частоты на 2 на триггере DD1.2, предварительный усилитель на транзисторах VT1, VT2 и усилитель мощности на транзисторах VT3, VT4, нагруженный трансформатором Т1. Задающий генератор обладает весьма высокой стабильностью частоты (не хуже 5% при изменении питающего напряжения от 6 до 15 В). Делитель частоты одновременно играет роль симметрирующей ступени, позволяя улучшить форму выходного напряжения преобразователя. Микросхема DD1 и транзисторы предварительного усилителя питаются через фильтр R9, C3, C4. Вторичная обмотка трансформатора Т1 с конденсатором C5 и нагрузкой образуют колебательный контур с резонансной частотой около 50 Гц. Микросхема K561TM2 может быть заменена на 564TM2. Вместо транзисторов КТ973Б (VT1 и VT2) можно использовать составной эмиттерный повторитель на транзисторах серий КТ361 и КТ502. Транзисторы КТ805АМ можно

Преобразователь состоит из задающего генератора, выполненного по схеме симметричного мультивибратора на транзисторах VT1, VT2 и усилителя мощности на транзисторах VT3...VT8. Он работает следующим образом. При подаче питания выключателем SA1 мультивибратор начинает генерировать симметричные импульсы (меандр). С коллекторов транзисторов мультивибратора импульсы через цепочки R5, C3 и R6, C4 поступают на транзисторы двухтактного усилителя мощности.

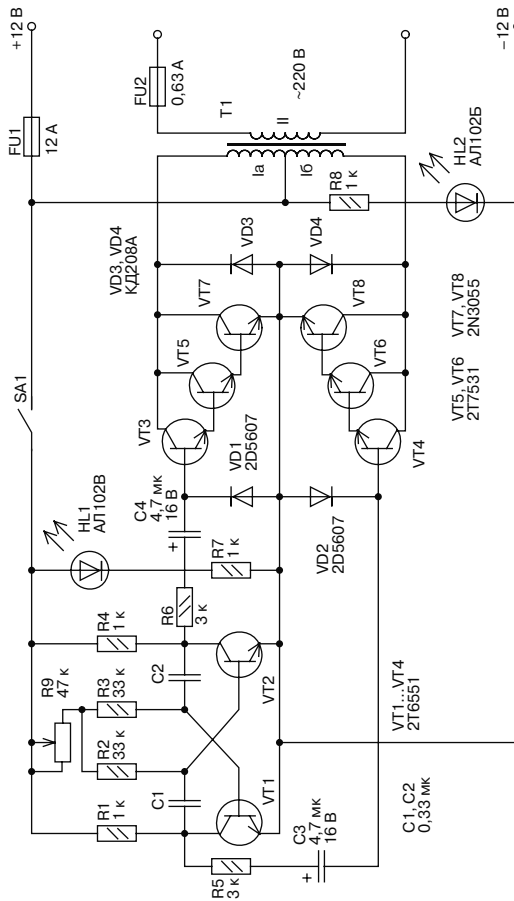


Рис. 4.34.

Когда на коллекторе транзистора VT1 высокий уровень напряжения, на коллекторе транзистора VT2 — низкий. В течение полупериода транзисторы VT4, VT6 и VT8 открыты — через них и обмотку трансформатора T1 протекает ток от источника питания 12 В. Транзисторы верхнего плеча усилителя мощности закрыты. В течение второго полупериода открыты транзисторы VT3, VT5 и VT7 — и ток протекает через соответствующую обмотку. Таким образом, на первичной обмотке трансформатора T1 формируется переменное напряжение прямоугольной формы с амплитудой, примерно равной напряжению источника. Переменный магнитный поток в магнитопроводе трансформатора индуцирует во вторичной обмотке напряжение, амплитуда которого зависит от соотношения витков вторичной и первичной обмоток. Диоды VD1 и VD2 служат для устранения импульсов отрицательной полярности, возникающих при работе задающего генератора в моменты переходных процессов. Диоды VD3 и VD4 защищают транзисторы выходной ступени усилителя мощности от напряжений обратной полярности, возникающих за счет самоиндукции.

Трансформатор T1 выполнен на магнитопроводе Ш36×36. Каждая из половин первичной обмотки имеет по 21 витку, намотанных проводом ПЭЛ-2,1, вторичная обмотка имеет 600 витков провода ПЭЛ-0,59. Вторичная обмотка при выполнении трансформатора укладывается первой, а поверх нее — первичная обмотка, которую для лучшей симметрии следует выполнять одновременно в два провода. При выполнении преобразователя транзисторы VT5 и VT7, VT6 и VT8 следует попарно расположить на теплоотводах. Теплоотводы должны быть изолированы друг от друга и от общей шины цепи питания. Для измерения тока потребления от источника постоянного тока (он не должен превышать 10 А) в разрыв провода, идущего от средней точки первичной обмотки трансформатора T1 к плавкой вставке FU1, желательно включить амперметр с током полного отклонения 10 А (на схеме не показан). Это облегчит визуальный контроль при работе с мощными потребителями.

Настройка преобразователя состоит в установке частоты задающего генератора переменным резистором R9. Для настройки следует подключить осциллограф или частотомер к коллектору одного из транзисторов мультивибратора и включить питание преобразователя. Регулировкой переменного резистора добиться частоты генерируемых колебаний 50 Гц. Смонтированное и отре-

гулированное устройство следует разместить в корпусе, на передней панели которого располагают клеммы для подключения внешнего источника тока (аккумулятора) и нагрузки, держатели плавких вставок, выключатель напряжения задающего генератора, светодиоды индикаторов рабочего состояния — красный (HL2), сигнализирующий подключение внешнего источника тока, и зеленый (HL1) — включение задающего генератора.

При изготовлении преобразователя допустимы следующие замены элементов: 2Т6551 — КТ601А, 2Т7531 — КТ801А, 2N3055 — КТ819ГМ, 2D5607 — Д226А. В качестве индикаторов можно применить светодиоды АЛ307В (зеленый) и АЛ307Б (красный). Подробное описание преобразователя приводится в [66].

4.24. Преобразователь 12 В в 220 В для походов

Для того, чтобы в дороге или на отдыхе можно было пользоваться обычной электроаппаратурой, рассчитанной на питание от сети переменного тока 220 В, радиолюбители собирают различные преобразователи напряжения. На рис. 4.35 представлена схема одного из таких устройств. Схема состоит из трех функциональных узлов: задающего мультивибратора, вырабатывающего импульсное напряжение частотой 50 Гц, с инвертором на выходе, двухтактного транзисторного ключевого усилителя мощности и повышающего трансформатора.

Мультивибратор выполнен на микросхеме D1, на элементах D1.1 и D1.2. Его частота зависит от номиналов R1 и C1. На выходе мультивибратора включен инвертор на D1.4, который создает противофазные сигналы, поступающие на базы транзисторов VT1 и VT2, затем следует двухтактный усилитель мощности на транзисторах VT3 и VT4, нагруженный на низковольтную обмотку силового трансформатора T1, в результате в этой обмотке протекает импульсный ток. На выходе трансформатора формируется высокое напряжение, по форме близкое к синусоидальному. Контур, состоящий из повышающей обмотки этого трансформатора и конденсатора C4, настроен на частоту 50 Гц, что дополнительно повышает синусоидальность выходного напряжения. Вместо мик-

росхемы К561ЛН2 можно использовать любые инверторы из серии К561, например, микросхему К561ЛА7 или К561ЛЕ5, входы каждого из элементов которых соединены вместе (так, чтобы из элемента И-НЕ или ИЛИ-НЕ получился простой инвертор).

Транзисторы КТ973 — с любым буквенным индексом, транзисторы КТ805 можно заменить на КТ819, тоже с любыми буквенными индексами, в качестве повышающего трансформатора годится любой сетевой трансформатор на мощность 50...100 Вт, первичная обмотка которого рассчитана на 220 В, а две вторичных на 10...15 В каждая (или одна с отводом посередине на 20...30 В). Трансформатор включается наоборот, низковольтная обмотка — это обмотка «I», а высоковольтная — «II». Транзисторы VT4 и VT3 должны быть установлены на радиаторы, обеспечивающие надежный теплоотвод. Подробнее эта конструкция описывается в [67].

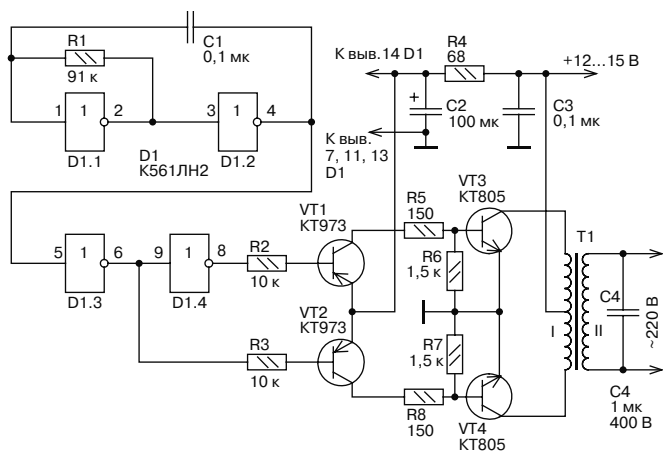


Рис. 4.35.

4.25. Преобразователь напряжения для автомобиля

Для автотуриста, особенно на длительном привале, единственным источником электроэнергии служит аккумуляторная батарея автомобиля. Поэтому, естественно, и все походные осветительные

и нагревательные приборы питаются от нее. А если в дороге понадобятся приборы, рассчитанные на напряжения 36, 127 или 220 В? Ничего страшного. Выручит преобразователь напряжения, схема которого показана на рис. 4.36.

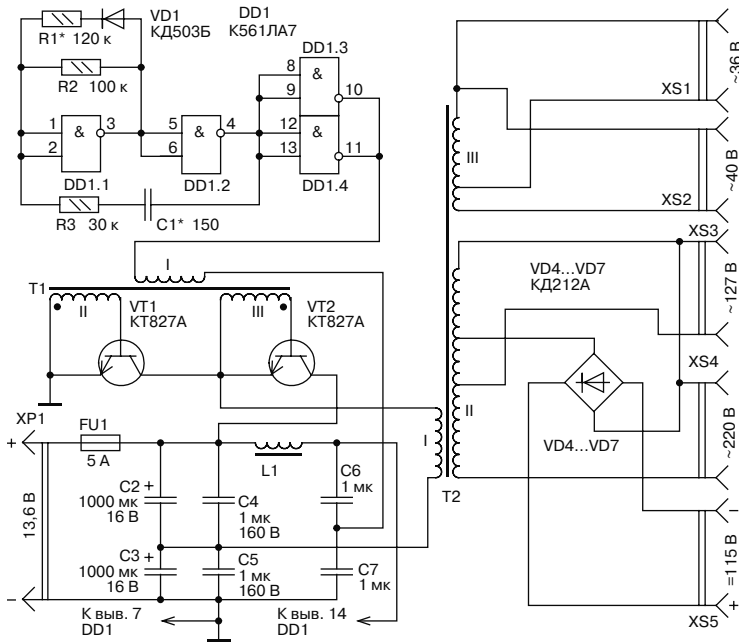


Рис. 4.36.

Описываемое устройство позволяет питать электропаяльник на напряжение 36 В, электробритву и другие приборы. Максимальная мощность нагрузки преобразователя — 40 Вт, при этом ток, потребляемый от аккумуляторной батареи, составляет примерно 4 А. Вилкой XP1 преобразователь подключают к прикуривателю или розетке, соединенной с аккумуляторной батареей автомобиля. С целью уменьшения габаритов конструкции преобразователя частота задающего генератора, собранного на элементах DD1.1 и DD1.2, выбрана около 25 кГц.

Элементы DD1.3 и DD1.4 образуют буферный каскад, нагрузкой которого служит обмотка I согласующего трансформатора T1. Импульсы напряжения на обмотках II и III трансформатора управляют мощными ключевыми транзисторами VT1, VT2. При этом ток в первичной обмотке трансформатора T2 преобразователя достигает в импульсе 8 А, что обеспечивает требуемую мощность на его вторичных обмотках. Напряжение питания на элементы задающего генератора и буферного каскада поступает через развязывающий фильтр L1, C4...C7.

Чтобы генератор вырабатывал сигнал симметричной формы — меандр, необходимый для управления транзисторными ключами, в него введена цепочка R1, VD1, выравнивающая длительность зарядки и разрядки конденсатора C1. Обмотка III трансформатора T2 рассчитана на подключение к ней (через разъемы XS1, XS2) приборов на напряжение 36...40 В. Отводом обмотки можно изменять мощность, потребляемую нагрузкой, например, подбирать температуру нагрева жала электропаяльника. Обмотка II этого трансформатора предназначена для питания приборов, рассчитанных на переменные напряжения 127 и 220 В. Часть напряжения, снимаемого с верхней по схеме секции обмотки, выпрямляется диодами VD4...VD7, включенными по схеме моста. В результате на разъеме XS5 действует постоянное напряжение 115 В — для питания электробритвы с коллекторным электродвигателем. Впрочем, это напряжение может иметь другое значение — в зависимости от конкретной модели электробритвы.

Цепи преобразователя, по которым течет большой ток, следует выполнять проводом диаметром не менее 2 мм возможно минимальной длины. Это требование относится и к проводам, соединяющим преобразователь с аккумуляторной батареей.

Микросхема DD1 преобразователя может быть K561ЛЕ5, диод VD1 — любой высокочастотный малогабаритный, транзисторы VT1 и VT2 — КТ827 с буквенными индексами Б, В. Индуктивность дросселя L1 может быть 10...200 мкГн. Трансформатор T1 выполнен на кольце типоразмера K20×12×6 из феррита 2000НМ. Обмотка I содержит 120 витков, а обмотки II и III — по 45 витков провода ПЭВ-2-0,2. Магнитопроводом трансформатора T2 служат два склеенных вместе кольца типоразмера K32×20×9 из феррита 2000НМ. Его обмотка I содержит 4,5 витка провода ПЭВ-2-2,0,

обмотка II — 88 витков провода ПЭВ-2-0,4 (от воды от 36 до 50-го витков, считая от начала), обмотка III — 16 витков провода ПЭВ-2-1,0 (отвод от 14-го витка). Перед намоткой провода острые грани колец надо сгладить надфилем, после чего обмотать магнитопровод лакотканью или изоляционной лентой.

Налаживание преобразователя напряжения заключается в следующем. Сначала подбором резистора R1 добиваются на выходе буферного каскада импульсного сигнала, близкого по форме к меандру. Затем, в случае необходимости, подбором конденсатора C1 устанавливают частоту задающего генератора, равную 25...27 кГц. Ток, потребляемый преобразователем без нагрузки, должен составлять примерно 500 мА. Аналогичный преобразователь можно приспособить для мотоцикла. Для нагрузок, рассчитанных на другие напряжения, нужно лишь пересчитать данные трансформатора T2. Описание устройства приводится в [68].

4.26. Несложный преобразователь 12 В — 220 В

Многие радиолюбители изготавливают преобразователи напряжения, в основном, это трансформаторные схемы со средней точкой. Предлагаемая схема (рис. 4.37.а) в некоторых случаях даже не требует изготовления трансформатора. Можно использовать готовый 12-вольтовый, и если ток холостого хода низковольтной обмотки меньше 1,5 А, и вы готовы примириться с невысоким КПД, то используйте его.

Если у вас есть два таких трансформатора, то, соединив их, как показано на рис. 4.37.б, можно получить маленький ток холостого хода и более высокий КПД. Четыре выходных транзистора ставятся на небольшие радиаторы. L1 наматывают проводом 0,5 мм на высокоомный резистор — чем больше витков поместится, тем лучше.

Резистором R1 устанавливается частота преобразования 50 Гц. В представленном виде схема может работать на мощность до 150 Вт, после небольших переделок мощность можно увеличить. Подробнее эта схема описывается в [69].

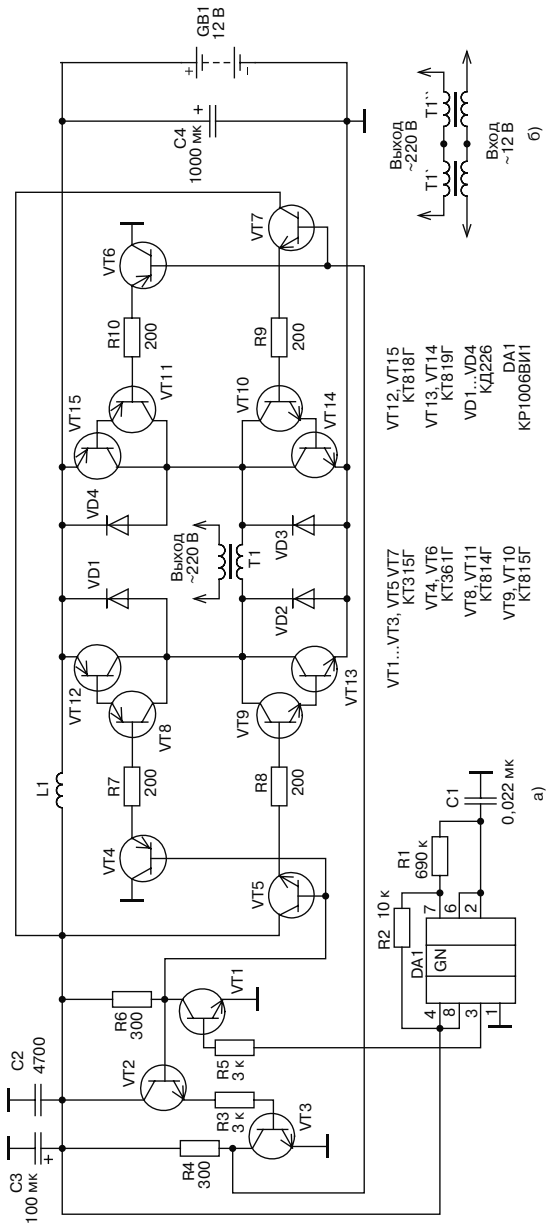


Рис. 4.37.

4.27. Преобразователь 12 В — 220 В на полевых транзисторах

Применение мощных полевых транзисторов позволяет существенно упростить схему и повысить КПД преобразователя. Схема такого варианта преобразователя приведена на рис. 4.38. На элементах DD1.1, DD1.2 собран задающий генератор с частотой 500 Гц. Делитель на DD2 формирует две импульсные последовательности частотой 50 Гц со сдвинутыми на 180° фазами для управления силовыми ключами VT1 и VT2 двухтактного преобразователя.

Чтобы избежать сквозных токов переключения, между выключением одного ключа и включением другого существует «мертвая зона», равная 10% длительности периода. При подаче высокого уровня (логической «1») на вход «Блокировка» оба выходных ключа запираются. Выходная мощность преобразователя ограничена мощностью силового трансформатора Т1 и максимальным допустимым током выходных транзисторов. Коэффициент трансформации силового трансформатора $K_T = 20$.

В качестве выходных транзисторов подойдут IRFZ034 (15 А), IRFZ044 и RG723A (30 А), IRFZ046 (50 А), IRFP064 (100 А).

Для надежности устройства рекомендуется иметь двойной запас по току и тройной — по напряжению. Силовые цепи должны быть по возможности короче и выполнены проводами соответствующего сечения. Полное описание преобразователя приводится в [70].

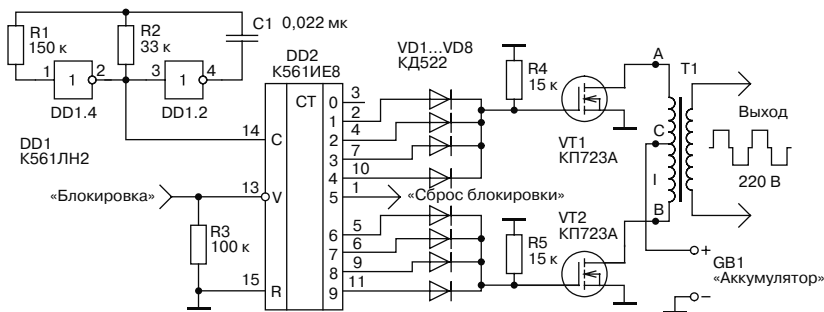


Рис. 4.38.

4.28. Двухтактный преобразователь напряжения на полевых транзисторах

Более удачная схема двухтактного преобразователя с полевыми транзисторами, выполненная с использованием специализированного ШИМ-контроллера 1114ЕУ4, приведена на рис. 4.39. При указанных на схеме номиналах частота преобразования около 20 кГц. В нормальном состоянии транзисторы VT1 и VT2 закрыты и открываются импульсами, поступающими с выхода микросхемы. Цепь C1, R2 обеспечивает плавный выход на рабочий режим. Делители напряжения на резисторах R7, R9 и R8, R10 ограничивают выходной ток микросхемы, а также величину напряжения на затворах ключей. Диод VD1 защищает схему при ошибочном подключении полярности источника питания.

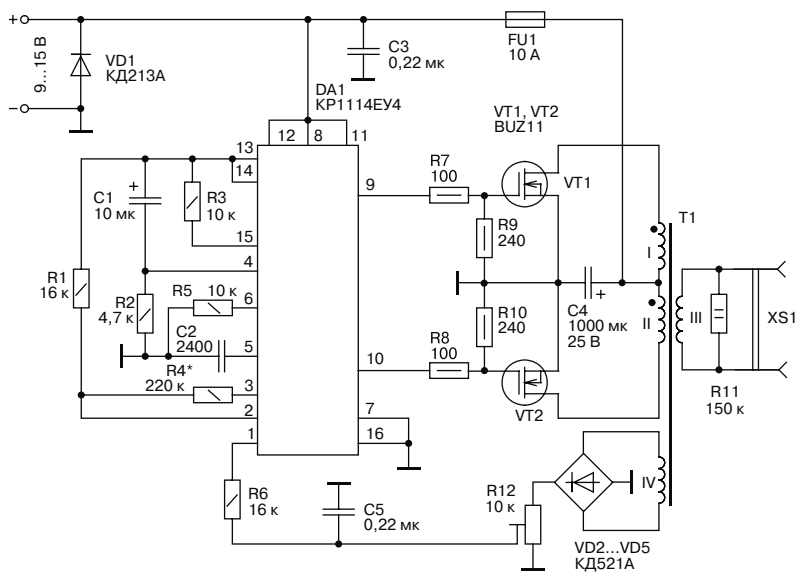


Рис. 4.39.

Схема устойчиво работает с нагрузками до 100 Вт, единственное условие — транзисторы VT1, VT2 должны быть установлены на радиаторы. КПД подобных схем при тщательном изготовлении

трансформатора достигает 90%. При использовании в схеме современных полевых транзисторов с изолированным затвором можно существенно уменьшить габариты конструкции.

Трансформатор Т1 выполнен на двух сложенных вместе кольцевых сердечниках из феррита марки М2000НМ типоразмера К32×20×6. Первичная обмотка содержит 2×8 витков проводом ПЭЛ диаметром 0,8 мм. Вторичная обмотка для получения напряжения 220 В — 300 витков проводом ПЭЛ диаметром 0,25 мм. Обмотка обратной связи — 10 витков проводом ПЭЛШО диаметром 0,25 мм. Описание этого устройства приведено в [71].

4.29. Мощный тиристорный преобразователь

Описываемое устройство предназначено для преобразования постоянного напряжения 12 В в переменное от 200 до 500 В и может отдать в нагрузку мощность до 500 Вт. Схема преобразователя представлена на рис. 4.40. Частота выходного переменного напряжения определяется частотой импульсов автогенератора, выполненного на транзисторах VT1 и VT2. Этими импульсами через трансформатор Т1 управляются тиристорные ключи VD1 и VD2, которые попеременно подключают к источнику постоянного напряжения то одну, то другую половины первичной обмотки трансформатора Т2. К выводам 4-5 трансформатора Т2 подключается нагрузка. Качество работы преобразователя напряжения во многом зависит от правильного подбора емкости конденсатора С4. Конденсатор подобран правильно, если при колебаниях питающего напряжения в пределах $\pm 10\%$ обеспечено четкое попеременное закрывание ключей.

Применение разделительных конденсаторов С2 и С3 повышает стабильность работы преобразователя. Резистор R3 предохраняет источник питания от короткого замыкания в моменты переключения ключей. Частота выходного напряжения устройства при указанных данных равна 200 Гц. Если предусмотреть возможность изменения частоты автогенератора (например, вместо автогенератора собрать регулируемый по частоте мультивибратор с усилителем мощности), то на выходе преобразователя можно получить

напряжение с частотой 50...400 Гц, что позволит использовать его для плавного регулирования скорости вращения синхронных электродвигателей мощностью до 500 Вт.

Изменяя соответствующим образом число витков вторичной обмотки трансформатора Т2, можно получить на выходе преобразователя напряжения различной величины. Трансформатор Т1 намотан на сердечнике Ш16×10 и имеет обмотки: I — 2×40 витков ПЭВ-2-0,8, II — 2×10 витков ПЭВ-2-0,2 и III — 2×20 витков ПЭВ-2-0,2. Трансформатор Т2 намотан на сердечнике Ш50×60 и имеет обмотки: I — 2×40 витков ПЭВ-2-3,0 и II — 800 витков ПЭВ-2-0,92. При таких данных выходное напряжение преобразователя составляет 400 В. Описание преобразователя приводится в [71].

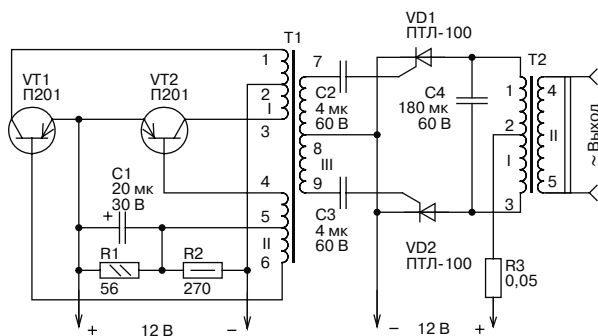


Рис. 4.40.

Примечание редактора

Лавинные тиристоры ПТЛ-100 относятся к достаточно редким приборам, но в данной схеме допускается применение и более распространенных типов мощных тиристоров. Эти тиристоры также должны быть рассчитаны на коммутацию токов не менее 100 А.

В качестве замены можно предложить такие тиристоры на ток 100 А: Т151-100 или более старый Т100 (оба этих тиристора не относятся к классу лавинных), а вот из лавинных тиристоров доступны только более мощные. Это ТЛ171-250, ТЛ171-320 или ТЛ2-160, ТЛ2-200, ТЛ2-250. Есть еще высокочастотные тиристоры, в том числе и на 100 А, например, ТБ161-100, ТЧ100, ТЧИ100. Все эти мощные тиристоры, невзирая на их название, могут работать на частотах до 500 Гц.

4.30. Источник питания для часов на БИС

Как известно, электронные часы с сетевым питанием подвержены сбоям даже при кратковременном пропадании питающего напряжения и для безотказной работы требуют резервирования питания. Ниже описан сетевой источник бесперебойного питания для электронных часов на БИС К145ИК1901 и микросхемах серии К176. В отличие от других подобных устройств, он содержит меньшее число элементов, имеет более высокий КПД преобразователя напряжения, обеспечивает автоматическую подзарядку резервной аккумуляторной батареи до номинального напряжения и защиту ее от глубокой разрядки.

Основные технические характеристики блока питания:

Напряжение сети, В	220;
Напряжение резервной аккумуляторной батареи, В	9;
Выходное напряжение преобразователя, В:	
максимальное	27;
минимальное	20;
Ток от резервной аккумуляторной батареи, мА, не более, через выходы БИС	
1 и 48, одновременно	12,5;
только 48	8,5;
Ток от батареи при неработающей БИС, мкА	6;
КПД преобразователя напряжения, %	85.

Принципиальная схема источника питания показана на рис. 4.41. Устройство состоит из выпрямителя со стабилизатором напряжения, резервной аккумуляторной батареи 7Д-0,1 и преобразователя напряжения. На элементах VT3, VD13...VD15, R3 выполнен стабилизатор с выходным напряжением 27 В, который служит для питания БИС в обычном режиме. Стабилизатор напряжения VT4, VD15 служит для питания микросхем КМОП и подзарядки аккумуляторной батареи GB1.

Такое включение обеспечивает ее автоматическую подзарядку, поддержание в постоянно заряженном состоянии и резервирование питания часов. Зарядный ток батареи ограничен резистором R4. Для резервирования питания БИС использован преобразователь напряжения на элементах VT1, VT2, VD3...VD8, C1...C6. Его особенность — отсутствие в нем автогенератора. Для возбуждения используют импульсы, снимаемые с выходов Ф1, Ф3 (выводы 2, 3) БИС. При нормальной работе БИС на этих выходах постоянно

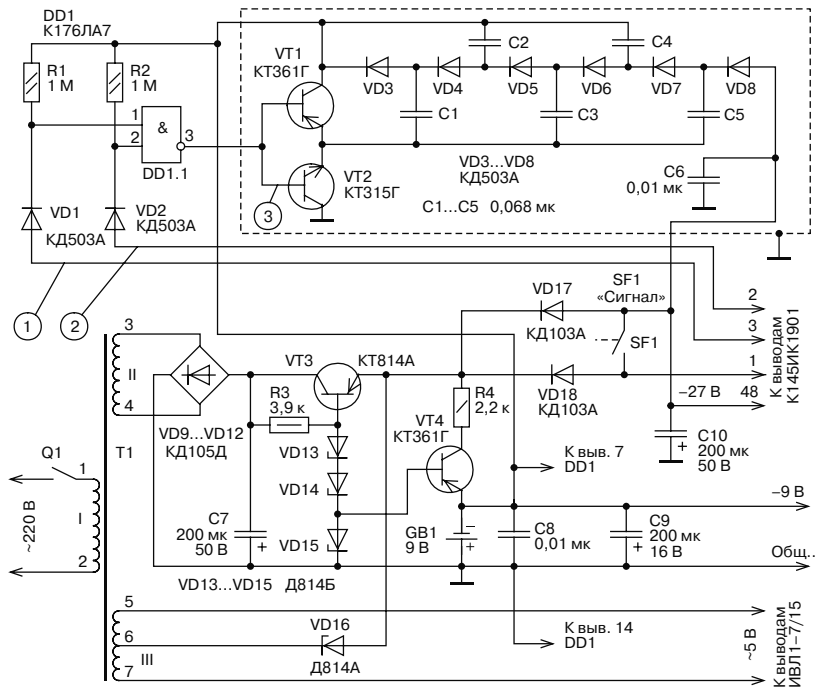


Рис. 4.41.

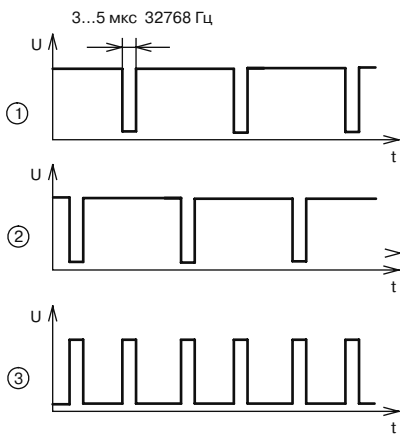


Рис. 4.42.

присутствуют сдвинутые по фазе на 180° импульсы отрицательной полярности, с амплитудой, близкой к напряжению питания микросхем КМОП (рис. 4.42).

Эти импульсы через элементы сопряжения VD1, VD2, R1, R2 поступают на вход логического элемента DD1.1, который преобразует их в последовательность положительных импульсов с удвоенной частотой. Через эмиттерные повторители (VT1, VT2) она подведена к умножителю напряжения (VD3...VD8, C1...C6), формирующему резервное напряжение 27 В. При такой структуре преобразователя удалось получить более высокий КПД, а главное — исключить глубокую разрядку аккумуляторной батареи при длительной работе часов в резервном режиме. Дело в том, что в резервном режиме работы часов, когда их питают от аккумуляторной батареи, по мере ее разрядки падает напряжение на выходе преобразователя. Для сохранения работоспособности БИС достаточно резервировать питание только ее цифровой части (вывод 48). В этом случае потребление тока от свежезаряженной аккумуляторной батареи будет около 8,5 мА. Более подробно источник питания описывается в [72].

4.31. Импульсный преобразователь с 12 В на 220 В 50 Гц

Иногда, при отсутствии сетевой проводки, возникает необходимость питать бытовые электроприборы от бортовой сети автомобиля. В литературе описано немало простейших преобразователей с 12 на 220 В, но работающих на повышенной частоте питающего напряжения. Для осветительной лампы или электронной удочки это еще допустимо, но не все бытовые приборы, рассчитанные на частоту сети 50 Гц, могут работать на более высоких частотах.

Кроме того, многие из опубликованных схем не имеют защиты от перегрузки на выходе. К данному преобразователю могут подключаться любые бытовые приборы мощностью до 100 Вт (при использовании более мощного трансформатора ее можно увеличить). Предложенная схема преобразователя (рис. 4.43) работает на частоте 50 Гц и имеет защиту от перегрузки по току. Кроме того, данный преобразователь дает на выходе форму сигнала, более

приближенную к синусоиде, что снижает уровень высокочастотных гармоник (помех). Устройство собрано на специально предназначенной для импульсных источников питания микросхеме 1114EУ4 (импортный аналог TL494CN). Это позволяет уменьшить число применяемых деталей и сделать схему довольно простой.

Внутри микросхемы имеется автогенератор со схемой для получения выходных импульсов с широтно-импульсной модуляцией, а также ряд дополнительных узлов, обеспечивающих ее расширенные возможности. Выходные ключи микросхемы рассчитаны на ток не более 200 мА, и, чтобы управлять большей мощностью, выходные импульсы поступают на базы ключевых транзисторов VT1, VT2. Диод VD1 предотвращает повреждение схемы при ошибочной полярности подключения питания (перегорит только входной предохранитель FU1). Защита по току на 1 А устанавливается резистором R10. Это позволяет предотвратить повреждение преобразователя в случае перегрузки или короткого замыкания по выходу, так как схема начинает снижать выходное напряжение, переходя в режим стабилизации тока. Преобразователь не имеет обратной связи по выходному напряжению, так как опыт практической эксплуатации показывает, что оно незначительно меняется при изменении мощности подключенной нагрузки и не выходит за рамки допустимого диапазона 190...240 В.

Налаживание устройства начинается при отключенном трансформаторе с установки частоты задающего генератора 100 Гц с помощью времязадающей цепи из резистора R1 и конденсатора C4. Так как микросхема имеет двухтактный выход, выходная частота равна половине частоты автогенератора (50 Гц на выходах 8 и 11).

Резистором R7 настраивается форма выходных импульсов микросхемы в соответствии с диаграммой, приведенной на рис. 4.44. После этого подключается трансформатор, и при напряжении питания схемы от 12-вольтового источника резистором R7 выставляется номинальное напряжение во вторичной цепи 220 В (измерять стрелочным измерительным прибором). Это делается при подключенной нагрузке мощностью 25...60 Вт. Цепь из резистора R12 и конденсатора C9 может потребовать подбора номиналов, для того чтобы убрать выбросы в трансформаторе по фронтам сигнала в момент переходных процессов при коммутации тока.

Преобразователь потребляет на холостом ходу не более 1 А, а с нагрузкой — ток увеличивается пропорционально мощности.

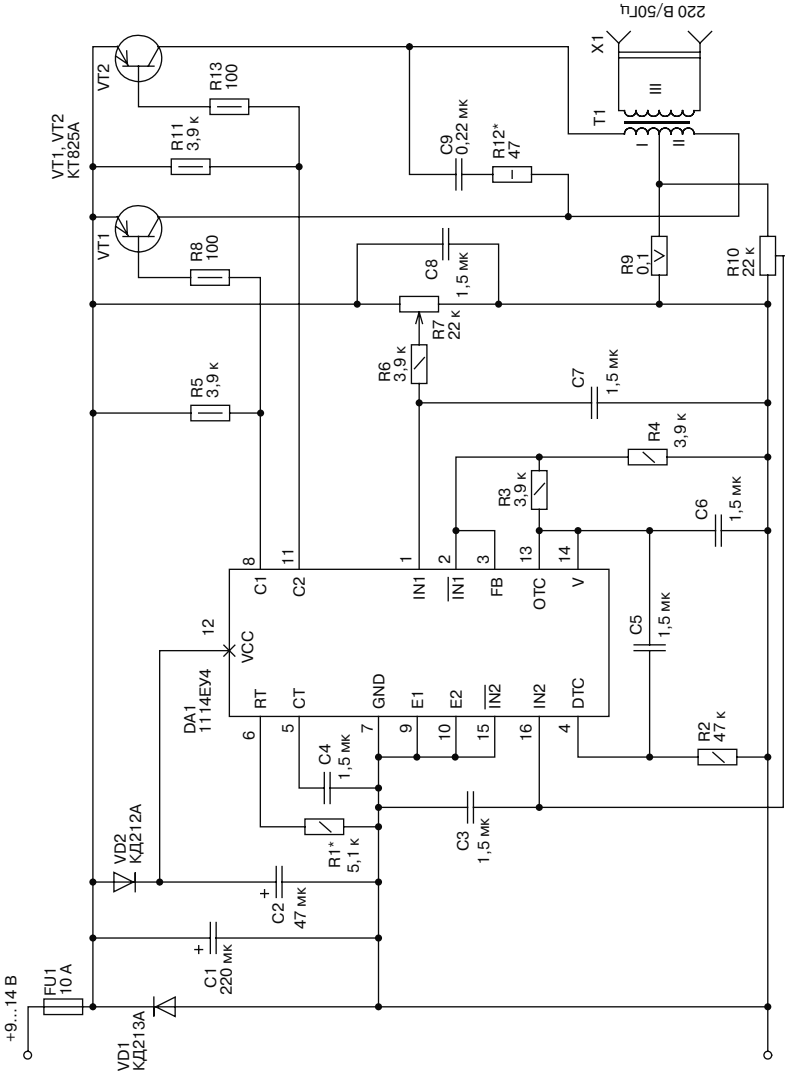


Рис. 4.43.

Транзисторы устанавливаются на радиатор с площадью поверхности не менее 300 см². Трансформатор Т1 придется изготовить самостоятельно. Использован магнитопровод типа ПЛМ27×40-73 или аналогичный. Обмотки I и II содержат по 14 витков провода ПЭЛ-2 диаметром 2 мм; обмотка III содержит 700 витков провода диаметром 0,5 мм. Обмотки I и II должны быть симметричными — это условие легко выполняется при их одновременной намотке (сразу двумя проводами). Предохранитель на 10 А можно сделать из медного провода диаметром 0,25 мм. Полное описание монтажа и настройки устройства приведено в [73].

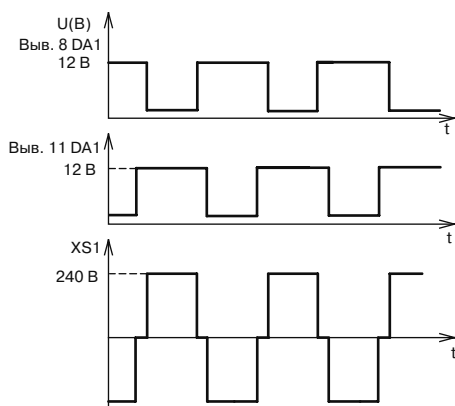


Рис. 4.44.

4.32. Мощный малогабаритный преобразователь напряжения

Для питания некоторых радиоэлектронных устройств требуется постоянное напряжение более 12 В. Поэтому при эксплуатации подобной аппаратуры, например, в автомобиле или от автомобильного аккумулятора необходим соответствующий преобразователь напряжения. На основе современных микросхем и полевых транзисторов можно собрать экономичный преобразователь напряжения, габариты которого будут определяться, в основном, трансформатором. Вниманию читателей предлагаем один из вариантов такого преобразователя.

Схема преобразователя постоянного напряжения в постоянное большего значения показана на рис. 4.45. Он собран на микросхеме КР1211ЕУ1 и полевых транзисторах IRLR2905. Эти транзисторы обладают очень малым сопротивлением открытого канала (примерно 0,027 Ом), обеспечивают протекание большого тока (не менее 26 А) и управляются сигналами с логическими уровнями цифровых микросхем. В большинстве случаев их можно использовать без теплоотводов, уменьшив тем самым габариты преобразователя.

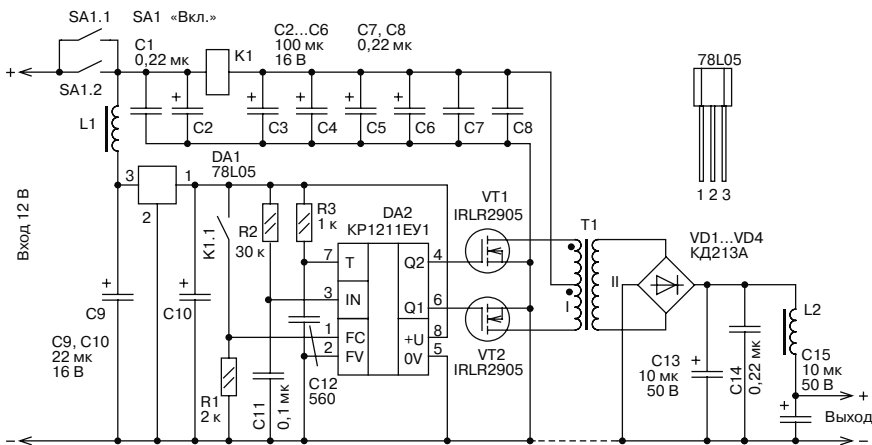


Рис. 4.45.

Микросхема DA2 формирует управляющие импульсные сигналы для полевых транзисторов, их частоту определяют параметры частотозадающей цепи R3, C12. Управляющие импульсы формируются так, что между ними существует пауза. Вследствие этого исключается протекание сквозного тока через транзисторы и повышается КПД преобразователя. Транзисторы коммутируют первичную обмотку повышающего трансформатора T1.

Напряжение вторичной обмотки выпрямляет диодный мост VD1...VD4 и сглаживает фильтр C13, C14, L2, C15. Здесь дроссель в основном обеспечивает подавление в выходном напряжении

высокочастотных гармоник. Напряжение питания управляющей микросхемы DA2 предварительно сглажено фильтром L1, C9 и стабилизировано интегральным стабилизатором напряжения DA1, цепь R2, C11 обеспечивает запуск микросхемы при включении питания. На реле K1 собрано устройство защиты преобразователя от перегрузки.

Когда потребляемый ток увеличится сверх установленного уровня, контакты реле K1.1 замкнутся, на вход FC микросхемы DA2 поступит высокий логический уровень и на ее выходах установится низкий логический уровень — транзисторы закроются и работа преобразователя прекратится. Для его повторного запуска надо выключить и снова включить питание.

В устройстве микросхему 78L05 (DA1) допустимо заменить на KP1157EH502A, 78M05, KP142EH5A, оксидные конденсаторы желательно использовать танталовые для поверхностного монтажа или серий K52, K53, однако размеры платы в этом случае, возможно, придется увеличить, неполярные конденсаторы — K10-17в или K10-17а с выводами минимальной длины. Резисторы — МЛТ, С2-33, дроссель L1 — ДМ-0,1 индуктивностью 50...100 мкГн.

Дроссель L2 наматывают на кольцевом магнитопроводе K20×12×6 из феррита 2000НМ, его обмотка содержит 5 витков провода МГТФ-0,75, а индуктивность составляет около 50 мкГн. Токовое реле K1 — самодельное, его обмотка выполнена из медного изолированного провода диаметром 2 мм, намотанного на оправке диаметром 3...4 мм, внутрь которой вставлен геркон КЭМ2. Примерное число витков для тока 7 А — 4, а для 10 А — 3. Чувствительность реле можно плавно регулировать, изменяя положение геркона в катушке, после окончательного налаживания геркон фиксируют клеем.

Трансформатор Т1 выполнен на двух склеенных кольцевых магнитопроводах K45×28×12 из феррита 2000НМ, острые края колец необходимо обязательно скруглить. Обе обмотки намотаны проводом МГТФ-0,75. Первичная содержит 5 витков из восьми сложенных вместе проводников, ее разделяют на две части и начало одной соединяют с концом второй. Вторичная обмотка для выходного напряжения 32 В содержит 15 витков в два провода. Для других значений выходного напряжения число витков вторичной обмотки следует пропорционально изменить.

Большинство деталей размещают на печатной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита, чертеж которой показан на рис. 4.46. Темной заливкой выделены участки фольги, которые необходимо удалить. Все элементы монтируют со стороны печатных проводников. Вторая сторона оставлена металлизированной и соединена с общим проводом первой стороны. Для этого в показанные на чертеже сквозные отверстия вставляют отрезки луженого провода и припаивают с двух сторон платы. Выводы первичной обмотки трансформатора следует припаивать ближе к стоковому выводу транзистора, поскольку они будут обеспечивать дополнительный теплоотвод.

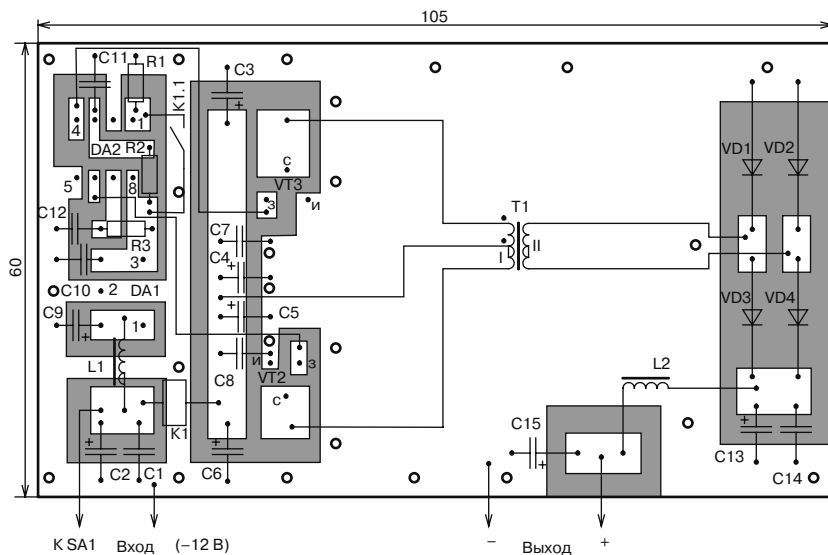


Рис. 4.46.

Для уменьшения помех преобразователь помещают в металлический корпус. Испытания устройства показали, что при токе нагрузки 3 А (выходная мощность — около 100 Вт) КПД преобразователя составляет примерно 91...92%. Полевые транзисторы нагреваются незначительно, выпрямительные диоды — заметно теплее. Поэтому КПД можно еще повысить, если вместо КД213А применить быстродействующие выпрямительные диоды Шоттки. Полное описание устройства можно найти в [74].

4.33. Мощный импульсный блок питания

Импульсные источники питания широко используются в современной радиоэлектронной аппаратуре. Вниманию читателей предлагается импульсный блок питания мощностью 800 Вт. От описанных ранее он отличается применением в преобразователе полевых транзисторов и трансформатора с первичной обмоткой со средним выводом. Первое обеспечивает более высокий КПД и пониженный уровень высокочастотных помех, а второе — вдвое меньший ток через ключевые транзисторы и исключает необходимость в развязывающем трансформаторе в цепях их затворов.

Недостаток такого схемного решения — высокое напряжение на половинах первичной обмотки, что требует применения транзисторов с соответствующим допустимым напряжением. Правда, в отличие от мостового преобразователя, в данном случае достаточно двух транзисторов вместо четырех, что немного упрощает конструкцию и повышает КПД устройства. В предлагаемом ИБП применен двухтактный преобразователь с трансформатором, первичная обмотка которого имеет средний вывод. Он имеет высокий КПД, низкий уровень пульсации и слабо излучает помехи в окружающее пространство. Автором он используется для питания двухканального укомплектованного варианта УМЗЧ.

Входное напряжение ИБП — 180...240 В, номинальное выходное напряжение (при входном 220 В) — 2×50 В, максимальная мощность нагрузки — 800 Вт, рабочая частота преобразователя — 90 кГц. Принципиальная схема ИБП изображена на рис. 4.47. Как видно, это преобразователь с внешним возбуждением без стабилизации выходного напряжения. На входе устройства включен высокочастотный фильтр С1, L1, С2, предотвращающий попадание помех в сеть. Пройдя его, сетевое напряжение выпрямляется диодным мостом VD1...VD4, пульсации сглаживаются конденсатором С3. Выпрямленное постоянное напряжение (около 310 В) используется для питания высокочастотного преобразователя.

Устройство управления преобразователем выполнено на микросхемах DD1...DD3. Питается оно от отдельного стабилизированного источника, состоящего из понижающего трансформатора Т1, выпрямителя VD5 и стабилизатора напряжения на транзисторах VT1, VT2 и стабилитроне VD6. На элементах DD1.1, DD1.2 собран задающий генератор, вырабатывающий импульсы с частотой следования около 360 кГц. Далее следует делитель частоты на 4,

выполненный на триггерах микросхемы DD2. С помощью элементов DD3.1, DD3.2 создаются дополнительные паузы между импульсами. Паузой является не что иное, как уровень логического 0 на выходах этих элементов, появляющийся при наличии уровня логической 1 на выходах элемента DD1.2 и триггеров DD2.1 и DD2.2. Напряжение низкого уровня на выходе DD3.1 (DD3.2) блокирует DD1.3 (DD1.4) в «закрытом» состоянии (на выходе — уровень логической 1). Длительность паузы равна 1/3 от длительности импульса напряжений на выводах 1 DD3.1 и 13 DD3.2, чего вполне достаточно для закрывания ключевого транзистора. С выходов элементов DD1.3 и DD1.4 окончательно сформированные импульсы поступают на транзисторные ключи (VT5, VT6), которые через резисторы R10, R11 управляют затворами мощных полевых транзисторов VT9, VT10 (см. рис. 4.48).

Импульсы с прямого и инверсного выходов триггера DD2.2 поступают на входы устройства, выполненного на транзисторах VT3, VT4, VT7, VT8. Открываясь поочередно, VT3 и VT7, VT4 и VT8 создают условия для быстрой разрядки входных емкостей ключевых транзисторов VT9, VT10, т.е. их быстрого закрывания. В цепи затворов транзисторов VT9 и VT10 включены резисторы относительно большого сопротивления R10 и R11. Вместе с емкостью затворов они образуют фильтры нижних частот, уменьшающие уровень гармоник при открывании ключей.

С этой же целью введены элементы VD9...VD12, R16, R17, C12, C13. В стоковые цепи транзисторов VT9, VT10 включена первичная обмотка трансформатора T2. Выпрямители выходного напряжения выполнены по мостовой схеме на диодах VD13...VD20, что несколько уменьшает КПД устройства, но значительно (более чем в пять раз) снижает уровень пульсации на выходе ИБП. Важно отметить, что форма колебаний, почти прямоугольная при максимальной нагрузке, плавно переходит в близкую к синусоидальной при уменьшении мощности до 10...20 Вт, что положительно сказывается на уровне шумов питаемого от этого блока УМЗЧ при малой громкости. Выпрямленное напряжение обмотки IV трансформатора T2 используют для питания вентиляторов.

В устройстве применены конденсаторы K73-17 (C1, C2, C4), K50-17 (C3), МБМ (C12, C13), K73-16 (C14...C21, C24, C25), K50-35 (C5...C7), КМ (остальные). Вместо указанных на схеме допустимо применение микросхем серий K176, K564. Диоды Д246 (VD1...VD4)

заменяемы на любые другие, рассчитанные на прямой ток не менее 5 А и обратное напряжение не менее 350 В (КД202К, КД202М, КД202Р, КД206Б, Д247Б), или диодный выпрямительный мост с такими же параметрами, диоды КД2997А (VD13...VD20) — на КД2997Б, КД2999Б, стабилитрон Д810 (VD6) — на Д814В. В качестве VT1 можно использовать любые транзисторы серий КТ817, КТ819, в качестве VT2...VT4 и VT5, VT6 — соответственно, любые из серий КТ315, КТ503, КТ3102 и КТ361, КТ502, КТ3107, на месте VT9, VT10 — КП707В1, КП707Е1. Транзисторы КТ3102Ж (VT7, VT8) заменять не рекомендуется.

Трансформатор Т1 — ТС-10-1 или любой другой с напряжением вторичной обмотки 11...13 В при токе нагрузки не менее 150 мА. Катушку L1 сетевого фильтра наматывают на ферритовом (М2000НМ1) кольце типоразмера К31×18,5×7 проводом ПЭВ-1-1,0 (2×25 витков), трансформатор Т2 — на трех склеенных вместе кольцах из феррита той же марки, но типоразмера К45×28×12. Обмотка I содержит 2×42 витка провода ПЭВ-2-1,0 (наматывают в два провода), обмотки II и III — по 7 витков (в пять проводов ПЭВ-2-0,8), обмотка IV — 2 витка ПЭВ-2-0,8. Между обмотками прокладывают три слоя изоляции из фторопластовой ленты.

Магнитопроводы дросселей L2, L3 — ферритовые (1500НМ3) стержни диаметром 6 и длиной 25 мм (подстроечники от броневых сердечников Б48). Обмотки содержат по 12 витков провода ПЭВ-1-1,5. Транзисторы VT9, VT10 устанавливают на теплоотводах с вентиляторами, применяемых для охлаждения микропроцессоров Pentium (подойдут аналогичные узлы и от процессоров 486). Диоды VD13...VD20 закрепляют на теплоотводах с площадью поверхности около 200 см².

При монтаже ИБП следует стремиться к тому, чтобы все соединения были возможно короче, а в силовой части использовать провод возможно большего сечения. ИБП желательно заключить в металлический экран и соединить его с выводом 0 В выхода источника, как показано на рис. 4.49. Общий провод силовой части с экраном соединяться не должен. Поскольку ИБП не оснащен устройством защиты от короткого замыкания и перегрузки, в цепи питания необходимо включить предохранители на 10 А. В налаживании описанный ИБП практически не нуждается. Важно только правильно сфазировать половины первичной обмотки трансформатора Т2. При исправных деталях и отсутствии ошибок в монтаже

блок начинает работать сразу после включения в сеть. Если необходимо, частоту преобразователя подстраивают подбором резистора R3. Для повышения надежности ИБП желательно эксплуатировать его с УМЗЧ, в котором предусмотрена сквозная продувка вентилятором. Подробное описание ИБП приводится в [75].

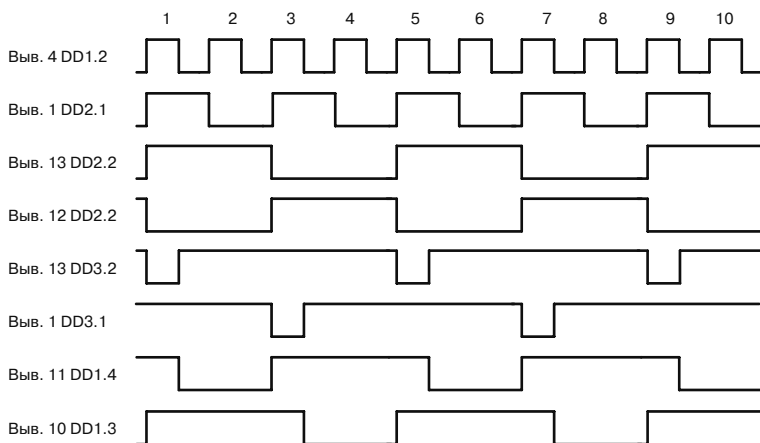


Рис. 4.48.

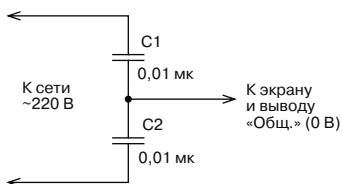


Рис. 4.49.

4.34. Резервный источник питания

В быту, особенно в сельской местности, нередки случаи, когда неожиданно отключают электроснабжение. В такой ситуации выручить может аварийное электропитание. В качестве первич-

ного источника для него наиболее доступна автомобильная стартерная аккумуляторная батарея напряжением 12 В. Энергии, которую она способна отдать, вполне достаточно для питания в течение нескольких часов телевизора, осветительной лампы и других бытовых приборов.

При разработке аварийного преобразователя обычно возникает проблема получения на его выходе синусоидального напряжения. Но далеко не всем потребителям энергии оно необходимо. Так, лампам накаливания и нагревательным приборам форма напряжения совершенно безразлична, важно, чтобы его эффективное значение было равно номинальному сетевому. В импульсных блоках питания современных телевизоров и компьютеров переменное напряжение предварительно выпрямляется, поэтому необходимо, чтобы его амплитудное значение было таким же, как в сети — в 1,4 раза больше эффективного.

Выполненные по традиционным схемам трансформаторные блоки питания многих УМЗЧ, радиоприемников и магнитофонов также способны работать при несинусоидальной форме напряжения. Предлагаемое устройство генерирует биполярные прямоугольные импульсы амплитудой около 300 В такой скважности, что их эффективное напряжение составляет 220 В. Частота преобразования выбрана равной 80 Гц, что несколько облегчает режим работы трансформаторов питания большинства потребителей. Правда, при такой частоте не будут нормально работать те устройства, в которых имеются электродвигатели переменного тока — проигрыватели грампластинок, катушечные магнитофоны, вентиляторы и некоторые другие.

В связи со сравнительно низким напряжением первичного источника (12 В) на КПД преобразователя существенно влияет падение напряжения на используемых в нем электронных ключах. Для большинства кремниевых транзисторов характерно напряжение насыщения более 1 В, у германиевых оно значительно меньше. Испытания показали, что наилучшие результаты имеет ключ, выполненный на кремниевом транзисторе с уменьшенным напряжением насыщения — КТ863А и германиевом — 1Т813В. При токе 10 А падение напряжения на нем не превышает 0,6 В. Схема аварийного преобразователя для питания бытовой аппаратуры от автомобильной аккумуляторной батареи показана на рис. 4.50.

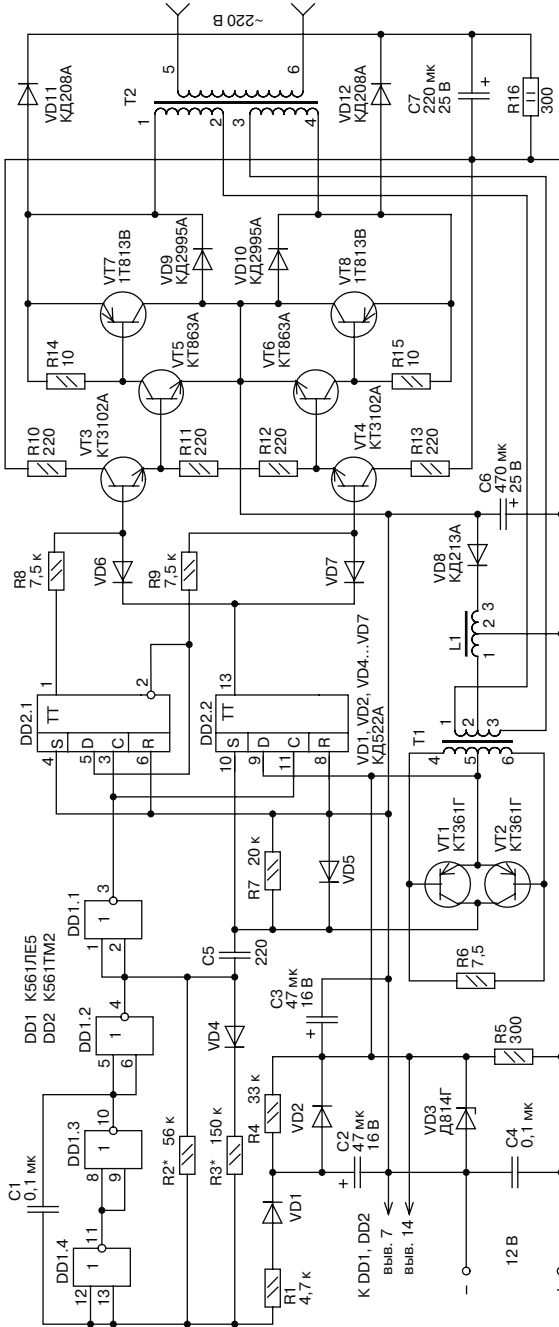


Рис. 4.50.

Основные технические характеристики:

Напряжение питания, В.....	12;
Максимальная выходная мощность, Вт	180;
Максимальный потребляемый ток, А.....	20;
КПД, %.....	90;
Частота выходного напряжения, Гц.....	80.

На микросхеме DD1 собран задающий генератор. После включения напряжения питания длительность генерируемых им импульсов очень мала. По мере зарядки конденсатора C2 через резистор R4 она увеличивается до рабочей, чем обеспечивается плавный запуск преобразователя. С каждым импульсом задающего генератора триггер DD2.1 изменяет состояние. Сигналы с его прямого и инверсного выходов поочередно открывают транзисторы VT3 и VT4, управляющие силовыми ключами на транзисторах VT5...VT8.

Триггер DD2.2 ограничивает длительность открытого состояния транзисторов. Фронт импульса на выходе элемента DD1.1 устанавливает этот триггер в состояние, соответствующее высокому уровню напряжения на выходе 13. Дифференцирующая цепь C5, R7 формирует импульс, сбрасывающий триггер по окончании импульса задающего генератора. Уровень напряжения на выходе 13 становится низким и, благодаря диодам VD6 и VD7, один из транзисторов — VT3 или VT4, который был открыт, закрывается.

В рабочем режиме сигналы на выводе 13 DD2 и выводе 3 DD1 идентичны. Напряжение на обмотке 4-6 трансформатора тока T1, нагруженной резистором R6, пропорционально току, протекающему через силовые ключи. Если оно превысит 1,2 В, один из транзисторов — VT1 или VT2 (в зависимости от полярности) — откроется и сбросит триггер DD2.2. В результате оба силовых ключа будут закрыты. Таким образом осуществляется защита от перегрузки по току.

Дроссель L1 ограничивает скорость нарастания тока через силовые ключи. Когда они закрыты, энергия, накопленная в магнитном поле дросселя, возвращается через диод VD8 в источник питания. Диоды VD11, VD12 и цепь R16, C7 гасят выбросы напряжения на силовых ключах. Маломощные узлы преобразователя смонтированы на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита. Расположение печатных проводников и элементов на плате показано на рис. 4.51. Силовая часть выполнена навесным монтажом, причем транзисторы VT7 и VT8 снабжены теплоотво-

Транзисторы КТ863А заменять другими не рекомендуется, в крайнем случае допустимо использовать КТ863Б. Применение транзисторов с более высоким напряжением насыщения отрицательно скажется на КПД преобразователя. Диоды КД2995А допускается заменять на КД2997, КД2999, КД213А.

Трансформатор тока Т1 намотан на Ш-образном магнитопроводе из электротехнической стали сечением 0,56 см². Обмотка 1-3 представляет собой два витка медной ленты шириной по размеру каркаса и толщиной 0,1 мм с отводом от середины, обмотка 4-6 — 260 витков провода ПЭВ-1-0,3 мм, также с отводом от середины.

Трансформатор Т2 изготовлен на базе ТС-180 от телевизора УНТ-47/59. Его сетевая обмотка служит в преобразователе выходной. Все вторичные обмотки удалены, на их месте намотаны две первичных по 35 витков провода ПЭВ-1 Ø1,6 мм каждая. Годится любой другой трансформатор подходящей мощности, имеющий сетевую обмотку и две на напряжение 8 В каждая. Дроссель L1 намотан на ферритовом магнитопроводе Ш16×20 с немагнитным зазором 1,1 мм. Его обмотка 1-2 содержит девять витков провода ПЭВ-1 Ø1,6 мм, а 2-3 — 17 витков провода ПЭВ-1 Ø1 мм.

Налаживание преобразователя сводится к установке частоты импульсов задающего генератора. Она должна быть равна 160 Гц при скважности 2. Генератор настраивают, не подавая напряжение питания на силовые ключи. Для этого достаточно разорвать проводник, соединяющий вывод 2 дросселя L1 с положительным полюсом аккумуляторной батареи.

Частоту и скважность импульсов контролируют на выводе 3 микросхемы DD1, добиваясь нужных значений подбором резисторов R2 и R3. После этого, восстановив цепь питания ключей, следует убедиться, что эффективное значение выходного напряжения равно 220 В (его следует измерять вольтметром электромагнитной системы, так как обычный авометр выдаст неверные показания).

Изменяя сопротивление резистора R3, можно в небольших пределах регулировать выходное напряжение.

Полное описание схемы приведено в [76].

4.35. Трехфазный инвертор

В промышленности, особенно при работе в помещениях повышенной категории опасности, электроинструменты обычно питают от трехфазных электросетей 36 В 400 Гц или 42 В 200 Гц. Предлагаемый инвертор позволит пользоваться таким электроинструментом в местах, где имеется только однофазная сеть 36 В 50 Гц. В нем предусмотрено защитное отключение прибора при перегрузке по току. Схема инвертора показана на рис. 4.52. Его выходное напряжение — 3×42 В, частота — 200 Гц.

Мощность нагрузки — не более 400 Вт. КПД при максимальной выходной мощности — не менее 90%. Переменное напряжение однофазной сети поступает на мостовой выпрямитель VD2...VD5. Выпрямленным напряжением 42 В питают собственно инвертор, выполненный по известной «схеме Ларионова» на транзисторах VT2...VT10 с защитными диодами VD6...VD11. Нагрузку, соединенную «треугольником» или «звездой», можно подключать через разделительный трансформатор или без него.

Элементы DD1.1 и DD1.2 образуют задающий генератор, а микросхемы DD2...DD4 вместе с элементами DD1.3...DD1.5 представляют собой распределитель импульсов, управляющий силовыми ключами. Микросхемы питают через стабилизатор напряжения, состоящий из резистора R1, стабилитрона VD1 и транзистора VT1.

Для защиты инвертора от перегрузки служит подключенный параллельно стабилитрону тринистор VS1. На его управляющий электрод поступает часть пропорционального току нагрузки напряжения, падающего на резисторе R2. Если она превысит порог открывания тринистора, последний «замкнет» стабилитрон и напряжение питания микросхем уменьшится почти до нуля. Задающий генератор и распределитель импульсов прекратят работу, причем все силовые ключи окажутся закрытыми. О срабатывании защиты сигнализирует погасший светодиод HL1. Чтобы вновь запустить инвертор, необходимо нажать на кнопку SB1.

Налаживание устройства следует начинать с установки порога срабатывания защиты. Для этого следует, установив движок подстроечного резистора R3 в крайнее левое (по схеме) положение, разорвать цепь в точке А. Затем подать на крайние выводы резистора R3 от внешнего источника напряжение 1,2 В (плюс — к

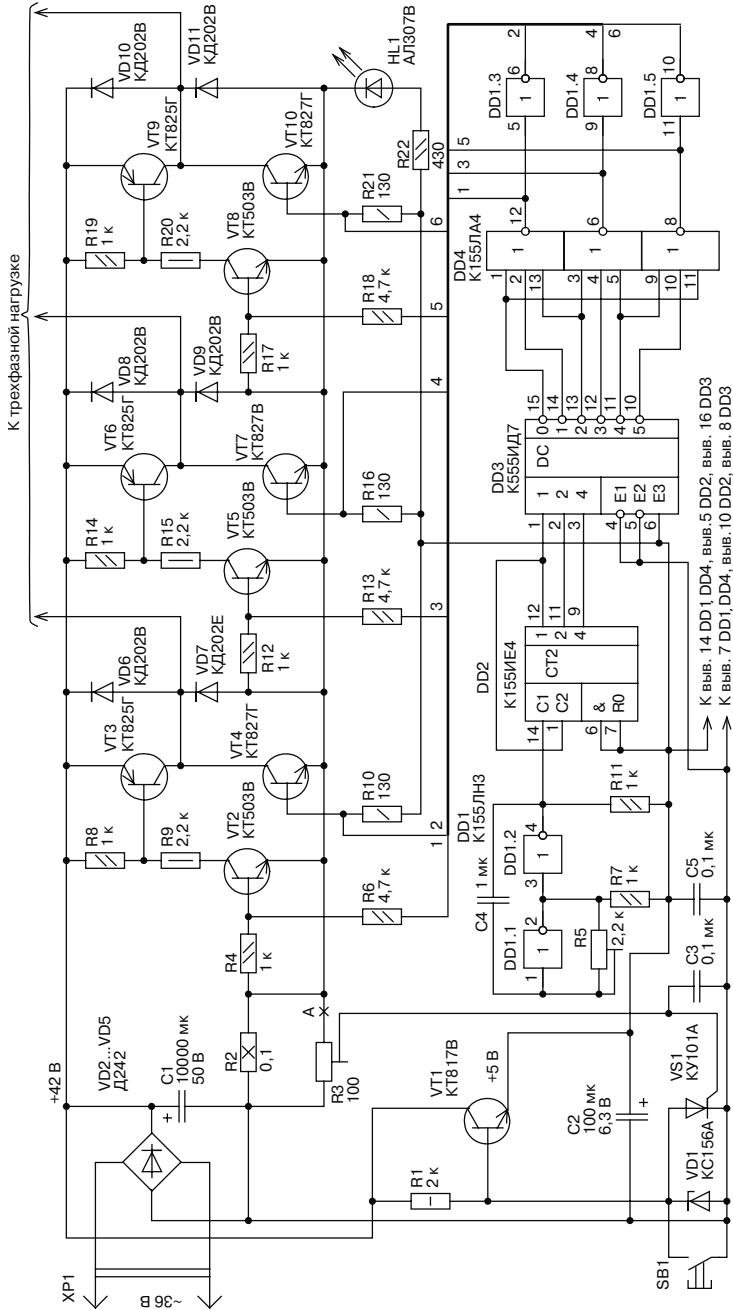


Рис. 4.52.

правому по схеме выводу), соответствующее падению напряжения на резисторе R2 при протекании через него тока силой 12 А. Медленно вращая движок резистора R3, добиваются срабатывания защиты. После этого внешний источник напряжения отключают и цепь в точке А восстанавливают.

В заключение следует установить подстроечным резистором R5 частоту выходного напряжения инвертора равной 200 Гц. Частота повторения импульсов на выходе элемента D1.2 должна быть в шесть раз больше — 1200 Гц. Транзисторы VT1, VT3, VT4, VT6, VT7, VT9, VT10 необходимо снабдить теплоотводами площадью по 100...200 см². Следует иметь в виду, что различные экземпляры тринистора КУ101А открываются при напряжении на управляющем электроде от 0,25 до 10 В, поэтому не все из них смогут работать в предлагаемом устройстве. Для более надежной работы устройства рекомендуется увеличить сопротивление резисторов R4, R12, R17 до 2 кОм.

Полное описание преобразователя приводится в [77].

4.36. Преобразователь однофазного напряжения в трехфазное

Преобразователь однофазного напряжения в трехфазное (рис. 4.53) разработан на основе схемы регулятора мощности, приведенной в [78], и предназначен для питания трехфазного электродвигателя. Он подключается к сети через автоматический выключатель SF1, обеспечивающий номинальный потребляемый ток. После включения в сеть регистр сдвига DD2 сбрасывается в ноль на время заряда конденсатора C2 через резистор R5. После заряда C2 до напряжения срабатывания элемента DD1.1 разрешается сдвиг в регистре DD2.

При установке выхода регистра в состояние логической «1» открывается подключенный к нему транзистор (VT1...VT6), который коммутирует соответствующий тиристор. Временная диаграмма работы (последовательности коммутации тиристорov) приведена на рис. 4.54. Конденсаторы C4...C6 — коммутационные (запирающие) емкости. Их величины даны ориентировочно. Они подбираются во время настройки схемы в зависимости от мощности

двигателя и частоты коммутации тиристоров. После настройки схемы R3 и R4 выпаивают, на место R4 впаивают конденсатор емкостью 0,68 мкФ. Между точками А и В впаивают подстроечный резистор сопротивлением 15 кОм, которым точно устанавливают частоту вращения электродвигателя. Описание преобразователя приведено в [78].

Такты сдвига в регистре	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
Коммутируемые тиристоры	VS6 и VS1	VS1 и VS5	VS5 и VS3	VS3 и VS4	VS4 и VS2	VS2 и VS6	VS6 и VS1	VS1 и VS5	VS5 и VS3	VS3 и VS4

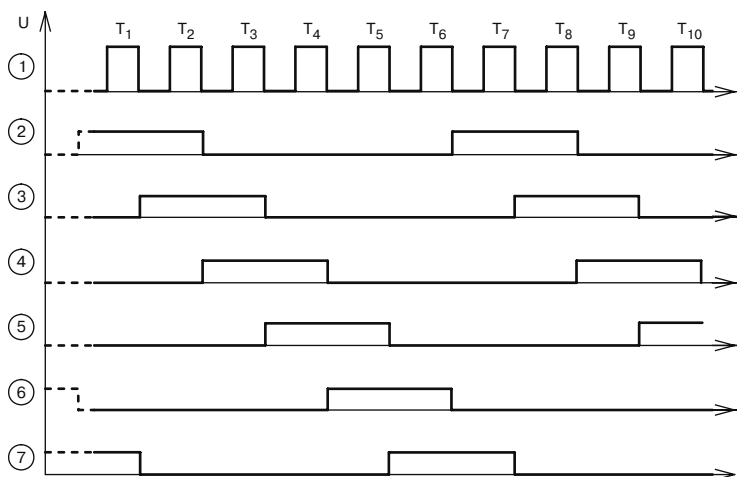


Рис. 4.54.

4.37. Источник повышенного напряжения

Этот бестрансформаторный преобразователь напряжения предназначен для питания различных электронных устройств напряжением 25...30 В с током потребления до 70...80 мА от бортовой сети автомобиля с напряжением 12 В. Принцип работы преобразователя понятен из схемы, приведенной на рис. 4.55.

Мультивибратор на транзисторах с мощным выходом вырабатывает импульсы, поступающие на умножитель напряжения со

стабилизацией. Частота генерации мультивибратора 10 кГц. Полное описание схемы приводится в [111].

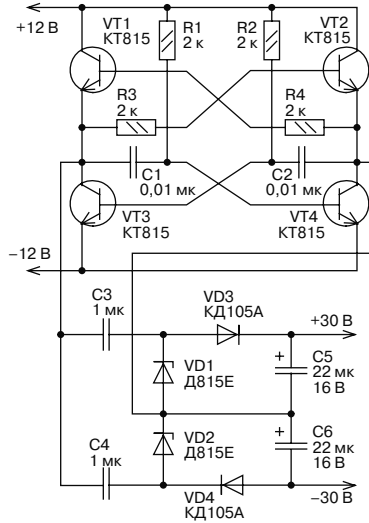


Рис. 4.55.

4.38. Преобразователь для ПДУ

Применяемые в некоторых моделях пультов дистанционного управления (ПДУ) батарейки типа «Крона» имеют малый срок службы. Поэтому целесообразно использовать элементы типа АЗ16 с напряжением 1,5 В совместно с преобразователем напряжения. Преобразователь (рис. 4.56) представляет собой однотактный релаксационный генератор с емкостной положительной обратной связью (С2, С3). В коллекторную цепь транзистора VT2 включен повышающий автотрансформатор Т1.

В преобразователе использовано обратное включение выпрямительного диода VD1, т.е. при открытом транзисторе VT2 к обмотке автотрансформатора приложено напряжение питания и на выходе автотрансформатора появляется импульс напряжения. Однако включенный в обратном направлении диод VD1 в это

время закрыт и нагрузка отключена от преобразователя. В момент паузы, когда транзистор закрывается, напряжение на обмотках Т1 изменяется на обратное, диод VD1 открывается и выпрямленное напряжение прикладывается к нагрузке. При последующих циклах, когда транзистор VT2 запирается, конденсаторы фильтра (С4, С5) разряжаются через нагрузку, обеспечивая протекание постоянного тока.

Индуктивность повышающей обмотки автотрансформатора Т1 при этом играет роль дросселя сглаживающего фильтра. Для устранения подмагничивания сердечника автотрансформатора постоянным током транзистора VT2 используется перемангничивание сердечника автотрансформатора за счет включения параллельно его обмотке конденсаторов С2 и С3, которые одновременно являются делителем напряжения обратной связи.

Когда транзистор VT2 закрывается, конденсаторы С2 и С3 в течение паузы разряжаются через обмотку 1-2, перемангивая сердечник Т1 током разряда. Время открытого состояния транзистора VT2 определяется индуктивностью обмотки 1-2 автотрансформатора Т1 и емкостями С2 и С3. Частота генерации зависит от напряжения на базе транзистора VT1. Стабилизация выходного напряжения осуществляется за счет ООС по постоянному напряжению посредством R2. При этом при понижении выходного напряжения увеличивается частота генерируемых импульсов при примерно одинаковой их длительности. В результате увеличивается частота подзарядки конденсаторов фильтра С4 и С5 и падение напряжения на нагрузке компенсируется. При увеличении выходного напряжения частота генерации, наоборот, уменьшается. Так, после зарядки накопительного конденсатора в ПДУ частота генерации падает в десятки раз. Остаются лишь редкие импульсы, компенсирующие разрядку конденсаторов в режиме покоя. Этот способ стабилизации позволил довести ток покоя преобразователя до 0,5 мА. Транзисторы VT1 и VT2 должны иметь возможно больший коэффициент усиления для повышения экономичности.

Обмотка автотрансформатора намотана на ферритовом кольце 2000НМ 10×6×2 мм и имеет 300 витков провода ПЭЛ-0,08 с отводом от 50-го витка (считая от «заземленного» вывода). Диод VD1 должен быть высокочастотным и иметь малый обратный ток. Остальные детали — малогабаритные, любых типов. После монтажа и настройки детали преобразователя закрываются экраном, изготовленным из белой жести. Правильно собранный преобра-

зователь начинает работать сразу после включения. Необходимо лишь путем подбора резистора R2 установить выходное напряжение равным 9 В. Для увеличения срока службы элемента А316 можно установить в ПДУ миниатюрный выключатель питания. Подробное описание устройства приводится в [123].

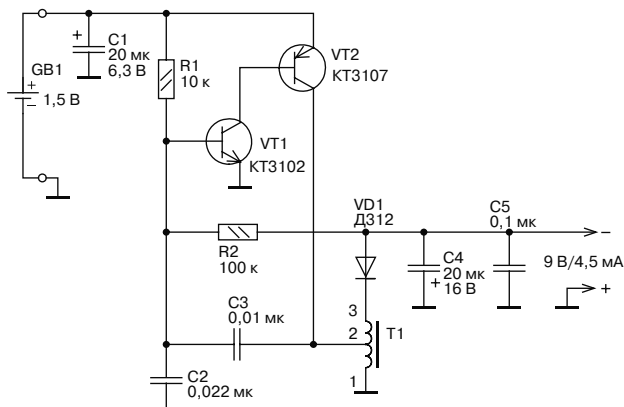


Рис. 4.56.

4.39. Формирователь двуполярного напряжения

Приведенная на рис. 4.57 схема может быть очень полезной, когда в ТТЛ-схеме имеется аналоговая цепь, потребляющая низкое, но симметричное биполярное напряжение (например, операционный усилитель). Поскольку в нынешних ТТЛ-системах обычно имеется только напряжение питания +5 В, из него и необходимо получить симметричное напряжение питания. В бестрансформаторном преобразователе элемент D1 служит генератором прямоугольных импульсов, при указанных значениях R1 и C1 его частота примерно равна 100 кГц, и сигнал имеет ТТЛ-уровни.

Элементы D2 и D3 «буферизуют» отдельно два канала. К выходам обоих буферов подключены двухполупериодные выпрямители, элементы которых по отношению друг к другу включены в противоположных полярностях, на выходах преобразователя имеют-

ся симметричные напряжения $\pm 8,5$ В с допустимой нагрузкой 10 мА. Учитывая сравнительно высокую частоту работы преобразователя, для конденсаторов С2...С5 необходимо использовать, по возможности, танталовые конденсаторы. Описание этого преобразователя приводится в [124].

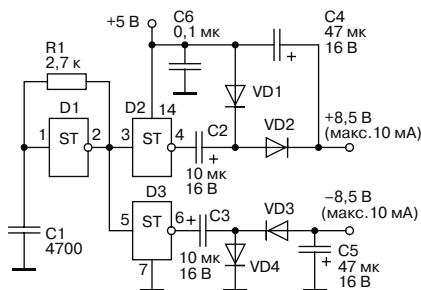


Рис. 4.57.

4.40. Преобразователь напряжения 12 — 22 В

Преобразователь напряжения, схема которого показана на рис. 4.58, при безошибочном монтаже не требует налаживания. При питании преобразователя от источника постоянного тока напряжением 12 В его выходное напряжение при токе нагрузки 30 мА будет около 22 В (напряжение пульсации — 18 мВ). При токе нагрузки 100 мА выходное напряжение уменьшается до 21 В, а при 250 мА — до 19,5 В. Без нагрузки преобразователь потребляет от источника питания ток не более 2 мА.

Устройство образуют задающий генератор, собранный на логических элементах DD1.1 и DD1.2, буферные ступени DD1.3, DD1.4, транзисторные ключи VT1, VT2 и выпрямитель-удвоитель напряжения на диодах VD1, VD2 с конденсаторами С2, С3. Детали преобразователя монтируют на печатной плате, чертеж которой показан на рис. 4.59. Транзисторы VT1 и VT2 преобразователя могут быть любыми из указанных на схеме серий, а также ГТ402В или ГТ402Г, ГТ404В или ГТ404Г. С германиевыми транзисторами

выходное напряжение преобразователя будет больше примерно на 1 В. Диоды VD1, VD3 могут быть любыми другими, рассчитанными на ток более 30 мА. Микросхему К561ЛА7 можно заменить на К561ЛЕ5, К561ЛН2 или использовать аналогичные им из серий 564, К164.

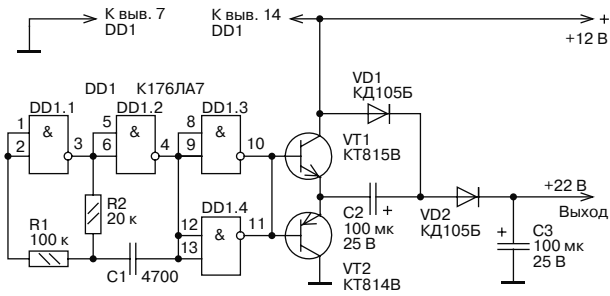


Рис. 4.58.

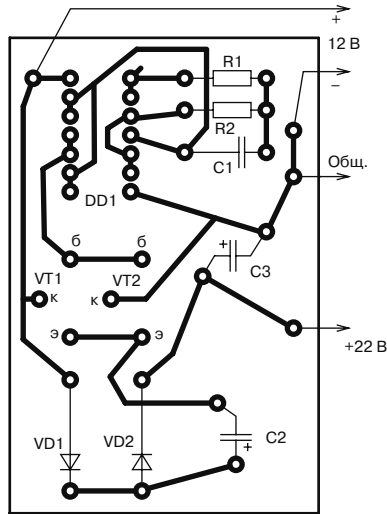


Рис. 4.59.

4.41. Зажигалка для газа

Зажигалок для газа, собранных по схеме на рис. 4.60, работает уже несколько десятков, и все они действуют безотказно. Конструкция зажигалок проста, не содержит дефицитных деталей, несложная в наладке. Особенность схемы в том, что она питается напряжением переменного тока непосредственно от сети через конденсатор С1 и резистор R1. Диод VD1 в данной схеме работает в режиме лавинного пробоя обратным напряжением, т.е. представляет собой, по сути дела, быстродействующий стабилитрон, в паре с тиристором VS1 представляет собой аналог динистора (например, вместо них можно включить два последовательно соединенных динистора КН102В).

Диод VD2 защищает тиристор VS1 от обратного напряжения самоиндукции обмотки I трансформатора Т1 и улучшает работу генератора. Генератор вырабатывает короткие импульсы с частотой несколько сот герц, которые затем индуцируются в обмотке II трансформатора Т1 до 10 кВ и пробивают разрядник.

Трансформатор Т1 — без сердечника, намотан на катушке из капрона (оргстекла, фторопласта) диаметром 8 мм и состоит из трех секций, ширина каждой из которых — 9 мм. Удобно использовать для Т1 готовые капроновые швейные шпульки, склеив их между собой. Сначала наматывается обмотка II — 3×1000 витков проводом ПЭТВ или ПЭВ-2 диаметром 0,12 мм. Входной конец провода в каждой секции должен быть тщательно изолирован с помощью фторопластовых трубок или лакоткани, иначе произойдет пробой изоляции.

Всю катушку Т1 парафинят в водяной бане несколько минут. Затем обмотку II в каждой секции обматывают 2-3 слоями изолянта и поверх изоляции укладывают обмотку I — 3×10 витков проводом ПЭВ-2 диаметром 0,45 мм. Резистор R1 выбирается с номиналом в пределах 12...16 кОм. Диоды VD1 — Д219А, Д220, Д223; VD2 — КД102А, КД105, Д226Б. Тиристор VS1 — КУ101Е, Г, можно также и КУ102, КУ201, КУ202 с обратным напряжением не менее 150 В. В качестве кнопки удобно использовать микропереключатель типа МП. Конденсаторы С1 и С2 — типа МБМ, К73 и др. на напряжение не менее 160 В.

Разрядником служит спаренный изолированный провод со стальными или медными жилами, который помещают внутри метал-

лической трубки. Трубка в конце рассверливается под окно. Провод закреплен на выходе эпоксидным клеем. Налаживание зажигалки сводится к подбору диода VD1 до возникновения надежной генерации. Пинцетом сдвигают или раздвигают электроды проводаразрядника до оптимального расстояния и образования мощной искры. Последнее, разумеется, делают в выключенной из сети зажигалке. Иногда еще необходимо подобрать емкость C2. Корпусом зажигалки может служить любой футляр, к примеру, от зубной щетки. Подробное описание монтажа устройства приводится в [125].

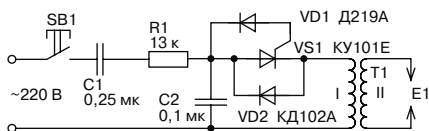


Рис. 4.60.

4.42. Высоковольтный преобразователь 220 В — 10 кВ

Так условно можно назвать эту электрозажигалку, применяемую для поджига газа в горелках газовых плит. Очень удобное и более безопасное в противопожарном отношении устройство, чем используемые для этой цели хозяйственные спички. В принципе, электрозажигалку можно купить — если, конечно, она окажется в магазине хозтоваров. Но ее можно изготовить и своими руками, что интереснее с технической точки зрения, да и радиодеталей потребуется немного. Принципиальная схема и конструкция сетевой зажигалки показаны на рис. 4.61.

Зажигалка состоит из двух узлов, соединенных между собой гибким двухпроводным шнуром: вилки-переходника с конденсаторами C1, C2 и резисторами R1, R2 внутри и преобразователя напряжения с разрядником. Такое конструктивное решение обеспечивает ей электробезопасность и относительно малую массу той ее части, которую при поджигании газа держат в руке. Конденсаторы

C1 и C2 выполняют роль элементов, ограничивающих ток, потребляемый зажигалкой, до 3...4 мА. Пока кнопка SB1 не нажата, зажигалка тока не потребляет. При замыкании контактов кнопки диоды VD1, VD2 выпрямляют переменное напряжение сети, а импульсы выпрямленного тока заряжают конденсатор C3.

За несколько периодов сетевого напряжения этот конденсатор заряжается до напряжения открывания динистора VS1 (для КН102Ж — около 120 В). Теперь конденсатор быстро разряжается через малое сопротивление открытого динистора и первичную обмотку повышающего трансформатора Т1. При этом в цепи возникает короткий импульс тока, значение которого достигает нескольких ампер. В результате на вторичной обмотке трансформатора возникает импульс высокого напряжения и между электродами разрядника E1 появляется электрическая искра, которая и поджигает газ. И так 5...10 раз в секунду, т.е. с частотой 5...10 Гц.

Электробезопасность обеспечивается тем, что даже в случае нарушения изоляции и касания рукой одного из проводов, соединяющих вилку-переходник с преобразователем, ток в этой цепи будет ограничен одним из конденсаторов C1 или C2 и не превысит 7 мА. Короткое замыкание между соединительными проводами также не приведет к каким-либо опасным последствиям. Кроме того, разрядник имеет гальваническую развязку от сети и также в этом смысле безопасен.

Конденсаторы C1, C2, номинальное напряжение которых должно быть не менее 400 В, и шунтирующие их резисторы R1, R2 монтируют в корпусе вилки-переходника, который можно изготовить из листового изоляционного материала (полистирол, оргстекло) или использовать для этого пластмассовую коробку подходящих размеров. Расстояние между центрами штырьков, которыми ее подключают к стандартной сетевой розетке, должно быть 19 мм. Диоды выпрямителя, конденсатор C3, динистор VS1 и трансформатор Т1 монтируют на печатной плате размерами 120×18 мм, которую после проверки помещают в пластмассовый корпус-ручку соответствующих размеров.

Повышающий трансформатор Т1 выполнен на ферритовом стержне 400НН диаметром 8 и длиной около 60 мм (отрезок стержня, предназначенного для магнитной антенны транзисторного приемника). Стержень обернут двумя слоями изоляционной ленты, поверх которой намотана вторичная обмотка — 1800 витков про-

вода ПЭВ-2-0,05...0,08. Намотка внавал, плавная от края к краю. Вторичная обмотка по всей длине обернута двумя слоями изоляционной ленты и поверх нее одним слоем намотано 10 витков провода ПЭВ-2-0,4...0,6 — первичная обмотка. Диоды КД105Б можно заменить другими малогабаритными с допустимым обратным напряжением не менее 300 В или диодами Д226Б, КД205Б.

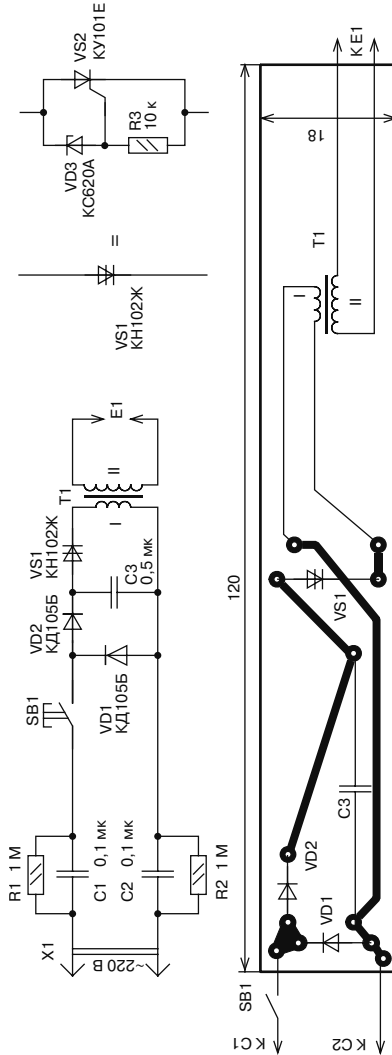


Рис. 4.61.

Конденсаторы С1...С3 типов БМ, МБМ; первые два из них должны быть на номинальное напряжение не менее 400 В, третий — не менее 150 В. Конструктивной основой разрядника Е1 служит отрезок металлической трубки длиной 100...150 и диаметром 3...5 мм, на одном из концов которого жестко закреплен (механически или пайкой) металлический тонкостенный стакан диаметром 8...10 мм и высотой 15...20 мм. Этот стакан, с прорезями в стенках, является одним из электродов разрядника Е1. Внутри трубки вместе с теплостойким диэлектриком, например, фторопластовой трубкой или лентой, плотно вставлена тонкая стальная вязальная спица. Ее заостренный конец выступает из изоляции на 1...1,5 мм и должен располагаться в середине стакана. Это второй, центральный, электрод разрядника.

Разрядный промежуток зажигалки образуют конец центрального электрода и стенки стакана — он должен быть 3...4 мм. С другой стороны трубки центральный электрод в изоляции должен выступать из нее не менее чем на 10 мм. Трубку разрядника жестко закрепляют в пластмассовом корпусе преобразователя, после чего электроды разрядника соединяют с выводами обмотки II трансформатора. Места пайки надежно изолируют отрезками поливинилхлоридной трубки или изоляционной лентой. Если в вашем распоряжении не окажется динистора КН102Ж, заменить его можно двумя или тремя динисторами этой же серии, но с меньшим напряжением включения. Суммарное напряжение открывания такой цепочки динисторов должно быть 120...150 В. Вообще динистор можно заменить его аналогом, составленным из мало-мощного тринистора (КУ101Д, КУ101Е) и стабилитрона, как показано на рис. 4.61. Напряжение стабилизации стабилитрона или нескольких стабилитронов, включенных последовательно, должно быть 120...150 В.

4.43. Блок питания для ионизатора

Люстра Чижевского неоднократно описывалась в различных изданиях. Вашему вниманию предлагается эффективная схема блока питания люстры Чижевского, которая изображена на рис. 4.62. Трансформатор Т1 изготовлен из старого строчного трансформатора ТВС-110. Первичные обмотки удаляются и наматывается 70 витков провода ПЭЛ, ПЭВ диаметром 0,5...0,8 мм. Конденсаторы

C1, C2 — МБМ, К73-17 с рабочим напряжением не менее 250 В; C3 — ПОВ (рабочее напряжение 15 кВ); Тиристоры VS1 — КУ221А, КУ202К...КУ202Н. Резисторы R1 и R4 подбираются при настройке ионизатора под тип излучателя и помещения (в качестве R4 можно использовать подстроечный). Главное достоинство данного источника питания ионизатора — использование телевизионного умножителя УН9/27. Посмотрев на схему УН9/27, можно убедиться, что для использования в качестве умножителя отрицательного напряжения его нужно включить «наоборот». Но для этого необходимо «добраться» до точки А. Эксперимент лучше всего провести на неисправном умножителе, разобрав (разбив) его, и найти необходимую точку подключения. После этого на новом умножителе следует аккуратно процарапать или просверлить «залывку» до надежного контакта с необходимым проводником, подпаять к нему кусок высоковольтного провода и заизолировать эпоксидным клеем место пайки.

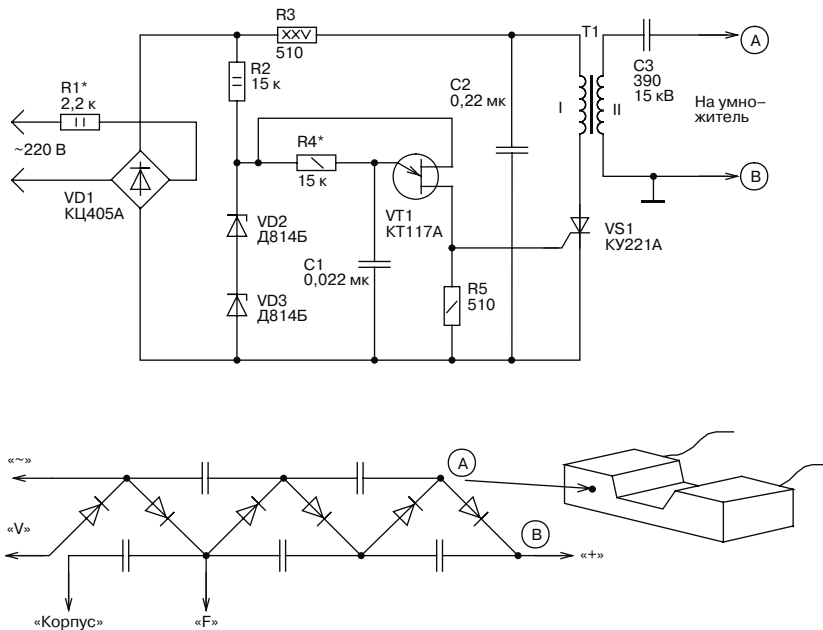


Рис. 4.62.

Неиспользуемые выводы умножителя необходимо также изолировать. Вход умножителя — точки «А» и «В», выход — точки «V» и «корпус». Они соединяются вместе и через резистор МЛТ-2 сопротивлением 10...20 МОм подключаются к излучателю.

Ионизатор, собранный по предлагаемой схеме, прошел годичную проверку и доказал свою высокую эффективность и благотворное воздействие на организм человека. Данный ионизатор эксплуатируется с проволочным излучателем из нихрома диаметром 0,15 мм, натянутым по периметру комнаты на расстоянии не менее полуметра от стен и потолка. Более подробную информацию об этом устройстве можно найти в [126].

4.44. Импульсный понижающий стабилизатор

Вашему вниманию предлагается лабораторный источник питания, разработанный на основе микросхемы КР1155ЕУ2.

Основные технические характеристики:

Входное нестабилизированное напряжение, В 35...46;
 Интервал регулирования выходного
 стабилизированного напряжения, В 5,1...30;
 Максимальный ток нагрузки, А 4;
 Размах (двойная амплитуда) пульсаций
 выходного напряжения при максимальной нагрузке, мВ..... 30;
 Интервал регулирования срабатывания защиты по току, А..... 1...4.

Схема устройства приведена на рис. 4.63. Она мало отличается от стандартной схемы включения, причем позиционные обозначения элементов совпадают. В этой схеме реализован способ управления с фиксированным периодом следования импульсов, т.е. широтно-импульсное управление. Конденсатор С1 — входной фильтр. Он имеет большую, чем указано в типовой схеме включения, емкость, что обусловлено сравнительно большим потребляемым током.

Резисторы R1 и R2 управляют уровнем защиты по току. Максимальному суммарному их сопротивлению соответствует максимальный ток срабатывания защиты, а минимальному сопротивлению — минимальный ток. С помощью конденсатора С4

осуществляется плавный запуск стабилизатора. Кроме того, его емкость определяет период перезапуска при превышении порога защиты по току.

Резистор R5 и конденсаторы C5, C6 — элементы частотной компенсации внутреннего усилителя ошибки. Конденсатор C3 и резистор R3 определяют несущую частоту широтно-импульсного преобразователя. Конденсатор C2 задает время между резким уменьшением выходного напряжения (вызванного внешними причинами, например, кратковременной перегрузкой по выходу) и переходом сигнала RESO (вывод 14 DA1) в состояние, соответствующее нормальной работе, когда транзистор, включенный между выводами RESO и GND внутри микросхемы, закрывается.

Резистор R6 обеспечивает нагрузку открытого коллектора этого транзистора. Если планируется использовать сигнал RESO с привязкой его к напряжению, отличному от выходного напряжения стабилизатора, то резистор R6 не устанавливают, а нагрузку открытого коллектора подключают внутри приемника сигнала RESO. Резистор R4 обеспечивает нулевой потенциал на входе INH1 (вывод 6 DA1), что соответствует нормальной работе микросхемы. Стабилизатор можно выключить внешним сигналом высокого ТТЛ уровня, подав его на этот вывод.

Применение диода КД636АС (его суммарный допустимый ток значительно превосходит требуемый в этом стабилизаторе) позволяет увеличить КПД на 3...5% при незначительном удорожании устройства. Это приводит к снижению температуры теплоотвода и, следовательно, к уменьшению его габаритов и массы.

Резисторы R7 и R8 служат для регулирования выходного напряжения. Когда движок резистора R7 находится в нижнем по схеме положении, напряжение на выходе минимально и равно образцовому напряжению микросхемы DA1, соответственно, когда в верхнем — выходное напряжение максимально. Транзистор VS1 открывается сигналом CBO (вывод 15 DA1), если напряжение на входе CBI (вывод 1 DA1) превышает внутреннее образцовое напряжение микросхемы DA1 приблизительно на 20%. Так осуществляется защита нагрузки от превышения напряжения на выходе.

Все оксидные конденсаторы К50-35, кроме C1 — К50-53. Конденсатор C6 — керамический К10-176, остальные пленочные (К73-9, К73-17 и т.д.). Все постоянные резисторы — С2-23.

Переменные резисторы R2 и R7 — СПЗ-4а мощностью 0,25 Вт. Их устанавливают на плате с помощью кронштейнов. Дроссель L1 наматывают на двух сложенных кольцевых магнитопроводах К20×12×6,5 из пермаллоя МП140. Обмотка содержит 42 витка провода ПЭТВ-2-1,12, намотанных в два слоя: первый — 27-28 витков, второй слой — все остальные.

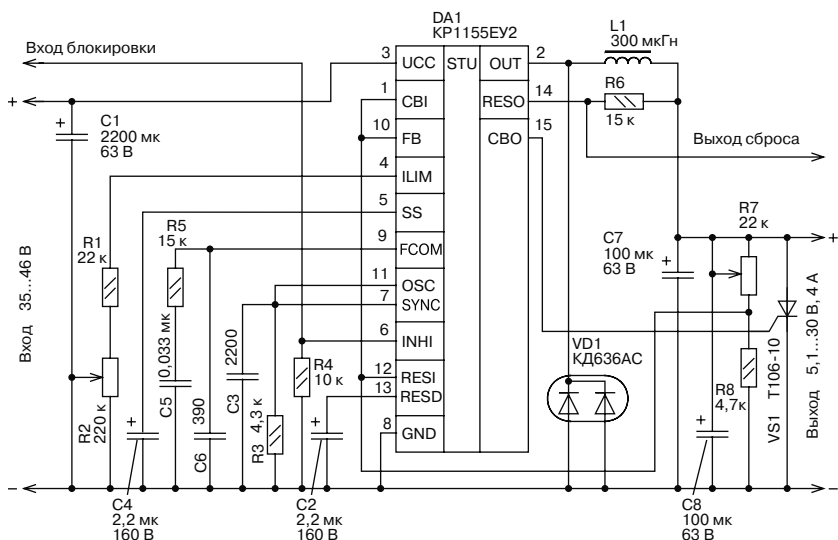


Рис. 4.63.

Стабилизатор собран на плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита. Чертеж платы показан на рис. 4.64.

Микросхему, диод и триностр закрепляют на одном теплоотводе. При этом микросхему в большинстве случаев можно не изолировать от поверхности теплоотвода, поскольку ее фланец соединен с выводом 8 (GND). Диод и триностр необходимо изолировать от радиатора. Следует уделить особое внимание сетевому трансформатору и выпрямителю. Трансформатор рассчитывают на выходную мощность не менее 150 Вт и выходное напряжение холостого хода приблизительно 33 В.

При максимальной нагрузке допустимо уменьшение выходного напряжения не более чем на 1,5 В относительно напряжения холостого хода. Выпрямитель выбирают на ток 3...3,5 А при сум-

марном падении напряжения на его диодах не более 2 В. Выпрямитель (в случае монолитного исполнения) или отдельные диоды можно закрепить на том же теплоотводе, что и стабилизатор. Полное описание этой конструкции приводится в [127].

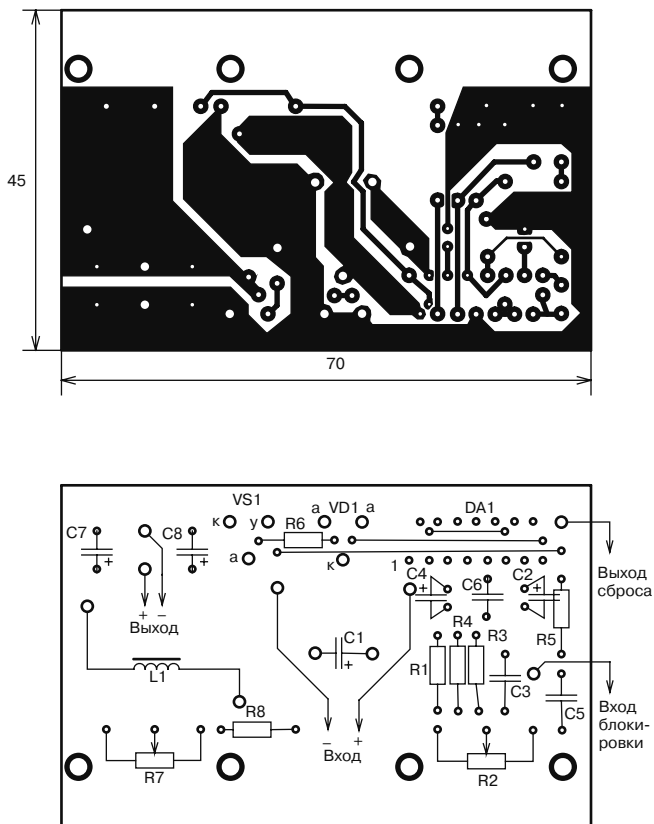


Рис. 4.64.

4.45. Преобразователь напряжения 12 В — 220 В

Преобразователь напряжения (рис. 4.65) обеспечивает сетевое напряжение 220 В 50 Гц на нагрузке мощностью до 5 Вт. Он состоит из задающего генератора с частотой 100 Гц и триггера-делителя на ИМС IC1, мощных МОП-ключей VT1, VT2 и 6-ваттного сетевого трансформатора с вторичными обмотками 2×9 В, включенного как повышающий. При увеличении нагрузки от нулевой до максимальной выходное напряжение уменьшается с 250 В до 200 В, что для большинства устройств является приемлемым. При этом потребляемый устройством ток увеличивается с 80 до 630 мА. Полное описание преобразователя приводится в [128].

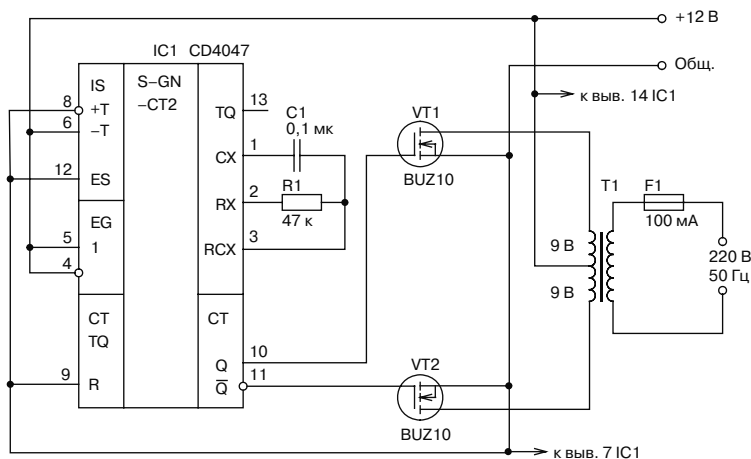


Рис. 4.65.

4.46. Мощный преобразователь напряжения 12 В — 350 В с генератором импульсов

Принципиальная схема преобразователя приведена на рис. 4.66. На микросхеме DA1, прецизионном таймере КР1006ВИ1, собран

генератор тактовых импульсов с рабочей частотой примерно 50 кГц. С выхода 3 микросхемы DA1 сигнал поступает на вход D-триггера DD1. На выходах Q и \bar{Q} микросхемы DD1 появляются импульсы, которые через драйверы на транзисторах VT1 и VT2 поступают на затворы ключевых транзисторов VT3, VT4, нагрузкой которых является импульсный трансформатор Т1. Напряжение со вторичной обмотки трансформатора выпрямляется выпрямителем на диодах VD2...VD5 и сглаживается фильтром, состоящим из двух параллельно включенных конденсаторов C9 и C10.

Постоянное напряжение величиной 350 В поступает на тиристорный генератор импульсов. При указанных на схеме параметрах элементов времязадающих цепей ток импульса на выходе устройства может достигать величины 10 А (при напряжении 270...350 В). При перегрузке частота выходных импульсов ограничивается элементами R23, VD7, C14, которые через делитель R15, R16 подают напряжение, приостанавливающее работу генератора на транзисторе VT5. Резистором R13 можно менять длительность выходного импульса и таким образом регулировать выходную мощность. Резистором R13 подбирается частота следования выходных импульсов.

В устройстве применены радиодетали следующих типов. Постоянные резисторы — МЛТ, R23 — проволочный, переменные резисторы R13 и R18 — любого типа. неполярные конденсаторы типа К10-17. Транзисторы VT1, VT2, VT5, VT6 — любые кремниевые типа КТ315, КТ3102. В качестве VT3, VT4 автор применил транзисторы фирмы Motorola, но их можно заменить на более дешевые транзисторы отечественного производства, подобрав, соответственно, по импульсному току стока (не менее 10 А).

Трансформатор Т1 применен промышленный от первичного источника питания монитора «GoldStar». В качестве обмоток I, II использовались вторичные обмотки источника 5 В, в качестве обмотки III — первичная обмотка сетевого ключа. Трансформатор можно изготовить самостоятельно, намотав его на кольцевом ферритовом сердечнике марки М2000НМ типоразмера К38×16×9. Первичные обмотки содержат по 6 витков проводом ПЭВ-2-1,5 мм. Вторичная обмотка — 190 витков проводом ПЭВ-2 Ø0,5 мм. Обмотки должны быть тщательно изолированы, и после отладки конструкции их лучше залить эпоксидной смолой. Настройку устройства необходимо произвести путем проверки работы узлов схемы осциллографом. Во время настройки в качестве нагрузки необходимо

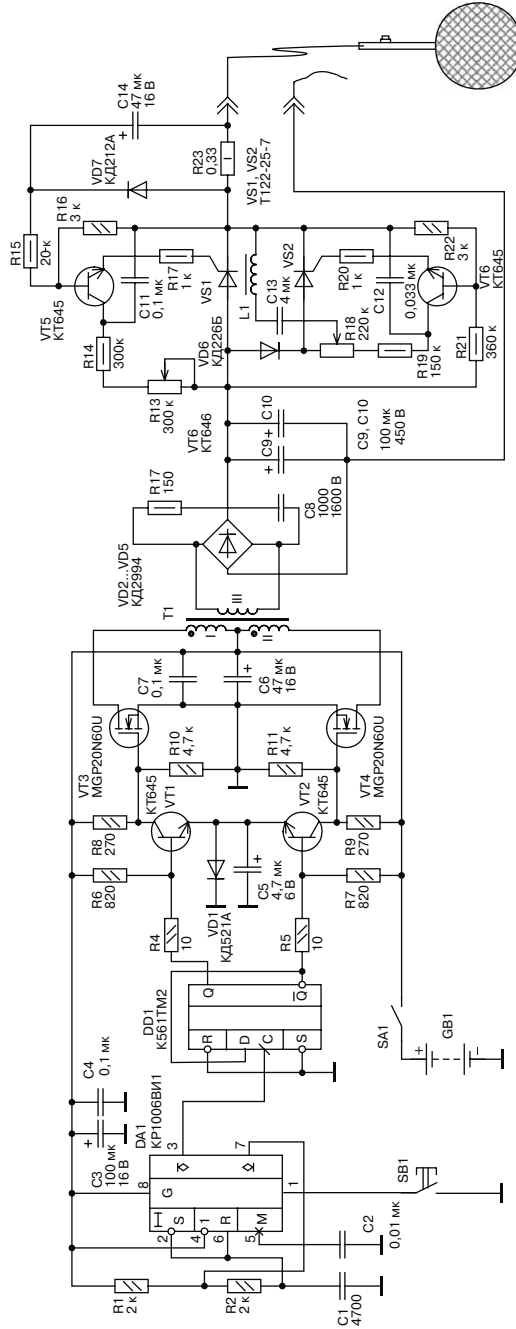


Рис. 4.66.

подключить к выходу эквивалент нагрузки — две последовательно включенные электролампочки мощностью по 100 Вт на 220 В.

Полное описание этого преобразователя приводится в [139].

4.47. Мощный преобразователь 12 В — 350 В на ИМС

Задающий генератор преобразователя (рис. 4.67) собран на стандартном ШИМ-контроллере (импортный аналог из 494-й серии). Контроллер вырабатывает управляющие сигналы для транзисторов усилителя мощности, исключая сквозные токи через них. «Мертвое время» (Dead time) составляет минимум 3% от длительности периода колебаний и задается напряжением на выводе 4 микросхемы DA1: при 0 В — 3%, при 3,5 В — 100%.

Конденсатор C1 служит для плавного запуска преобразователя. В контроллере имеются два усилителя, один из которых используется для предотвращения разряда аккумулятора (не позволит работать преобразователю при снижении напряжения на аккумуляторе ниже 8 В). Цепь для предотвращения разряда аккумулятора желательно ставить не только в случае, когда жалко испортить аккумулятор, но и тогда, когда используются силовые транзисторы без логического управления, т.е. без буквы L (у них порог открывания 4...6 В), и при сильном разряде аккумулятора они могут перейти в активный режим, что приведет к повреждению схемы из-за перегрева.

Частота преобразования задается элементами C3, R8 и при указанных номиналах составляет 40 кГц. Для изменения частоты эти элементы можно менять в пределах 500 пФ ... 0,1 мкФ и 1...100 кОм. Ток холостого хода преобразователя — 70 мА, потребление под нагрузкой — 5...7 А на максимальной нагрузке (около 100 Вт). КПД составляет 98%. Аккумулятор использован на 12 В (10 А·ч). Сердечник трансформатора T1 — два ферритовых кольца M2000HM типоразмера K32×16×9 (диаметр 32 мм, сечение 1,4 см², приходится 3 В на виток). Первичная обмотка содержит 4+4 витка, провод диаметром 0,91 мм (мотается в 4 провода, уложенных лентой). Вторичная обмотка — 130 витков диаметром 0,45 мм.

В качестве микросхемы DA1 подойдет любой контроллер из серии 494 (TL494, UC494, μ PC494, CD494, KA7500). Транзисторы VT1

и VT2 могут быть КТ645, КТ3102 и др. Полевые транзисторы (не IGBT и не КП954) с максимальным напряжением не ниже 50 В, сопротивлением канала $<0,015$ Ом и затворной емкостью <3000 пФ. Транзисторы IRL3705L имеют сопротивление в открытом состоянии $R_{3C} = 0,01$ Ом, и их можно заменить двумя включенными параллельно IRFZ44N ($R_{3C} = 0,022$ Ом).

Существуют минские транзисторы завода «Интеграл» КП732Г, они лучше заявленного аналога IRFLZ44, паспортное сопротивление у них 28 мОм, а по измерениям — 18 мОм, и стоят они дешевле. Из наших новых подойдут КП812. Диоды VD3...VD6 желательно использовать быстродействующие (не быстрые сильно греются при больших нагрузках), с обратным напряжением не менее 400 В, и на ток не менее 1 А. Полное описание монтажа и настройки устройства приводится в [140].

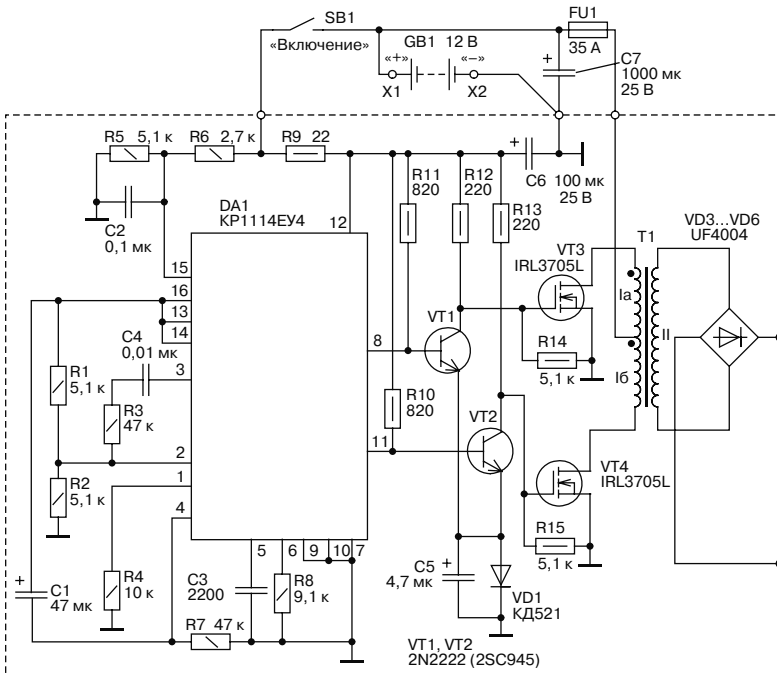


Рис. 4.67.

4.48. Преобразователь 12 В — 220 В с использованием стандартного трансформатора

Предлагаемая схема преобразователя (рис. 4.68) отличается простотой изготовления, выполнена на минимальном количестве деталей. Каких-либо особенностей устройство не имеет, в наладке не нуждается. Преобразователь может быть использован в качестве резервного источника питания. Трансформатор применен готовый — от обычного блока питания, но в обратном включении. Он имеет две обмотки на 9 В с максимальным током нагрузки 1,2...1,5 А и сетевую обмотку на 220 В. Подробнее об этой схеме можно прочитать в [141].

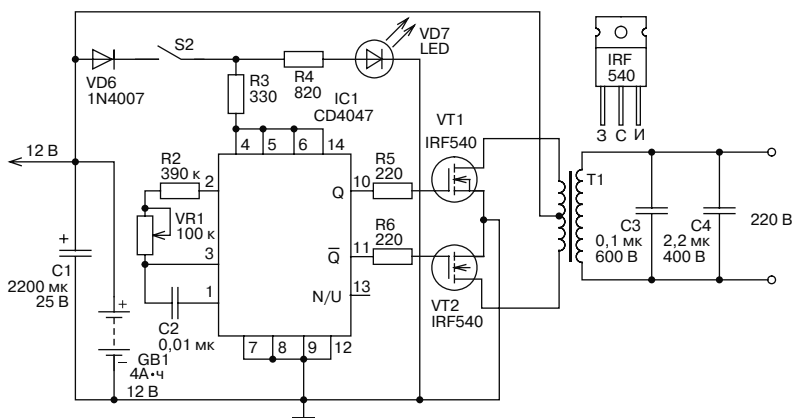


Рис. 4.68.

4.49. Безроссельный преобразователь напряжения

Схема безроссельного импульсного преобразователя напряжения представлена на рис. 4.69. Схема обеспечивает преобразование напряжения 12 В в напряжение 15...27 В при токе нагрузки до 3...3,5 А. Осциллограммы, изображенные на рис. 4.70, поясняют работу преобразователя. Генератор на DD1.1, DD1.2 формирует меандр частотой около 20 кГц. Если бы ключевые транзисторы

VT1, VT2 открывались противофазными сигналами с выходов триггера DD2, в момент переключения через транзисторы протекал сквозной ток, и происходило бы короткое замыкание источника питания. Для устранения данного явления импульсы отрицательной полярности (см. рис. 4.70) формируются так, чтобы переходные процессы в транзисторах происходили бы попеременно и не совпадали по времени.

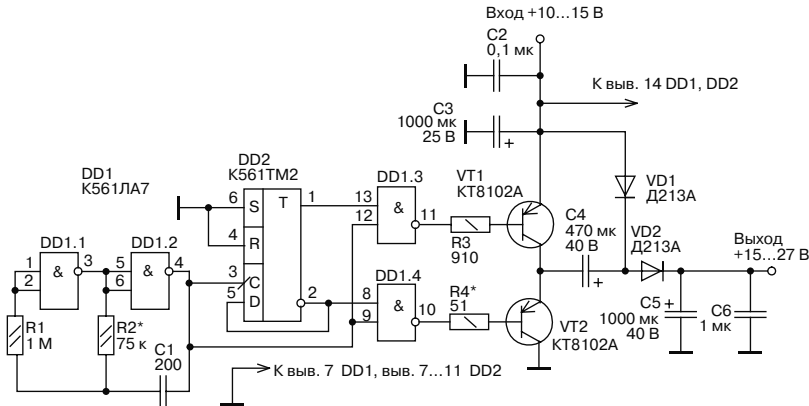


Рис. 4.69.

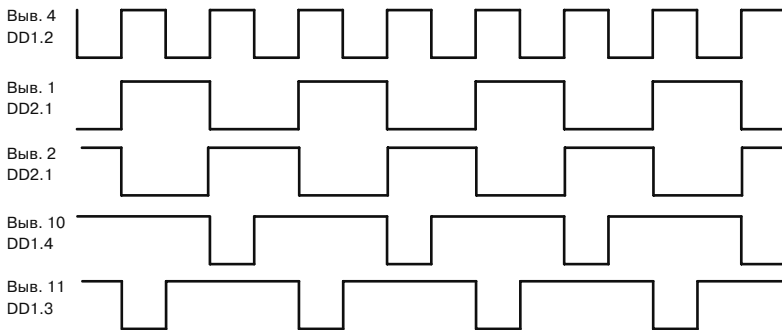


Рис. 4.70.

В момент открывания VT2, C4 заряжается через диод VD1 до напряжения питания. После того как откроется VT1, C4 будет включен последовательно с цепью питания. При этом VD1 будет

препятствовать взаимодействию С4 с источником питания по параллельной схеме, а С5 будет заряжаться через диод VD2 напряжением источника питания, сложенным с напряжением на заряженной емкости С4. Напряжение на выходе преобразователя в некоторой степени зависит от входного напряжения и тока нагрузки. Работоспособность схемы сохраняется при снижении напряжения питания до +5...6 В (после удвоения это напряжение становится равным +10...+12 В, что позволяет использовать преобразователь также и для питания двенадцативольтовой аппаратуры от малогабаритных аккумуляторов). Описание преобразователя приводится в [114].

4.50. Регулируемый преобразователь напряжения

Тем, кто пытался использовать автомобильную аккумуляторную батарею для питания электронных устройств, хорошо знакома эта проблема — хотя напряжение батареи должно быть примерно равно 12 В, в действительности оно может быть 11 В или даже меньше (в зависимости от состояния аккумулятора). Но для питания многих устройств необходимо стабильное напряжение 12 В или даже 15...18 В. Проблему можно решить с помощью преобразователя напряжения. Для небольших токов (максимум 1 А) можно использовать предлагаемую схему. При входном напряжении от 10 до 12 В выходное напряжение можно регулировать в пределах 2...15 В.

Схема (рис. 4.71) очень проста. Напряжение батареи прежде всего удваивается с помощью стандартной ИМС усилителя НЧ (TDA2002 или TDA2003). Напряжение с ее выхода подается на регулятор напряжения (LM317), который обеспечивает выходное напряжение от 2 до 15 В и ток нагрузки до 1 А. Максимальный ток зависит от выходного напряжения (поскольку мощность потерь регулятора зависит от величины напряжения). Можно получить и выходное напряжение в пределах 2...18 В. Для этого необходимо только поменять резистор 390 Ом у стабилизатора LM317 на резистор 470 Ом. Настройка устройства очень проста. Вначале проверяется удвоитель напряжения. Для этого лучше всего подключить устройство к лабораторному сетевому блоку и постепен-

но увеличивать напряжение. Выходное напряжение должно быть примерно в два раза больше входного. Если это не так, скорее всего, имеется ошибка в монтаже или же где-то плохая пайка. Подробнее устройство описано в [115].

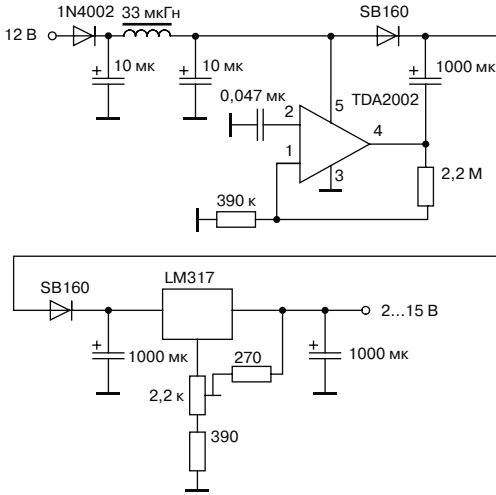


Рис. 4.71.

Глава 5

Импульсные блоки питания

5.1. Импульсный блок питания 5 В 0,2 А

Небольшие размеры устройства достигнуты благодаря тому, что в нем применены малогабаритные детали. Транзисторы рассеивают мало тепла: когда через них протекает ток, они полностью открыты. Источник не критичен к замыканию выхода. Схема блока питания изображена на рис. 5.1. Рабочие точки транзисторов VT1, VT2 резисторами R1, R3, R5, R7 выведены на границу режима отсечки. Транзисторы еще закрыты, но увеличена проводимость участка коллектор-эмиттер, и даже небольшой рост напряжения на базе приведет к открытию транзисторов: т.е. уменьшены напряжения со вторичных обмоток трансформатора T1, необходимые для управления.

Чтобы создать условия для автогенерации, следовало бы еще больше увеличить проводимость транзисторов, однако сделать это путем дальнейшего повышения напряжения на базе нельзя, потому что проводимость при этом окажется различной для разных транзисторов и будет изменяться по мере изменения температуры. Поэтому применены резисторы R2, R6, включенные параллельно транзисторам. При включении источника питания сглаживающий конденсатор C1 заряжается через резистор R4, защищающий диодный мост VD1 от перегрузки. Подача входного напряжения вызывает появление напряжения на выходе запускаящего делителя, образованного резисторами R2 и R6. Это напряжение приложено к колебательному контуру из первичной обмотки трансформатора T1 и конденсатора C2.

Во вторичной обмотке II наводится импульс ЭДС. Мощность этого импульса достаточна для введения транзистора VT1 в на-

сыщение, так как в начальный момент ток через него не проходит из-за самоиндукции трансформатора Т1. Затем начинает поступать ток со вторичной обмотки II, удерживающий транзистор VT1 в открытом состоянии. Транзистор VT2 в течение этого полупериода колебательного процесса полностью закрыт. Его удерживает в таком состоянии ЭДС, наводимая во вторичной обмотке III.

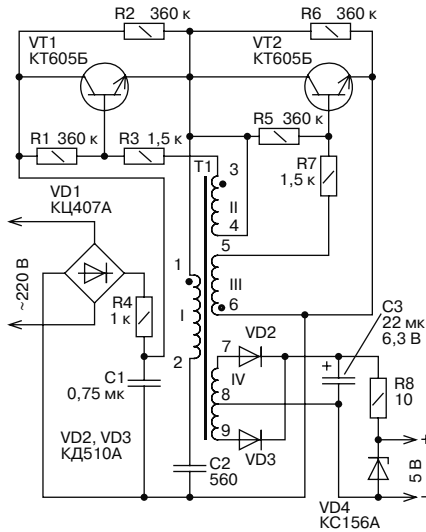


Рис. 5.1.

После зарядки конденсатора C2 ток, проходящий через транзистор VT1, прекращается и он закрывается. Во втором полупериоде колебательного процесса в контуре (Т1, С2) ток в начальный момент, когда еще транзисторы закрыты, проходит через второе плечо запускающего делителя (параллельно включенные резистор R6 и участок коллектор-эмиттер транзистора VT2). Аналогично открывается транзистор VT2 и затем удерживается в полностью открытом состоянии. После разрядки конденсатора C2 ток через транзистор VT2 прекращается и он закрывается. Таким образом, ток через транзисторы проходит только в том случае, когда они полностью открыты и имеют минимальное сопротивление участка коллектор-эмиттер, поэтому мощность тепловых потерь мала.

Высокочастотные колебания выпрямляются диодами VD2, VD3, пульсации сглаживает конденсатор C3. Выходное напряжение поддерживается постоянным стабилитроном VD4. К выходу ис-

точника питания можно подключать нагрузку с потребляемым током до 40 мА. При большем токе увеличиваются низкочастотные пульсации и уменьшается выходное напряжение. Незначительный нагрев транзисторов, не зависящий от тока нагрузки, объясняется тем, что в этом устройстве возможно прохождение сквозного тока через транзисторы, когда первый транзистор еще не успел полностью закрыться, а второй уже начал открываться. Источник питания можно использовать вплоть до замыкания выхода, ток которого равен 200 мА.

Трансформатор выполнен на кольцевом ферритовом магнитопроводе К10×6×5 1000НН. Обмотки I, II, III, IV содержат, соответственно, 400, 30, 30, 20+20 витков провода ПЭЛШО-0,07. Для повышения надежности необходимо изолировать обмотки одну от другой трансформаторной бумагой или тонкой лакотканью. Магнитопровод можно применять любой с близкой начальной проницаемостью и размерами. Конденсатор С2 — КМ-4 или любой другой указанной емкости на номинальное напряжение не менее 250 В. При отсутствии малогабаритных высоковольтных конденсаторов на месте С1 допустимо использовать пять включенных параллельно конденсаторов КМ-5 группы Н90 емкостью 0,15 мкФ. Хотя в справочниках указано, что их номинальное напряжение 50 В, практически большинство из них выдерживает постоянное входное напряжение. Их пробой не вызовет каких-либо серьезных последствий, так как резистор R4 сработает как предохранитель. Конденсатор С3 — К53-16 или любой малогабаритный с емкостью и номинальным напряжением не ниже указанных на схеме. Все резисторы — С2-23, МЛТ или другие малогабаритные. Теплоотводы для транзисторов не требуются. Рабочая частота преобразования около 100 кГц при токе, потребляемом нагрузкой, 50 мА. Чем больше рабочая частота переключения транзисторов, тем меньшую индуктивность может иметь колебательный контур, а следовательно, и меньшие размеры трансформатора и всего источника питания. Правильно собранный блок питания должен сразу заработать.

Однако, если транзисторы сильно нагреваются (а это значит, они полностью не открываются), подбирают резисторы R3, R7 и пропорционально им R1, R5. Выходное напряжение может быть иным. Для этого следует изменить число витков обмотки IV и заменить VD4 другим стабилитроном. Источником можно питать устройства, выполненные на цифровых микросхемах, и другую малочувстви-

тельную к помехам аппаратуру. Для питания радиоприемников и усилительной аппаратуры он не пригоден из-за довольно большого уровня шумов. Помехи, излучаемые в эфир и наводимые в сеть, слабые, так как мощность источника мала. Экраном устройства служит корпус от батареи «Крона».

На рис. 5.2 представлен чертеж печатной платы. Плата выполнена из одностороннего фольгированного стеклотекстолита или гетинакса. Ее можно изготовить без травления, удаляя резцом фольгу по линиям. Транзисторы следует устанавливать один чуть выше другого, чтобы их корпуса не соприкасались. Цифрами обозначены отверстия, соответствующие номерам выводов трансформатора Т1. Выводы 1 и 4 запаены в одно отверстие. Конденсатор С1 расположен над диодным мостом. Сетевые провода закреплены скобой, впаянной в плату. Трансформатор Т1 надет на штырь из проволоки, запаянный в плату. На этот штырь нужно надеть изоляционную трубку. Выходная колодка припаяна короткими толстыми проводами к выводам стабилизатора.

Резисторы и диоды установлены вертикально. Собранный блок изолируют бумагой или пленкой от металлического корпуса батареи «Крона», в котором его и размещают. При монтаже и наладивании устройства следует соблюдать общеизвестные меры предосторожности работы с сетью напряжением 220 В.

Дополнительную информацию об этом блоке питания можно найти в [79].

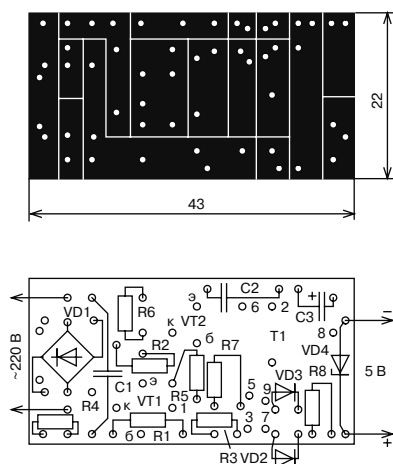


Рис. 5.2.

5.2. Миниатюрный импульсный сетевой блок питания

Этот блок может быть использован для питания электронных часов, микрокалькулятора, электронного термометра, другой маломощной радиоэлектронной аппаратуры (рис. 5.3).

Основные технические характеристики:

Переменное напряжение источника питания, В.....	220 ±15%;
Максимальная мощность нагрузки, Вт	3;
Частота преобразования, кГц	35;
Коэффициент полезного действия, %	75;
Удельная мощность, Вт/дм ³	115.

Основным узлом блока является так называемый полумостовой преобразователь напряжения, выполненный на транзисторах VT1, VT2 и трансформаторе T1. Напряжение питающей сети выпрямляется диодным мостом VD1. Стабилитроны VD3...VD5 и резистор R1, включенные параметрическим стабилизатором, вместе с конденсаторами C2...C4 образуют делитель выпрямленного напряжения. Светодиод VD2 служит индикатором включения источника питания. Напряжение на симметричном стабилитроне VD3 используется для питания задающего генератора. Резистор R1, входящий как балластный в параметрический стабилизатор, обеспечивает напряжение вольтодобавки на конденсаторе C8.

В случае короткого замыкания на выходе этот резистор ограничивает ток, потребляемый блоком питания от сети. Кроме этого, он и конденсатор C1 образуют фильтр, подавляющий высокочастотные помехи, создаваемые преобразователем. Задающий генератор собран на операционном усилителе DA1 по схеме мультивибратора. Его особенность — использование для питания однополярного напряжения, снимаемого со стабилитрона VD3, что снижает общее число элементов блока.

Гальваническую развязку генератора и высоковольтного транзистора VT1 по постоянному току обеспечивает конденсатор C6. Необычен и способ управления транзистором VT2. Его открывает ток, протекающий через резистор R9 тогда, когда закрыт транзистор VT1. В момент открывания транзистора VT1 к эмиттерному переходу транзистора VT2 прикладывается обратное напряжение, вызывающее эффективное рассасывание неосновных носителей в базе, что приводит к его закрыванию без появления

Резистор R9 выбирают из условия насыщения транзистора VT2, что определяют с помощью осциллографа. Сопротивление резистора R1 должно быть таким, чтобы при номинальной нагрузке и напряжении питающей сети 220 В через стабилитроны VD4, VD5 протекал ток не менее 5 мА. Для снижения пульсаций выходного напряжения емкость конденсаторов C3 и C4 надо увеличить в 2...3 раза. Кроме того, уровень пульсаций можно дополнительно снизить путем подключения параллельно конденсатору C7 оксидного конденсатора емкостью 50...100 мкФ на номинальное напряжение 10 В. Подробное описание блока приведено в [80].

5.3. Импульсный источник питания 5 В 6 А

Этот импульсный преобразователь предназначен для питания электронных устройств напряжением 5 В от сети переменного тока. Преобразователь не содержит дефицитных и дорогих элементов, прост в изготовлении и наладивании. Источник питания снабжен защитой от бросков выходного напряжения и от перегрузки по току с автоматическим возвратом в рабочий режим после ее устранения.

Основные технические параметры:

Входное напряжение, В	150...240;
Частота входного напряжения, Гц	50...60;
Частота преобразования, кГц	100;
Выходное напряжение, В	5;
Амплитуда пульсаций выходного напряжения, мВ, не более	50;
Ток нагрузки, А	0...6;
Температура окружающей среды, °С	-10...+50;
Габариты, мм	60×95×30.

На рис. 5.4 показана схема устройства. Узел управления реализует широтно-импульсный принцип стабилизации выходного напряжения. На элементах DD1.1, DD1.2 выполнен задающий генератор, работающий на частоте около 100 кГц при скважности, близкой к двум. Импульсы длительностью около 5 мкс через конденсатор C11 поступают на вход элемента DD1.3, а затем усиливаются по току включенными параллельно элементами DD1.4...DD1.6. Чтобы стабилизировать выходное напряжение источника питания, длитель-

ность импульса во время регулирования уменьшается. «Укорачивает» импульсы транзистор VT1. Открываясь каждый период работы генератора, он принудительно устанавливает на входе элемента DD1.3 низкий уровень. Это состояние удерживается до конца очередного периода разряженным конденсатором C11.

На транзисторах VT2, VT3 выполнен мощный усилитель тока, обеспечивающий форсированное переключение коммутирующего транзистора VT4. Диаграммы напряжения на основных элементах источника питания во время его запуска показаны на рис. 5.5. Когда транзистор VT4 открыт, ток, протекающий через него и обмотку I трансформатора T1, линейно нарастает. Импульсное напряжение с датчика тока R11 через резистор R7 подается на базу транзистора VT1. Чтобы исключить ложное открывание транзистора, выбросы тока сглаживает конденсатор C12.

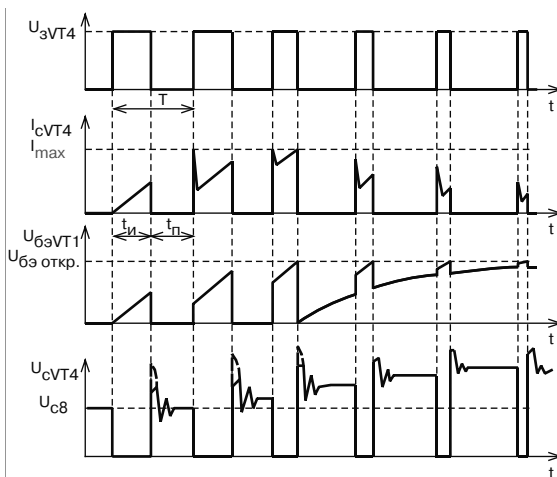


Рис. 5.5.

Первые после запуска несколько периодов мгновенное напряжение на базе транзистора VT1 остается меньше напряжения открывания. Как только мгновенное напряжение во время очередного периода достигнет порога 0,7 В, транзистор VT1 откроется, что, в свою очередь, приведет к закрыванию коммутирующего транзистора VT4. Таким образом, ток в обмотке I, а значит, и в нагрузке не

может превышать некоторого значения, заранее определенного сопротивлением резистора R11. Этим обеспечивается защита источника питания от перегрузки по току. Фазировка обмоток трансформатора T1 установлена такой, что во время открытого состояния транзистора VT4 диоды VD7 и VD9 закрыты обратным напряжением. Когда коммутирующий транзистор закрывается, напряжение на всех обмотках меняет знак и увеличивается до тех пор, пока эти диоды не откроются. Тогда энергия, накопленная во время импульса в магнитном поле трансформатора T1, направляется на зарядку конденсаторов выходного фильтра C15...C17 и конденсатора C9. Заметим, что, поскольку фазировка обмоток II и III совпадает, напряжение на конденсаторе C9 в режиме стабилизации выходного напряжения также стабилизировано независимо от значения входного напряжения источника питания.

Регулирующим элементом источника питания является микросхема DA2 KP142EH19A. Когда напряжение на управляющем выводе 1 микросхемы достигнет 2,5 В, через нее и через излучающий диод оптрона начинает протекать ток, увеличивающийся с ростом выходного напряжения. Фототранзистор оптрона открывается, и ток, протекающий через резисторы R5, R7 и R11, создает на них падение напряжения, также увеличивающееся с ростом выходного напряжения. Мгновенное напряжение на базе транзистора VT1, равное сумме падения напряжения на резисторе R7 и датчике тока R11, не может превышать 0,7 В. Поэтому при увеличении тока фототранзистора оптрона увеличивается постоянное напряжение на резисторе R7 и уменьшается амплитуда импульсной составляющей на резисторе R11, что, в свою очередь, происходит только из-за уменьшения длительности открытого состояния коммутирующего транзистора VT4. Если же длительность импульса уменьшается, то сокращается и «порция» энергии, перекачиваемая каждый период трансформатором T1 в нагрузку.

Таким образом, если выходное напряжение источника питания меньше номинального значения, например, во время его запуска, длительность импульса и энергия, передаваемая на выход, максимальны. Когда выходное напряжение достигнет номинального уровня, появится сигнал обратной связи, вследствие чего длительность импульса уменьшится до значения, при котором выходное напряжение стабилизируется. Если по каким-либо причинам выходное напряжение увеличивается, например, при резком умень-

шении тока нагрузки, сигнал обратной связи также увеличивается, а длительность импульса уменьшается вплоть до нулевой и выходное напряжение источника питания возвращается к номинальному значению.

На микросхеме DA1 выполнен узел запуска преобразователя. Его назначение — блокировать работу узла управления, если напряжение питания меньше 7,3 В. Это обстоятельство связано с тем, что коммутатор — полевой транзистор IRFBE20 — не полностью открывается при напряжении на затворе менее 7 В. Узел запуска работает следующим образом. При включении источника питания конденсатор C9 начинает заряжаться через резистор R8. Пока напряжение на конденсаторе составляет единицы вольт, на выходе (вывод 3) микросхемы DA1 удерживается низкий уровень и работа узла управления заблокирована. В этот момент микросхема DA1 по выводу 1 потребляет ток 0,2 мА и падение напряжения на резисторе R1 составляет около 3 В. Примерно через 0,15...0,25 с напряжение на конденсаторе достигнет 10 В, при котором напряжение на выводе 1 микросхемы DA1 равно пороговому значению (7,3 В). На ее выходе появляется высокий уровень, разрешающий работу задающего генератора и узла управления. Начинается запуск преобразователя. В это время узел управления питается энергией, запасенной в конденсаторе C9. Напряжение на выходе преобразователя начнет увеличиваться, а значит, оно будет увеличиваться и на обмотке II во время паузы. Когда оно станет больше напряжения на конденсаторе C9, диод VD7 откроется и конденсатор в дальнейшем будет каждый период подзаряжаться от вспомогательной обмотки II. Здесь, однако, следует обратить внимание на важную особенность источника питания.

Ток зарядки конденсатора через резистор R8, в зависимости от входного напряжения источника питания, составляет 1...1,5 мА, а потребление узла управления во время работы — 10...12 мА. Это означает, что во время запуска конденсатор C9 разряжается. Если его напряжение уменьшится до порогового уровня микросхемы DA1, узел управления выключится, а поскольку в выключенном состоянии он потребляет не более 0,3 мА, напряжение на конденсаторе C9 будет увеличиваться до повторного включения. Такое происходит либо при перегрузке, либо при большой емкостной нагрузке, когда напряжение на выходе не успевает за пусковое время 20...30 мс увеличиться до номинального значения. В этом случае необходимо увеличить емкость конденсатора C9. Между

прочим, указанная особенность работы узла управления позволяет источнику питания находиться в режиме перегрузки неограниченно долго, поскольку он в этом случае работает в пульсирующем режиме, причем время работы (запуск) в 8...10 раз меньше времени нерабочего состояния. Коммутирующие элементы при этом даже не нагреваются.

Еще одна особенность источника питания — защита нагрузки от превышения напряжения, которое происходит, например, при отказе какого-либо элемента в цепи обратной связи. В рабочем режиме напряжение на конденсаторе С9 — примерно 10 В и стабилитрон VD1 закрыт. В случае обрыва в цепи обратной связи выходное напряжение увеличивается сверх номинального значения. Но вместе с ним увеличивается напряжение на конденсаторе С9 и при значении около 13 В стабилитрон VD1 открывается. Процесс длится 50...500 мс, в течение которых ток через стабилитрон плавно нарастает, многократно превышая его максимальное значение. При этом кристалл элемента нагревается и расплавляется — стабилитрон практически превращается в перемычку с сопротивлением от единиц до нескольких десятков ом. Напряжение на конденсаторе С9 уменьшается до значений, недостаточных для включения узла управления. Выходное же напряжение, получив в зависимости от тока нагрузки приращение в 1,3...1,8 раза, уменьшается до нуля. На элементах L2, С19 выполнен дополнительный фильтр, уменьшающий амплитуду пульсаций выходного напряжения. Чтобы уменьшить проникновение высокочастотных помех в сеть, на входе установлен фильтр С1...С3, L1, С4...С7, который к тому же сглаживает потребляемый во время работы импульсный ток с частотой 100 Гц. Терморезистор RK1 (TR10) имеет относительно высокое сопротивление в холодном состоянии, что ограничивает пусковой ток преобразователя при включении и защищает диоды выпрямителя.

Во время работы терморезистор нагревается, сопротивление его уменьшается в несколько раз и на КПД источника питания практически не влияет. При закрывании транзистора VT4 на обмотке I трансформатора T1 возникает импульс напряжения, амплитуда которого определяется индуктивностью рассеяния. Чтобы ее уменьшить, в преобразователе установлена цепь VD8, R9, С14. Она устраняет опасность пробоя коммутирующего транзистора и снижает требования по максимальному напряжению на его стоке, что повышает надежность преобразователя в целом.

Источник питания выполнен, в основном, на стандартных отечественных и импортных элементах, за исключением моточных изделий. Дроссели L1 и L2 намотаны на кольцах K10×6×4,5 из пермаллоя МП140. Магнитопроводы сначала изолируют одним слоем лакоткани. Каждую обмотку наматывают проводом ПЭТВ-0,35 витков к витку в два слоя на своей половине кольца, причем между обмотками дросселя L1 должен оставаться зазор не менее 1 мм. Обмотки дросселя L1 содержат по 26 витков, а дросселя L2 — по семь витков, но в восемь проводников каждая. Намотанные дроссели пропитывают клеем БФ-2 и сушат при температуре около 60°C.

Трансформатор — главная и самая ответственная деталь источника питания. От качества его изготовления зависит надежность и устойчивость работы преобразователя, его динамические характеристики и работа в режиме холостого хода и перегрузки. Трансформатор выполнен на кольце K17×10×6,5 из пермаллоя МП140. Перед намоткой магнитопровод изолируют двумя слоями лакоткани. Провод укладывают плотно, но без натяга. Каждый слой обмотки промазывают клеем БФ-2, а потом обматывают лакотканью.

Первой наматывают обмотку I. Она содержит 228 витков провода ПЭТВ-0,2...0,25, намотанных витков к витку в два слоя, между которыми проложен один слой лакоткани. Обмотку изолируют двумя слоями лакоткани. Следующей наматывают обмотку III. Она содержит семь витков провода ПЭТВ-0,5 в шесть проводников, распределенных равномерно по периметру кольца. Поверх нее укладывают один слой лакоткани. И, наконец, последней наматывают обмотку II, содержащую 13 витков провода ПЭТВ-0,15...0,2 в два проводника, которую равномерно укладывают по периметру кольца с некоторым натягом для плотного прилегания к обмотке III. После этого готовый трансформатор обматывают двумя слоями лакоткани, промазывают снаружи клеем БФ-2 и просушивают при температуре 60°C.

На месте транзистора VT4 можно применить другой с допустимым напряжением на стоке не менее 800 В и максимальным током 3...5 А, например, BUZ80A, КП786А, а на месте диода VD8 — любой быстродействующий диод с допустимым обратным напряжением не менее 800 В и током 1...3 А, например, FR106. Теплоотвод транзистора соединяют с общей точкой конденсаторов C1 и C2. В этом случае источник питания лучше подключать к трехконтактной розетке с заземлением. Указанные меры позволяют зна-

чительно уменьшить излучаемые преобразователем помехи. Если все элементы источника питания исправны, правильно изготовлены и соединены в соответствии со схемой, в налаживании он не сложен. Подробная методика изготовления и наладки приводится в [81]. Во время налаживания и работы с преобразователем помните, что его элементы находятся под высоким напряжением, опасным для жизни. Будьте внимательны и осторожны!

5.4. Импульсный стабилизатор напряжения на КТ825

Благодаря высокому КПД импульсные стабилизаторы напряжения получают в последнее время все более широкое распространение, хотя они, как правило, сложнее традиционных и содержат большее число элементов. Так, например, несложный импульсный стабилизатор (рис. 5.6) с выходным напряжением, меньшим входного, можно собрать всего на трех транзисторах, два из которых (VT1, VT2) образуют ключевой регулируемый элемент, а третий (VT3) является усилителем сигнала рассогласования.

Устройство работает в автоколебательном режиме. Напряжение положительной обратной связи с коллектора транзистора VT2 (он составной) через конденсатор C2 поступает в цепь базы транзистора VT1. Транзистор VT2 периодически открывается до насыщения током, протекающим через резистор R2. Так как коэффициент передачи тока базы этого транзистора очень большой, то он насыщается при относительно небольшом базовом токе. Это позволяет выбрать сопротивление резистора R2 довольно большим и, следовательно, увеличить коэффициент передачи регулирующего элемента.

Напряжение между коллектором и эмиттером насыщенного транзистора VT1 меньше, чем напряжение открывания транзистора VT2 (в составном транзисторе, как известно, между выводами базы и эмиттера включено последовательно два p-n перехода), поэтому, когда транзистор VT1 открыт, VT2 надежно закрыт.

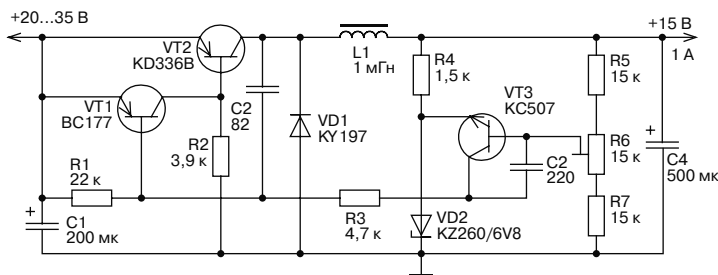


Рис. 5.6.

Элементом сравнения и усилителем сигнала рассогласования является каскад на транзисторе VT3. Его эмиттер подключен к источнику образцового напряжения — стабилитрону VD2, а база — к делителю выходного напряжения R5...R7.

В импульсных стабилизаторах регулирующий элемент работает в ключевом режиме, поэтому выходное напряжение регулируется изменением скважности работы ключа. В рассматриваемом устройстве открыванием и закрыванием транзистора VT2 по сигналу транзистора VT3 управляет транзистор VT1. В моменты, когда транзистор VT2 открыт, в дросселе L1, благодаря протеканию тока нагрузки, запасается электромагнитная энергия. После закрывания транзистора запасенная энергия через диод VD1 отдается в нагрузку.

Несмотря на простоту, стабилизатор обладает довольно высоким КПД. Так, при входном напряжении 24 В, выходном 15 В и токе нагрузки 1 А измеренное значение КПД было равно 84%.

Дроссель L1 намотан на кольцо K26×16×12 из феррита с магнитной проницаемостью 100 проводом диаметром 0,63 мм и содержит 100 витков. Индуктивность дросселя при токе подмагничивания 1 А около 1 мГн. Характеристики стабилизатора во многом определяются параметрами транзистора VT2 и диода VD1, быстродействие которых должно быть максимально возможным. В стабилизаторе можно применить транзисторы КТ825Г (VT2), КТ313Б, КТ3107Б (VT1), КТ315Б, (VT3), диод КД213 (VD1) и стабилитрон КС168А (VD2).

5.5. Экономичный импульсный блок питания

Уменьшение массы и габаритов и повышение экономичности источников питания является одной из актуальных задач при конструировании современной радиоэлектронной аппаратуры. Наиболее просто эта задача решается заменой традиционного выпрямителя (с громоздким сетевым трансформатором и емкостным фильтром) высокочастотным преобразователем с последующим выпрямлением высокочастотного напряжения.

Принципиальная схема такого источника питания изображена на рис. 5.7. На выходе блока получают двуполярное напряжение 2×27 В при токе нагрузки до 0,6 А. Амплитуда пульсаций выходного напряжения при максимальном токе нагрузки не превышает 30 мВ.

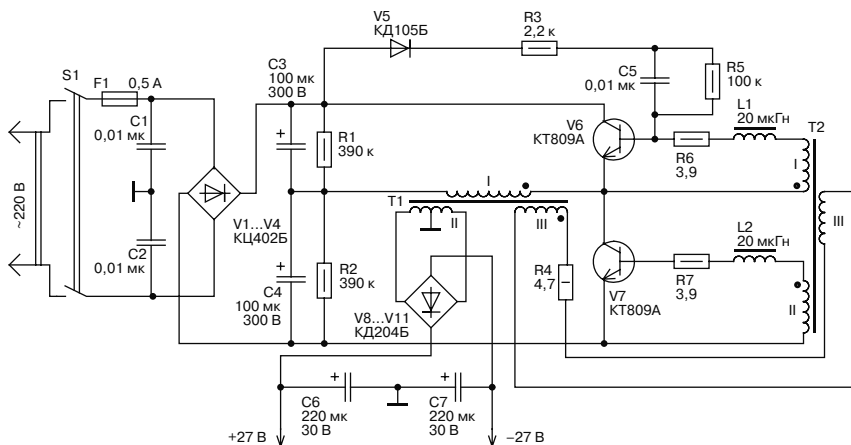


Рис. 5.7.

Выпрямитель сетевого напряжения собран на диодах V1...V4. Преобразователь выпрямленного напряжения выполнен на транзисторах V6, V7 и трансформаторах T1 и T2, а выпрямитель напряжения повышенной частоты — на диодах V8...V11. Рабочая частота преобразователя напряжения 22 кГц. Конденсаторы C1 и C2 необходимы для защиты питающей сети от помех, возникающих при работе преобразователя. Резисторы R1 и R2 совместно

с конденсаторами С3, С4 являются первичным фильтром и одновременно делителем напряжения для преобразователя. Цепочка V5, R3, C5, R5 служит для облегчения запуска генератора преобразователя. Фильтром выпрямленного высокочастотного напряжения служат конденсаторы С6, С7.

Использование двух трансформаторов в преобразователе напряжения позволило увеличить его КПД. В обычных преобразователях с одним трансформатором последний работает в режиме насыщения. В преобразователе с двумя трансформаторами выходной трансформатор работает в линейном режиме при значительно меньших индукциях, чем в однотрансформаторном преобразователе. Это позволяет уменьшить потери в сердечнике, а следовательно, повысить КПД преобразователя.

Насыщающийся трансформатор Т2 рассчитан только на мощность, потребляемую базовыми цепями транзисторов V6 и V7 и поэтому имеет небольшие размеры. К недостаткам преобразователей с одним трансформатором следует отнести и то, что в момент переключения транзисторов появляется значительный выброс коллекторного тока. В преобразователе с двумя трансформаторами этот выброс практически отсутствует, что значительно снижает так называемые динамические потери и повышает общий КПД преобразователя.

Наличие связи между трансформаторами через обмотки III приводит к тому, что в нужный момент трансформатор Т2 входит в режим насыщения. Это необходимо для того, чтобы выполнялись условия работы преобразователя, о которых было сказано выше. Трансформатор Т2 является коммутирующим элементом, включенным в базовые цепи транзисторов V6 и V7. При насыщении трансформатора Т2 его намагничивающий ток быстро возрастает, вследствие чего возрастает падение напряжения на резисторе R4 и уменьшается напряжение на обмотке III, а следовательно, и на обмотках I и II, что приводит к уменьшению тока базы и выходу открытого транзистора в активную область и переключению транзисторов. Частота переключения определяется временем перемагничивания сердечника насыщающегося трансформатора Т2.

Дроссели L1 и L2 обеспечивают задержку открывания одного транзистора до тех пор, пока другой полностью не закроется. Это необходимо для устранения сквозных токов и уменьшения потерь при переключении транзисторов. Данные трансформаторов и

дросселей помещены в табл. 5.1. Правильно собранный блок питания налаживания не требует. Подробное описание блока питания приводится в [82].

Таблица 5.1

Обозначение	Обмотка	Число витков	Провод	Сердечник
Т1	I	160	ПЭВ-2-0,33	Кольцо 2000НМ1 К32×16×8
	II	29+29	ПЭВ-2-0,57	
	III	5	ПЭВ-2-0,33	
Т2	I	8	ПЭЛШО-0,25	Два кольца К10×6×2
	II	8	ПЭЛШО-0,25	
	III	10	ПЭЛШО-0,25	
L1	—	Виток к витку до заполнения	ПЭВ-2-0,27	Резистор BC 0,5 Вт
L2	—	Виток к витку до заполнения	ПЭВ-2-0,27	Резистор BC 0,5 Вт

5.6. Импульсный блок питания УЗЧ

Для питания мощного усилителя ЗЧ был разработан этот импульсный блок питания, номинальная мощность которого в нагрузке при напряжении сети 220 В не менее 200 Вт.

Схема выпрямителя сетевого напряжения приведена на рис. 5.8, а схема преобразователя и выпрямителей выходного напряжения на рис. 5.9. Источник питания не стабилизирован, поскольку выходной каскад питаемого УМЗЧ выполнен по двухтактной схеме и не очень критичен к напряжению питания.

Для ограничения пускового тока в блоке питания предусмотрен режим ступенчатого повышения мощности до номинальной. С этой целью в него введены ограничивающий резистор R2 и три-

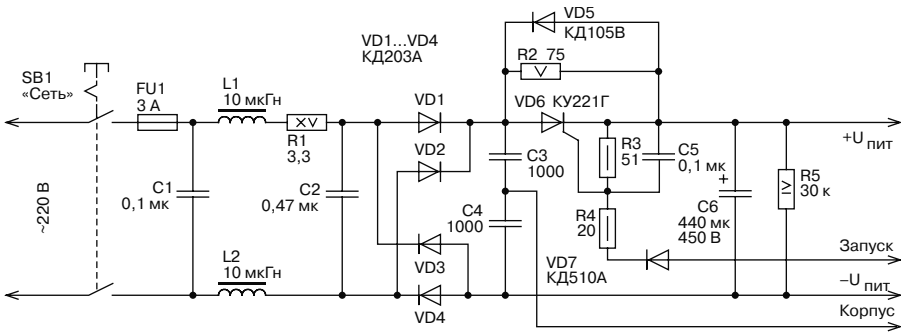


Рис. 5.8.

нистор VD6. В начальный момент времени триностр VD6 закрыт, ток зарядки конденсатора C6 ограничивается резистором R2 и преобразователь запускается при пониженном напряжении. После этого с обмотки IV трансформатора T3 на диод VD7 поступает управляющее напряжение, которое открывает триностр. Он шунтирует резистор R2, и преобразователь выходит на номинальный режим работы. Диод VD5 защищает триностр VD6. Цепь R1, C2, ограничивающая скорость нарастания напряжения на аноде триностра VD6, исключает его самопроизвольное включение. Элементы L1, L2, C3, C4 образуют фильтр, который подавляет импульсные помехи, создаваемые генератором блока питания. Преобразователь представляет собой двухтактный полумостовой автогенератор, запускаемый релаксационным генератором на транзисторах VT1, VT2.

Основные параметры преобразователя:

Номинальная мощность в нагрузке, Вт, не менее	200;
Выходное напряжение каждого из выпрямителей при номинальной мощности, В, не менее	30;
Выходное напряжение холостого хода каждого из выпрямителей, В, не более	40;
Коэффициент полезного действия (при P = 200 Вт), %, не менее	80;
Частота работы преобразователя, кГц	25...35.

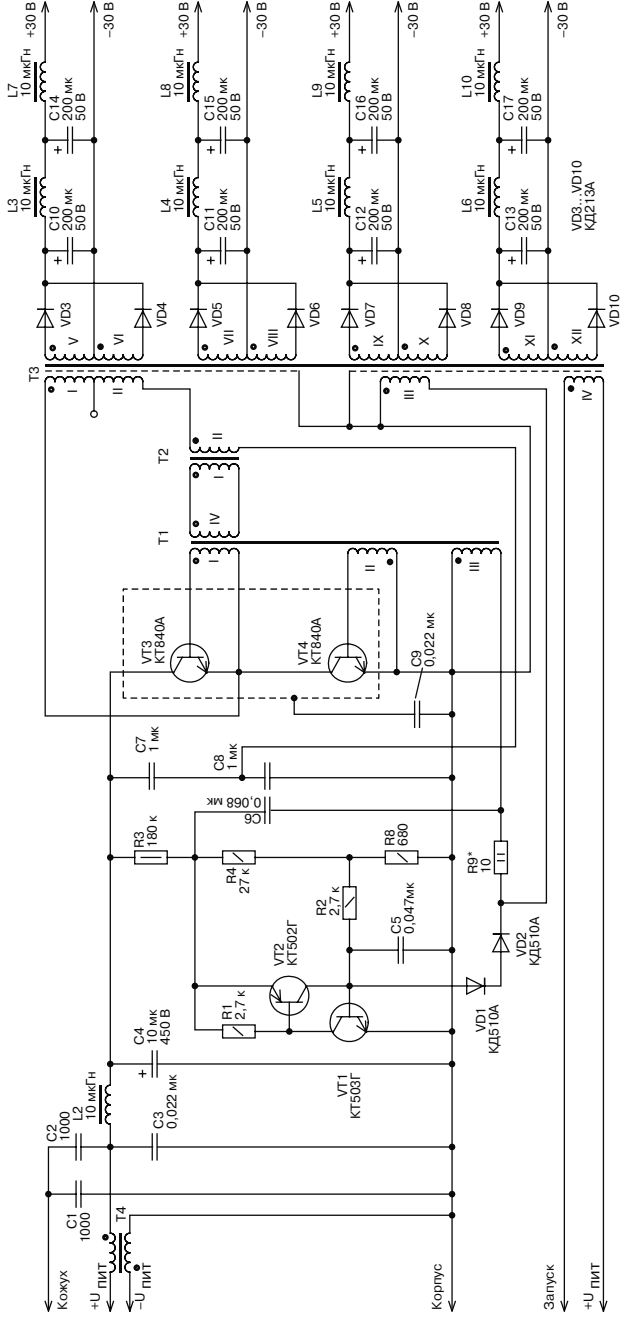


Рис. 5.9.

Намоточные данные трансформаторов Т1...Т3 приведены в табл.5.2. Рекомендуемый порядок намотки обмоток трансформатора Т3 следующий: обмотка I, экранирующая, обмотки V — XII, экранирующая, обмотки II, III, IV. Вторичные обмотки V — XII наматывают одновременно в четыре провода. Трансформатор Т4 выполнен на магнитопроводе Ш6×6 из феррита 2000НМС, каждая из его обмоток содержит по 40 витков провода ПЭВ-2-0,41. Все дроссели типа ДМ. Плата преобразователя помещена в перфорированный кожух. За его пределами, на выходе каждого канала источника питания 30 В, установлены: электролитические конденсаторы типа К50-16 емкостью 1000 мкФ. Подробное описание и методика налаживания устройства приведены в [83].

Таблица 5.2

Трансформатор	Магнитопровод	Марка и диаметр провода	Число витков в обмотке				
			I	II	III	IV	V...XII
Т1	3000НМС К10×6×3	ПЭВ-2-0,56	4	4	9	2	—
Т2	2000НМА К10×6×3	ПЭВ-2-0,56	4	2	—	—	—
Т3	3000НМС ПК30×16	ПЭВ-2-0,9	48	48	6	6	19 (ПЭВ-2-0,56)

5.7. Импульсный стабилизатор напряжения с высоким КПД

Основное назначение этого стабилизатора — электропитание переносной и бортовой радиоэлектронной аппаратуры, выполненной на микросхемах ТТЛ.

Основные технические характеристики:

Выходное напряжение, В.....5;
 Максимальный ток нагрузки, А.....2;
 Входное напряжение, В.....7...40;
 КПД, %.....71...78.

Принципиальная электрическая схема стабилизатора изображена на рис. 5.10. Основой устройства является интегральная микросхема К142ЕП1, в состав которой входят основные узлы и элементы ключевого стабилизатора напряжения. На один из входов узла сравнения (вывод 13) поступает напряжение около 1,8 В от образцового источника (вывод 9). На другой вход узла сравнения (вывод 12) поступает часть выходного напряжения с делителя R7, R8. Резистором R7 устанавливают выходное напряжение (его можно регулировать в пределах 3...9 В). Сформированные микросхемой импульсы управления с вывода 11 поступают на внутренний согласующий узел (вывод 4), с нагрузки которого усиленные импульсы управления через резистор R3 поступают на вход мощного ключевого элемента, собранного на транзисторах V2, V3.

Конденсатор C3 улучшает передачу коротких фронтов управляющих импульсов. Мощные импульсы тока, сформированные ключевым элементом, поступают на дроссель L2. После закрывания ключевого транзистора V3 ток самоиндукции дросселя L2 протекает через дроссель L3, нагрузку и диод V4. Параметры диода V4 и дросселя L2 сильно влияют на КПД стабилизатора. Диод V4 должен быть высокочастотным и мощным, а дроссель — иметь возможно большую добротность в интервале рабочих частот, а также сохранять индуктивность в условиях протекания через обмотку значительного намагничивающего тока.

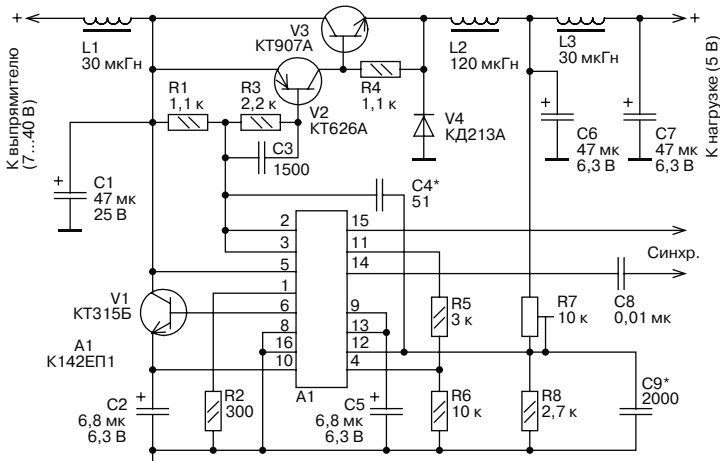


Рис. 5.10.

Для питания узлов управления микросхемы А1 предназначен вспомогательный источник, состоящий из внутреннего параметрического стабилизатора (его выходное напряжение снимается с вывода 6 микросхемы) и усилителя тока на транзисторе V1. Напряжение питания узлов управления (поступающее на вывод 10) равно примерно 5 В. Для уменьшения проникновения импульсных помех в питающую сеть и цепь нагрузки, служат фильтры, включенные на входе и выходе стабилизатора.

Дроссель L2 намотан на ферритовом бронеовом магнитопроводе типоразмера Б22 2000НМ, зазор — 0,2 мм. Обмотка содержит 20 витков провода ПЭВ-2-0,25, намотанных в пять проводов. Все пять обмоток соединены параллельно. Дроссели L1 и L3 могут быть любыми индуктивностью не менее 30 мкГн, способными без изменения индуктивности пропускать ток до 2 А. Их можно намотать на отрезках длиной около 20 мм ферритового стержня диаметром 8 мм от магнитной антенны. Число витков 8...15; провод ПЭВ-2 сечением 0,8...1,2 мм². Транзистор КТ907А можно заменить любым мощным высокочастотным кремниевым п-р-п транзистором. Вместо диода КД213А можно использовать любой из этой серии.

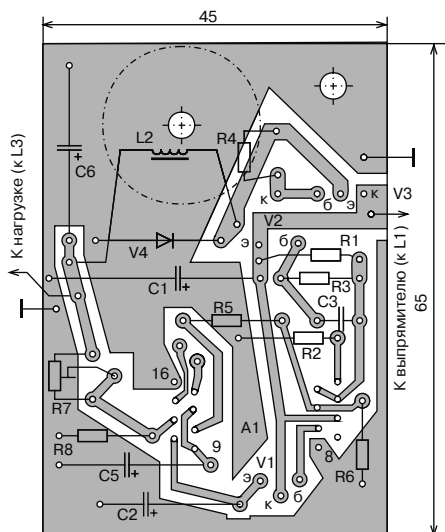


Рис. 5.11.

Для обеспечения устойчивости и надежной работы стабилизатора следует обратить внимание на рациональный монтаж входных цепей микросхемы, а именно: вывод 12 надо соединить кратчайшим путем с делителем R7, R8, который, в свою очередь, должен быть непосредственно подключен к конденсатору С6. Перед монтажом деталей на плату необходимо убедиться в их исправности. Рисунок печатной платы представлен на рис. 5.11, полное описание приведено в [84].

5.8. Стабилизатор напряжения на компараторе

Основные технические характеристики:

Выходное напряжение, В.....	5;
Ток нагрузки, А.....	2;
Напряжение пульсаций, мВ.....	50;
Коэффициент стабилизации.....	100;
Частота переключения, кГц.....	25.

Стабилизатор напряжения (рис. 5.12) работает следующим образом. Пилообразное образцовое напряжение компаратор сравнивает с частью выходного напряжения, снимаемого с делителя R8, R9. Пока выходное напряжение больше образцового, ключевой транзистор закрыт. Как только пилообразное напряжение превысит выходное, сигнал компаратора откроет этот транзистор. Чем меньше напряжение на выходе стабилизатора, тем дольше транзистор будет открыт. После спада пилообразного напряжения транзистор закрывается и цепь дроссель L2 — нагрузка замыкается через открывшийся в этот момент мощный диод VD3. Как только ключевой транзистор откроется, сразу же закроется диод VD3. Входной фильтр ослабляет проникновение импульсных помех в питающую электросеть, выходной — в нагрузку.

В стабилизаторе можно использовать компаратор К554СА3А, К554СА3Б или К521СА3 (но у него цоколевка иная). Транзистор КТ908А можно заменить любым другим мощным высокочастотным кремниевым п-р-п транзистором или мощным низкочастотным из серий КТ805, КТ808, КТ819. Но при использовании низкочастотного транзистора тепловые потери в нем увеличатся (при токе

не более 1 А выходной транзистор может работать без теплоотвода). Транзистор VT3 — любой из серии КТ814. Диод КД213А можно заменить любым другим этой серии или использовать вместо него коллекторный переход мощного высокочастотного транзистора.

Дроссели L1 и L3 намотаны на отрезках стержня диаметром 8 и длиной 20 мм из феррита 600НН и содержат по 10 витков медного изолированного провода диаметром 1,2 мм. Магнитопровод дросселя L2 — броневой Б26 из феррита 2000НМ; между его чашками делают прокладку толщиной 0,2 мм из немагнитного материала. Обмотка, содержащая 20 витков, выполнена жгутом из пяти проводников ПЭВ-2-0,25.

Проверку устройства начинают с измерения напряжения на стабилитронах VD1, VD2. К эмиттеру однопереходного транзистора подключают осциллограф и, присоединяя параллельно конденсатору C2 другие конденсаторы разной емкости, по изменению частоты убеждаются в работоспособности генератора пилообразного напряжения. Затем к устройству подключают эквивалент нагрузки и резистором R4 устанавливают необходимое выходное напряжение.

Далее осциллограф подключают к диоду VD3 и наблюдают прямоугольные импульсы. Форму импульсов можно улучшить подбором резистора R6 и зазора в броневом магнитопроводе дросселя L2. Описание этого устройства приведено в [85].

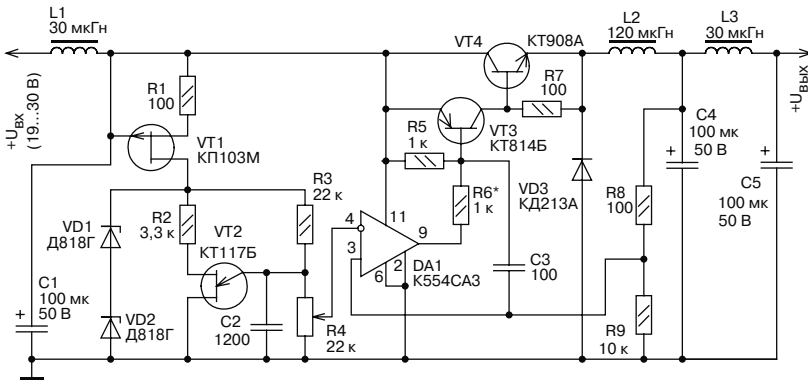


Рис. 5.12.

5.9. Импульсный стабилизатор напряжения

Этот стабилизатор отличается от подобных ему схемой простотой и высокими значениями коэффициентов стабилизации и полезного действия. В нем применена широко распространенная микросхема К155ЛА3 (или ее аналог). Этот стабилизатор применялся для питания цифрового прибора, а при изготовлении различных цифровых устройств всегда найдется пара лишних инверторов. Стабилизатор (рис. 5.13), состоит из следующих функциональных узлов: узла запуска (R3, VD1, VT1, VD3), источника образцового напряжения и устройства сравнения (DD1.1, R1), усилителя постоянного тока (VT2, DD1.2, VT5), транзисторного ключа (VT3, VT4), индуктивного накопителя энергии с коммутирующим диодом (VD2, L2) и фильтров — входного (L1, C1, C2) и выходного (C4, C5, L3, C6).

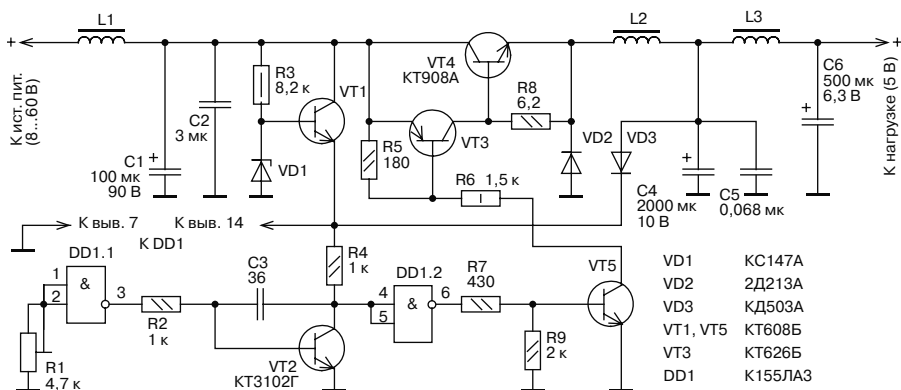


Рис. 5.13.

После включения питания вступает в работу узел запуска, представляющий собой параметрический стабилизатор напряжения с эмиттерным повторителем. На эмиттере транзистора VT1 появляется напряжение около 4 В. Так как напряжение на выходе стабилизатора пока отсутствует, диод VD3 закрыт. В результате включаются источник образцового напряжения и усилитель постоянного тока.

Транзисторный ключ пока закрыт. Так как напряжение питания элемента DD1.1 меньше 5 В, то на его выходе устанавливается высокий логический уровень, на выходе усилителя постоянного тока формируется крутой фронт коммутирующего импульса. Этот фронт быстро (в течение примерно 30 нс) открывает электронный ключ, который начинает пропускать ток в индуктивный накопитель энергии. Ток через ключ и напряжение на конденсаторе С4 будут увеличиваться плавно. Как только это напряжение превысит напряжение на стабилитроне VD1, диод VD3 откроется, а транзистор VT1 закроется. Произойдет отключение узла запуска, и в дальнейшей работе он не будет принимать участия.

С этого момента в стабилизаторе включается цепь отрицательной обратной связи, и он переходит в рабочее состояние. Напряжение на конденсаторе С4 продолжает увеличиваться до момента, когда на выходе элемента DD1.1 уровень 1 сменится на 0. Усилитель постоянного тока формирует спад коммутирующего импульса, который за время около 200 нс закрывает электронный ключ. До этого момента в дросселе L2 накапливалась электромагнитная энергия. Часть энергии, прошедшей через электронный ключ, поступает в нагрузку. Далее напряжение самоиндукции дросселя L2 открывает диод VD2, и энергия, накопленная в этом дросселе, начинает перетекать в нагрузку. Для того, чтобы уменьшить амплитуду опасного для микросхемы DD1 броска напряжения, емкость конденсатора С4 выбрана весьма большой, тогда как обычно она не превышает нескольких десятков или сотен микрофарад. После исчерпания запаса энергии в дросселе L2 ток в нагрузку будет поступать из конденсатора С4. Спустя некоторое время напряжение на нем уменьшится до значения, когда на выходе усилителя постоянного тока будет сформирован фронт очередного коммутирующего импульса и вновь откроется электронный ключ — начнется новый цикл работы стабилизатора.

Основные технические характеристики:

Номинальное выходное напряжение, В	5;
Входное напряжение, В	8...60;
КПД	0,69...0,72;
Коэффициент стабилизации, не менее	500;
Амплитуда пульсаций выходного напряжения, мВ,	5;
Выходное сопротивление, Ом, не более.....	0,02;
Максимальный ток нагрузки, А.....	2;
Частота переключения, кГц.....	1,3...48;

Температурная нестабильность, мВ/°С, около..... 12;
Удельная габаритная мощность, Вт/дм³ 40.

Все катушки индуктивности одинаковы и намотаны в броневых магнитопроводах Б20 из феррита 2000НМ с зазором между чашками около 0,2 мм. Обмотки содержат по 20 витков жгута из четырех проводов ПЭВ-2-0,41. Можно применить и кольцевые ферритовые магнитопроводы, но обязательно с зазором. Если аккуратный зазор получить не удалось и кольцо раскололось на несколько частей, то необходимый зазор (около 0,2 мм) можно создать и в этом случае. Для этого на склеиваемые поверхности наносят несколько слоев клея, например, «Суперцемент», до полного высыхания, а затем осколки склеивают в кольцо. Число витков и провод не критичны и в этом случае.

В стабилизаторе использованы конденсаторы К52-2 или другие, но обязательно танталовые или ниобиевые (при замене на К50-6 снижается КПД); К50-6 (С4 и С6), остальные — КМ-5 или КМ-6. Конденсатор С2 составлен из трех параллельно включенных емкостью по 1 мкФ. Диод VD3 может быть заменен любым импульсным маломощным диодом. Вместо транзистора КТ3102Г подойдут КТ3102Е, КТ342В, КТ373В; вместо КТ608Б (VT1) — КТ503Д, КТ503Е, а на выходе усилителя постоянного тока — КТ608Б, КТ602Б, КТ630А...КТ630Г.

В ключевом элементе можно использовать транзисторы КТ908Б, 2Т908А, 2Т912Б, КТ912Б, а с незначительным ухудшением КПД — КТ808А. Нельзя применять транзисторы серии КТ909, так как это приведет к возбуждению ключа на высокой частоте и выходу из строя всего устройства. Были испытаны также, но показали худшие результаты транзисторы серий КТ802, КТ803, КТ805, КТ819, КТ827, КТ829 и КТ818, КТ825 (в двух последних случаях схема ключа была, соответственно, изменена).

Все используемые детали должны быть тщательно проверены. Перед монтажом на плату подстроечного резистора R1 его сопротивление устанавливают равным 3,3 кОм. Включают стабилизатор сначала при напряжении питания 8 В и сопротивлении нагрузки 10 Ом, после чего контролируют выходное напряжение и, если необходимо, устанавливают его резистором R1 на уровень 5 В.

Окончательно напряжение устанавливают после прогрева стабилизатора в течение 10...16 мин. Если диод VD2 и транзистор VT4 установить на теплоотводы, стабилизатор может обеспечить на-

грузочный ток до 4 А, но в этом случае в ключе диод VD2 лучше составить из нескольких параллельно включенных диодов 2Д213А.

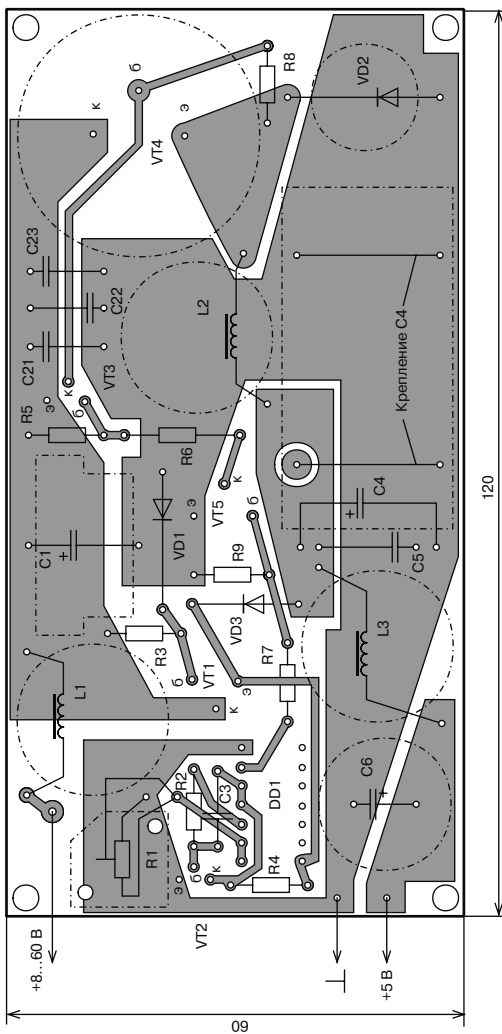


Рис. 5. 14.

Необходимо заметить, что на некоторых режимах работы стабилизатора переходные процессы на коллекторе транзистора VT4 и на базе транзистора VT3 могут существенно отличаться. Напряжение на эмиттере транзистора VT4 может содержать паразитные колебания, обусловленные волновыми процессами в сложном выходном фильтре, не ухудшающие, однако, общего КПД. Печатная плата стабилизатора приведена на рис. 5.14. Подробное описание этого стабилизатора приводится в [86].

5.10. Ключевой стабилизатор напряжения 5 В 2 А

Стабилизатор (рис. 5.15) выполнен по классической схеме, схемных особенностей не имеет, рассчитан на питание цифровой аппаратуры с током потребления до 2 А. Дроссель L1 стабилизатора содержит 11 витков, намотанных жгутом из восьми проводников ПЭВ-1-0,35. Обмотку помещают в бронеовой магнитопровод Б22 из феррита 2000НН. Между чашками нужно заложить прокладку из текстолита толщиной 0,25 мм. Более подробно эта схема описывается в [87].

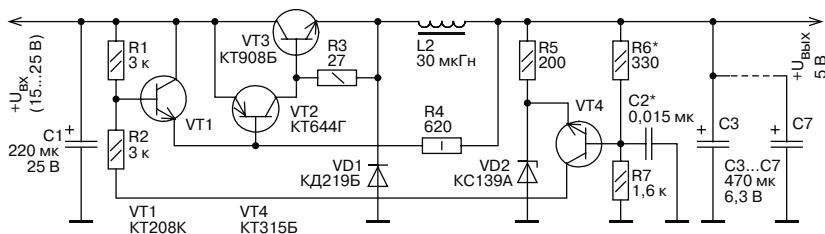


Рис. 5.15.

5.11. Пятивольтовый блок питания с ШИ стабилизатором

Описываемый сравнительно простой ШИ стабилизатор с защитой от КЗ предназначен для питания самодельного компьютера. Он проще аналогичных, не содержит дефицитных деталей и позво-

ляет монтировать регулирующий транзистор непосредственно на корпусе устройства. В этом случае специальный теплоотвод для него становится лишним. Его недостатки (присущие всем стабилизаторам с «заземленным» транзистором) — обязательное питание от отдельной обмотки сетевого трансформатора и повышенное напряжение холостого хода. Выходное напряжение стабилизатора 5 В, максимальный ток нагрузки 3 А.

Схема стабилизатора приведена на рис. 5.16. Сильноточная часть устройства, образованная коммутирующим диодом VD2, накопительным дросселем L1, выходными конденсаторами C6, C7 и транзистором VT2, построена по схеме понижающего импульсного стабилизатора напряжения (ИСН). Ее отличительная особенность — включение коммутирующего транзистора VT2 в минусовый провод, что позволило «заземлить» его коллектор. Кроме того, такое включение транзистора дает возможность ввести его в глубокое насыщение, благодаря чему падение напряжения на нем в открытом состоянии получается весьма небольшим.

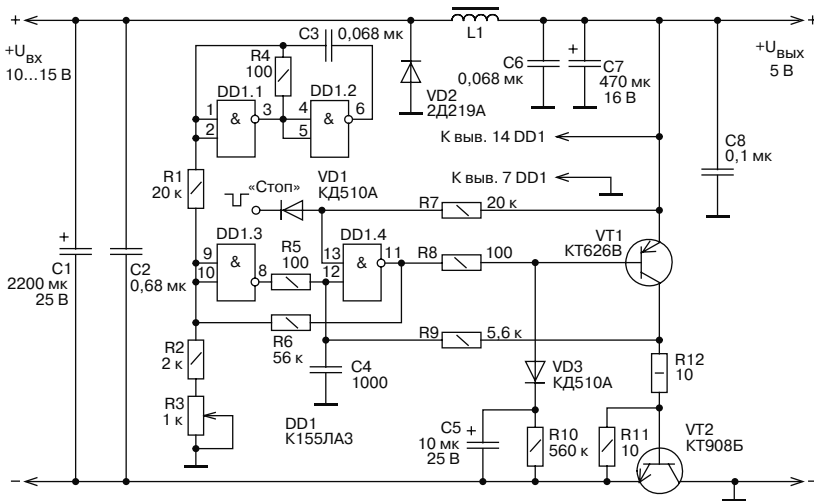


Рис. 5.16.

Рассмотрим подробнее работу сильноточной части стабилизатора. При открывании транзистора VT2 минусовый провод источника входного напряжения подключается непосредственно к общему «заземленному» проводу. При этом к диоду VD2 прикладывается

закрывающее его напряжение. Закрываясь (если был открыт), диод создает цепь зарядки конденсаторов С6, С7 от источника входного напряжения. Значение зарядного тока зависит от индуктивности дросселя L1 и времени. На этом этапе работы устройства дроссель выполняет роль реактивного сопротивления, на котором гасится разница между входным и выходным напряжениями. В отличие от активного сопротивления, энергия на котором рассеивается в виде тепла, дросселем она преобразуется в энергию магнитного поля, т.е. аккумулируется.

После закрывания транзистора VT2 магнитная энергия, запасенная в дросселе, преобразуясь в электрическую, продолжает поддерживать ток зарядки конденсаторов С6, С7. Так как нагрузку подключают параллельно этим конденсаторам, то во время обеих фаз — накопления энергии дросселем и передачи ее в конденсаторы — они непрерывно разряжаются током нагрузки, и для поддержания на них (а следовательно, и на нагрузке) стабильного напряжения ключевой транзистор VT2 постоянно коммутируется, передавая таким образом мощность источника входного напряжения в нагрузку. Количество энергии, передаваемой за один такт работы устройства, определяется длительностью (шириной) импульсов коммутирующей частоты, за что такой метод и получил название широтно-импульсного.

Остальная часть устройства — формирователь импульсов управления транзистором VT2. Частота этих импульсов, равная примерно 28 кГц, определяется тактовым генератором, собранным на элементах DD1.1, DD1.2. Особенность такого узла — нестандартный способ формирования ширины управляющих импульсов. В данном устройстве они формируются подачей на пороговый элемент суммы пилообразного напряжения и инвертированного напряжения обратной связи. Это позволило обойтись без отдельного компаратора и тем самым упростить устройство в целом.

Переменное напряжение квазипилообразной формы с времязадающей RC-цепи генератора через резистор R1 поступает на оба входа элемента DD1.3, работающего в линейном режиме. Здесь оно суммируется с инвертированным напряжением обратной связи, вырабатываемым этим же элементом из напряжения источника питания, и далее подается на пороговый элемент, функцию которого выполняет триггер Шмитта, собранный на элементе DD1.4 и транзисторе VT1 с положительной обратной связью через резистор R9. Конденсатор С4 шунтирует вход 12 элемента

DD1.4 по высокой частоте, тем самым предотвращая самовозбуждение стабилизатора и его ложные переключения.

С коллектора транзистора VT1 сформированные импульсы через резистор R12 поступают на базу транзистора VT2 и, таким образом, управляют им. Переменный резистор R3 служит для подстройки постоянной составляющей на входе элемента DD1.3 и, следовательно, регулирования выходного напряжения стабилизатора. Через резистор R6 элементы DD1.3 и DD1.4 охвачены положительной обратной связью, несколько компенсирующей недостаточное их усиление и способствующей формированию более крутых фронтов управляющих импульсов. Стабилизатор обладает триггерным эффектом — в случае КЗ на выходе транзисторы VT1 и VT2 закрываются и тем самым отключают нагрузку.

В таком состоянии транзисторы остаются неопределенно долго, поскольку узел управления стабилизатора питается от выходного напряжения, а нагрузка включена в коллекторную цепь транзистора VT2, который изначально закрыт (резистор R11 шунтирует его эмиттерный переход). Поэтому при пропадании выходного напряжения стабилизатор блокируется: узел управления перестает работать, транзистор VT2 закрывается и поддерживает узел управления в выключенном состоянии. Для запуска стабилизатора после включения питания предусмотрена цепь из диода VD3, резистора R10 и конденсатора C5. В момент включения питания начальный бросок тока заряжает конденсатор C5 через диод VD3 и базовую цепь VT1. При этом транзистор VT1 открывается сам и открывает транзистор VT2.

На выходе стабилизатора появляется напряжение, узел управления «схватывается» и начинает работать самостоятельно. Резистор R10 предназначен для быстрой (3...5 с) разрядки конденсатора C5 после выключения питания и подготовки стабилизатора к новому запуску. Стабилизатор можно выключить кратковременной подачей на входной контакт «Стоп» сигнала низкого уровня. Это может быть полезно, когда описываемый стабилизатор работает в составе многополярного источника питания, и требуется, чтобы в случае аварии в других цепях питания источник +5 В отключался.

Например, если данный стабилизатор работает совместно со стабилизатором источника +12 В, то контакт «Стоп» можно подключить непосредственно к цепи +12 В: при пропадании напряжения +12 В на этом входе появится сигнал логического 0, который

тотчас же выключит и источник +5 В. Если этот вход стабилизатора использовать не планируется, то диод VD1 и резистор R7 можно удалить, а освободившийся вывод 13 элемента DD1.4 соединить с выводом 12.

Дроссель L1, содержащий 12 витков провода ПЭЛ-1 диаметром 1 мм, намотан на магнитопроводе Б22 из феррита 2000НМ с зазором 0,2 мм. Такой зазор образован шлифовкой торцевых поверхностей кернов обеих чашек на глубину 0,1 мм. Обе чашки магнитопровода необходимо склеить «жестким» клеем, например, БФ-2, или эпоксидной смолой. На время склеивания магнитопровод желательно аккуратно зажать в струбцину или тиски через деревянные прокладки. Все это обеспечит жесткий монтаж дросселя и снизит уровень акустических помех, создаваемых им же (при плохой сборке магнитопровода дросселя он слабо «жужжит» на частоте, равной удвоенной частоте электросети).

Коммутирующий диод 2Д219А (VD2) можно заменить любым другим мощным диодом Шоттки, например, 2Д219Б, КД2998В, или, с некоторым снижением КПД, диодом КД213 с буквенным индексом А или Б. Его желательно установить на теплоотвод площадью около 20 см². Другие диоды заменимы любыми кремниевыми маломощными, например, серий КД522, КД102. Транзистор КТ626В (VT1) можно заменить на КТ626А, КТ626Б или другим высокочастотным структуры р-п-р средней мощности, а КТ908Б (VT2) — на КТ908А или любым из серии КТ945.

Микросхему К155ЛА3 можно заменить только на К133ЛА3. Использование аналогичных микросхем других серий недопустимо, так как их элементы имеют меньший выходной ток и другую внутреннюю структуру. Пользуясь стабилизатором, не следует подавать на его вход напряжение более 15 В — это может привести к выходу из строя диода VD2, либо к пробоею выхода элемента DD1.4. В случае пробоя элемента транзисторы VT1 и VT2 откроются и на нагрузку будет подано полное входное напряжение.

Устойчивость работы стабилизатора во многом зависит от номинала резистора R1. С уменьшением его сопротивления устойчивость и КПД стабилизатора повышаются, но снижается коэффициент стабилизации и растет уровень пульсаций, и наоборот. Не забывайте об этой особенности. Печатная плата стабилизатора приводится на рис. 5.17. Описание схемы и монтажа приведено в [88].

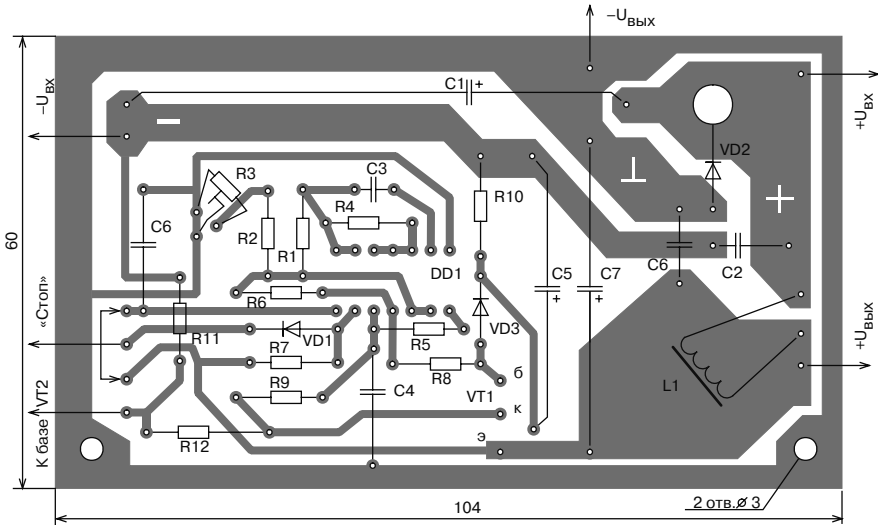


Рис. 5.17.

5.12. Импульсный сетевой блок питания 9 В 3 А

Преобразователь (рис. 5.18) предназначен для питания от сети 220 В устройств с потребляемым током до 3 А при выходном напряжении 9,2 В (для получения из этого напряжения 5 В или 6 В можно использовать любую типовую схему линейного стабилизатора). Предложенный преобразователь отличается от аналогичных простотой и наличием защиты источника питания от перегрузки по выходной цепи в случае короткого замыкания. Электрическая схема устройства состоит из входного фильтра (элементы C1, C2, C3 и T1); цепи запуска (R2, R3, R4, C4, VT1); автогенератора (VT2, VT3, T2, T3, C5...C9); выпрямителя пониженного напряжения (VD5, VD6, C10...C13).

Преобразователь собран по распространенной полумостовой схеме. Входной фильтр преобразователя обеспечивает ослабление помех, начиная с частоты 15 кГц более чем в 2 раза. В цепи запуска используется транзистор VT1 в режиме обратимого пробоя, что позволяет формировать короткие импульсы, которые необходимы

в момент включения схемы для запуска работы ключевого каскада VT2, VT3 в режиме автогенератора на частоте 30...60 кГц, при этом рабочую частоту, в небольших пределах, можно изменять емкостью C5. В случае замыкания в цепи вторичной обмотки трансформатора T3 обратная связь в автогенераторе нарушается и генерация срывается до момента устранения неисправности. КПД преобразователя при токе нагрузки 2 А составляет 0,74 (при токе нагрузки 4 А уменьшается до 0,63).

В устройстве могут быть использованы резисторы любого типа, конденсаторы C1 типа K73-17 на 630 В; C2, C3 типа K73-9 или K73-17 на 250 В; C4, C5 типа K10-7; C6, C7 типа K50-35 на 250 В; C8, C9 типа K73-9 на 250 В; C10...C12 типа K10-17; C13 типа K52-1В на 20 В. Транзистор VT1 можно заменить на KT312A, Б, В, транзисторы VT2 и VT3 на KT838A, KT846B. Дроссель T1 намотан на двух склеенных вместе кольцевых сердечниках типоразмера K20×12×6 из феррита марки 2000НМ. Обмотки I и II содержат по 45 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,25 мм.

Трансформатор T2 выполнен на двух склеенных вместе кольцевых сердечниках типоразмера K10×6×3 из феррита 2000НМ. Обмотка I содержит 60 витков, обмотки II и III — по 15 витков провода ПЭЛШО-0,15 (отвод в обмотке II для обратной связи по току от третьего витка).

Для изготовления T3 применен кольцевой сердечник K28×16×9 (2000НМ). Обмотка I наматывается 250 витками проводом ПЭВ-2-0,25, обмотки II и III — 22 витками проводом ПЭВ-2 диаметром 0,51 мм. При изготовлении трансформаторов перед намоткой провода необходимо закруглить надфилем острые края сердечников и обернуть их лакотканью. Намотку следует проводить виток к витку с последующей изоляцией каждого слоя (лучше использовать фторопластовую ленту толщиной 0,1 мм).

Применяемые диоды VD1...VD4 могут быть заменены на любые высоковольтные, замена диодов VD5 и VD6, кроме как на КД2998В, другим типом не рекомендуется. Наибольшее тепловыделение в схеме происходит на выпрямительных диодах VD5, VD6, и их необходимо устанавливать на радиатор.

Остальные детали схемы в теплоотводе не нуждаются. Конструктивно все элементы схемы, кроме включателя S1 и диодов VD5, VD6, размещены на односторонней печатной плате размером 140×65 мм. Топология печатной платы приведена на рис. 5.19. Перед первоначаль-

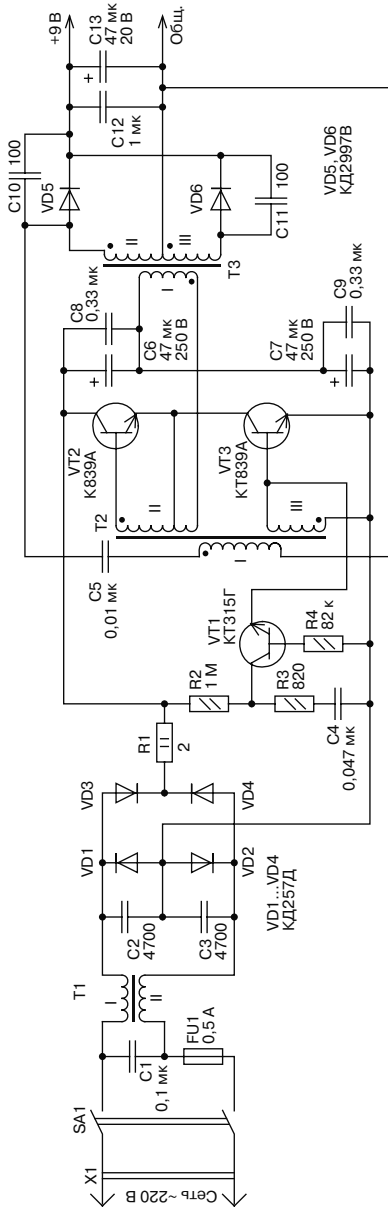


Рис. 5.18.

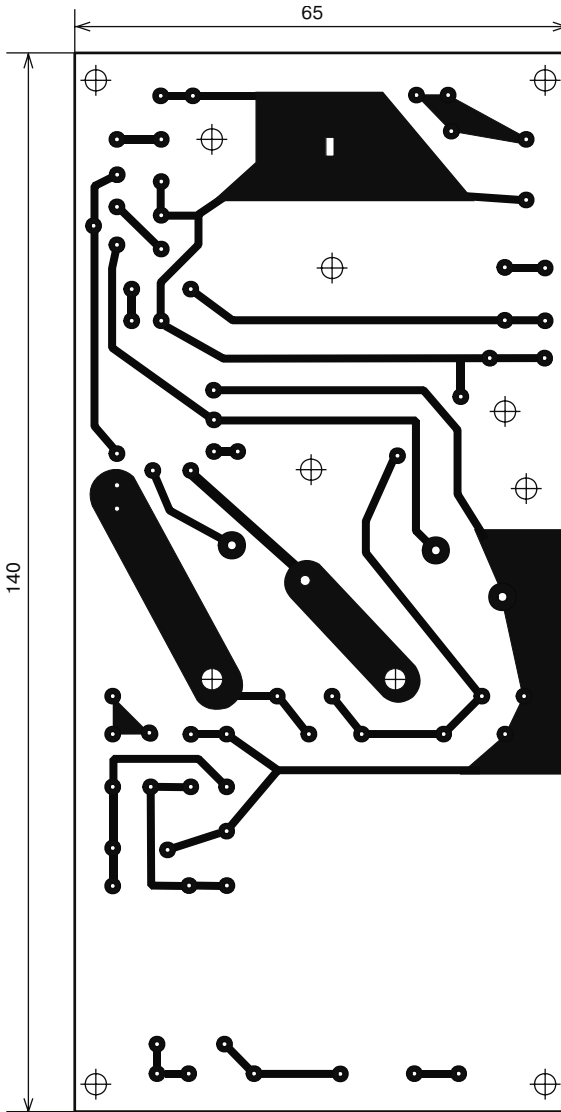


Рис. 5.19.

чальным включением преобразователя необходимо проверить фазы обмоток в цепях базы VT2 и VT3 на соответствие схеме. Если преобразователь при правильном монтаже сразу не начинает работать, то потребуются поменять местами выводы обмотки I у трансформатора T2. В заключение следует отметить, что, используя данную схему, можно получить и другие напряжения во вторичной цепи, для чего необходимо изменить пропорционально число витков во вторичных обмотках II и III трансформатора T3.

5.13. Простой импульсный источник питания 5 В 4 А

Источник питания представляет собой однокантный обратнотактовый преобразователь напряжения с самовозбуждением. Отличительная особенность предлагаемого устройства — отсутствие специализированных микросхем, простота и дешевизна в изготовлении.

Основные технические характеристики:

Максимальная выходная мощность, Вт	20;
Выходное напряжение, В.....	5;
Максимальный ток нагрузки, А.....	4;
Интервал входного напряжения сети, В.....	187...242;
Частота входного напряжения, Гц.....	50;
Нестабильность выходного напряжения, %, не более.....	2;
Амплитуда пульсации, %.....	1;
Интервал рабочей температуры, °С.....	-40...+70;
Габариты, мм.....	80×65×20;
Масса с теплоотводом, г.....	120.

Схема устройства показана на рис. 5.20. Источник питания содержит сетевой выпрямитель VD1...VD4, помехоподавляющий фильтр L1, C1...C3, преобразователь на коммутирующем транзисторе VT1 и импульсном трансформаторе T1, выходной выпрямитель VD8 с фильтром C9, C10, L2 и узел стабилизации, выполненный на стабилизаторе DA1 и оптроне U1. Устройство работает следующим образом. После включения источника пи-

тания приоткрывается коммутирующий транзистор VT1 и по первичной обмотке импульсного трансформатора T1 начинает протекать ток. В обмотке обратной связи II трансформатора наводится ЭДС, которая по цепи положительной обратной связи через резистор R9, диод VD5, конденсатор C5 поступает на затвор полевого транзистора VT1. В результате чего развивается лавинообразный процесс, приводящий к полному открыванию коммутирующего транзистора. Начинается накопление энергии в трансформаторе T1.

Ток через коммутирующий транзистор VT1 линейно нарастает, а напряжение с датчика тока — резистор R10 — через диод VD6 и конденсатор C7 воздействует на базу фототранзистора оптрона U1.1, приоткрывая его, из-за чего уменьшается напряжение на затворе полевого транзистора. Начинается обратный процесс, приводящий к закрыванию коммутирующего транзистора VT1. В этот момент открывается диод VD8 и энергия, накопленная в трансформаторе T1, передается в конденсатор выходного фильтра C9. Когда выходное напряжение по какой-либо причине превысит номинальное значение, стабилизатор DA1 откроется и через него и последовательно включенный излучающий диод оптрона U1.2 начинает протекать ток.

Излучение диода приводит к более раннему открыванию транзистора оптрона, в результате чего время открытого состояния коммутирующего транзистора уменьшается, энергии в трансформаторе запасается меньше, а следовательно, выходное напряжение уменьшается.

Если же выходное напряжение понижается, ток через излучающий диод оптрона уменьшается, а транзистор оптрона закрывается. В результате время открытого состояния коммутирующего транзистора увеличивается, энергии в трансформаторе запасается больше и выходное напряжение восстанавливается. Резистор R3 необходим для уменьшения влияния темнового тока транзистора оптрона и улучшения термостабильности всего устройства. Конденсатор C7 повышает устойчивость работы источника питания. Цепь C6, R8 форсирует процессы переключения транзистора VT1 и увеличивает КПД устройства. По приведенной схеме были изготовлены несколько десятков источников питания с выходной мощностью 15...25 Вт.

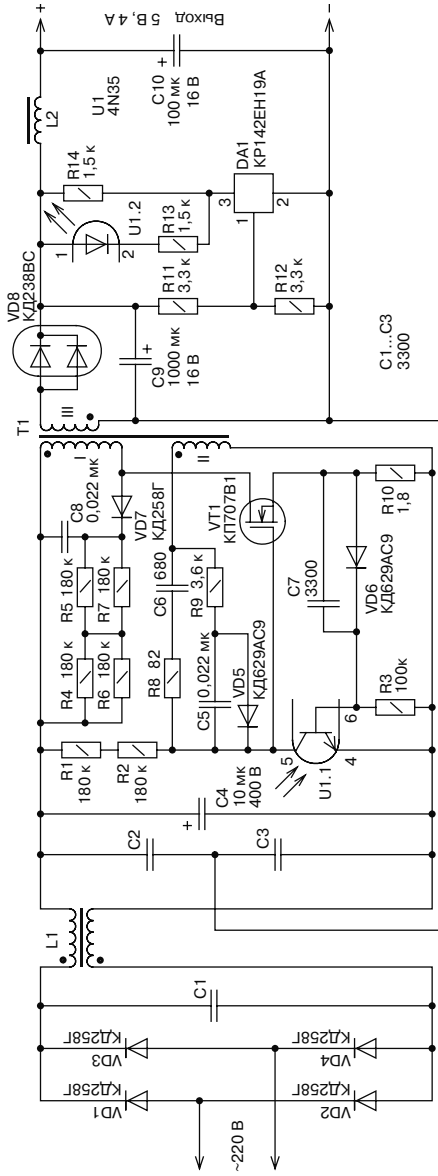


Рис. 5.20.

На месте коммутирующего транзистора VT1 можно использовать как полевые, так и биполярные транзисторы, например, серий 2Т828, 2Т839, КТ872А, КП707, ВUЗ90 и т.д. Транзисторный оптрон можно применить любой из серий АОТ110, АОТ126, АОТ128, а стабилизатор КР142ЕН19А — TL431. Однако лучшие результаты получились с импортными элементами (ВUЗ90, 4N35, TL431). Все резисторы в источнике питания — для поверхностного монтажа типоразмера 1206 мощностью 0,25 Вт, конденсаторы С1...С3, С8 — К10-47в на напряжение 500 В, С5...С7 — для поверхностного монтажа, остальные — любые оксидные.

Трансформатор Т1 наматывают на двух, сложенных вместе, кольцевых магнитопроводах К19×11×6,7 из пермаллоя МП140. Первичная обмотка содержит 180 витков провода ПЭВ-2-0,35, обмотка II — 8 витков провода ПЭВ-2-0,2, обмотка III на выходное напряжение 5 В — 7 витков из пяти сложенных проводников ПЭВ-2-0,56. Порядок намотки соответствует их нумерации, причем витки каждой обмотки необходимо равномерно распределить по всему периметру магнитопровода.

Дроссели L1 и L2 выполнены на кольцевых магнитопроводах К15×7×6,7 из пермаллоя МП140. Первый содержит две обмотки по 30 витков в каждой, намотанных проводом ПЭВ-2-0,2 на разных половинах магнитопровода, второй наматывают проводом ПЭВ-1-0,8 в один слой по всей длине магнитопровода, сколько уместится. Чтобы уменьшить пульсации выходного напряжения, общую точку конденсаторов С2 и С3 сначала следует соединить с минусовым выводом конденсатора С10, а затем с остальными деталями — обмоткой III трансформатора Т1, минусовым выводом конденсатора С9, резистором R12 и выводом 2 стабилизатора DA1.

Первое включение прибора лучше производить от источника питания с ограничением тока, например, Б5-50, причем подавать следует сразу рабочее напряжение, а не повышать его постепенно. Налаживание устройства заключается в подстройке выходного напряжения делителем R11, R12 и, если необходимо, установке датчиком тока R10 порога ограничения выходной мощности (начала резкого падения выходного напряжения при увеличении тока нагрузки). Для получения другого выходного напряжения нужно пропорционально изменить число витков обмотки III трансформатора Т1 и коэффициент деления делителя R11, R12. Подробное описание устройства приводится в [90].

5.14. Импульсный стабилизатор 12 В 4,5 А

Импульсные стабилизаторы напряжения (ИСН) пользуются большой популярностью у радиолюбителей. В последние годы такие устройства строят на базе специализированных микросхем, полевых транзисторов и диодов Шоттки. Благодаря этому технические характеристики ИСН значительно улучшились, особенно КПД, который достигает 90%, при одновременном упрощении схемотехники. Описываемый стабилизатор есть результат поиска компромисса между качественными показателями, сложностью и ценой.

Стабилизатор построен по схеме с самовозбуждением. Он обладает достаточно высокими эксплуатационными характеристиками и надежностью, имеет защиту от перегрузок и коротких замыканий выхода, а также от появления на выходе входного напряжения в случае аварийного пробоя регулирующего транзистора. Принципиальная схема ИСН изображена на рис. 5.21. Его основа — широкораспространенный ОУ КР140УД608А.

В отличие от многих устройств подобного назначения, для слежения за выходным напряжением и током перегрузки, используется общая цепь ООС, образуемая транзистором VT4, а в качестве датчика тока используется катушка индуктивности L2 (активная составляющая ее сопротивления), которая одновременно является частью LC-фильтра (L2, C3), уменьшающего пульсации выходного напряжения. Выходное напряжение определяют стабилитрон VD2 и эмиттерный переход транзистора VT4, а ток перегрузки — нормируемое активное сопротивление катушки индуктивности L2.

Все это позволило в какой-то мере упростить ИСН, уменьшить пульсации выходного напряжения и увеличить КПД, благодаря совмещению датчика тока с LC-фильтром. Недостаток такого схемного решения — несколько завышенное выходное сопротивление устройства.

Основные технические характеристики ИСН:

Выходное напряжение, В, при отсутствии нагрузки..... 12,5;
при токе нагрузки 4 А..... 12;
Ток срабатывания защиты, А 4,5;

Напряжение пульсации (при емкости сглаживающего конденсатора выпрямителя 4700 мкФ), мВ 16;
Частота преобразования (при токе нагрузки 4 А), кГц около 20;
КПД (при токе нагрузки 4 А), %, не менее 80;
Входное напряжение, В 16...27.

В случае питания от стабилизированного источника постоянного тока работоспособность устройства сохраняется при снижении входного напряжения практически до открытого состояния транзистора VT3. Дальнейшее уменьшение входного напряжения приводит к срыву генерации, но VT3 остается открытым. Если при этом на выходе возникнет перегрузка или короткое замыкание, генерация восстанавливается и стабилизатор начинает работать в режиме ограничения тока. Это свойство позволяет использовать его в качестве электронного предохранителя без «зашелки». Работает стабилизатор следующим образом.

Из-за разного соотношения сопротивлений резисторов делителей R6, R7 и R8, R9 напряжение на неинвертирующем входе ОУ DA1 в момент включения питания оказывается больше, чем на инвертирующем, поэтому на его выходе устанавливается высокий уровень. Транзисторы VT1...VT3 открываются и конденсаторы C2, C3 начинают заряжаться, а катушка L1 — накапливать энергию. После того как напряжение на выходе стабилизатора достигнет значения, соответствующего пробоему стабилитрона VD2 и открытию транзистора VT4, напряжение на неинвертирующем входе ОУ OA1 становится меньше, чем на инвертирующем (из-за шунтирования R9 резистором R10), и на его выходе устанавливается низкий уровень.

В результате транзисторы VT1...VT3 закрываются, полярность напряжения на выводах катушки L1 скачком изменяется на противоположную, открывается коммутирующий диод VD1 и энергия, накопленная в катушке L1 и конденсаторах C2, C3, отдается в нагрузку. При этом выходное напряжение уменьшается, стабилитрон VD2 и транзистор VT4 закрываются, на выходе ОУ появляется высокий уровень и транзистор VT3 снова открывается, начиная тем самым новый рабочий цикл стабилизатора.

При увеличении тока нагрузки сверх номинального значения возрастающее падение напряжения на активном сопротивлении катушки L2 начинает в большей мере открывать транзистор VT4, ООС по току становится преобладающей, а стабилитрон VD2

закрывается. Из-за действия ООС выходной ток стабилизируется, а выходное напряжение и входной ток уменьшаются, обеспечивая тем самым безопасный режим работы транзистора VT3. После устранения перегрузки или короткого замыкания устройство возвращается в режим стабилизации напряжения.

Как видно из схемы, транзисторы VT1 и VT3 образуют составной транзистор. Такое схемное решение оптимально при использовании в качестве ключевого элемента биполярного транзистора, так как в этом случае обеспечивается относительно небольшое падение напряжения на открытом транзисторе VT3 при относительно малых токах управления. При этом транзистор VT1 насыщается, обеспечивая оптимальные статические потери составного транзистора, а VT3 не насыщается, обеспечивая оптимальные динамические потери. В качестве датчика тока VT4 применен мощный транзистор серии КТ817. В принципе, здесь возможно использование и более дешевого маломощного транзистора, однако у мощных при малых рабочих токах (как в данном случае) напряжение открывания эмиттерного перехода — всего около 0,4 В, тогда как у маломощных, например, КТ3102, оно — около 0,55 В.

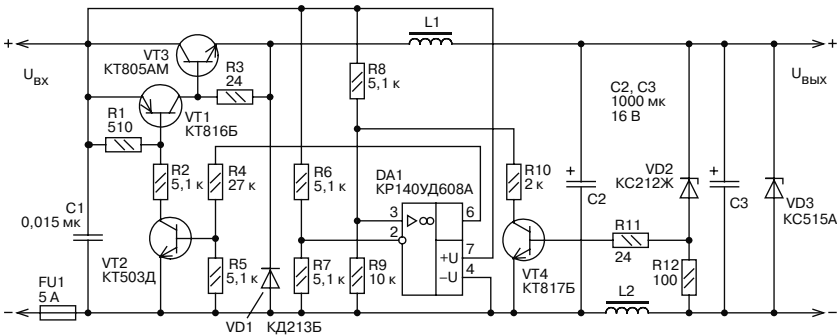


Рис. 5.21.

Таким образом, при одном и том же токе срабатывания защиты сопротивление измерительного резистора в случае использования мощного транзистора получается меньше, обеспечивая тем самым выигрыш в КПД стабилизатора. В описываемом ИСН, как отмечалось, предусмотрена защита от появления входного напряжения

на выходе при пробое регулирующего транзистора VT3. В этом случае напряжение на стабилитроне VD3 становится более 15 В, ток в силовой цепи резко возрастает и предохранитель FU1 сгорает. Предполагается, что последний перегорит раньше, чем это случится со стабилитроном (из-за тепловых перегрузок).

Имитация аварии (замыкание выводов коллектора и эмиттера VT3) показала, что стабилитроны KC515A (в металлическом корпусе) отлично защищают питаемые от ИСН устройства: при сгорании предохранителя стабилитроны, выходя из строя, остаются «в глубоком» коротком замыкании (не обрываются). Такие же результаты получены при испытании стабилитронов KC515Г, а также аналогичных импортных (в пластмассовых корпусах). Неудовлетворительно вели себя аналогичные стабилитроны в стеклянных корпусах — они успевали перегорать одновременно с предохранителем.

В ИСН можно применить любые транзисторы указанных на схеме серий (кроме КТ816А в качестве VT1). Оксидные конденсаторы С2, С3 — зарубежного производства марки SR (приближенный аналог К50-35). Наиболее подходящая замена КР140УД608 — КР140УД708.

Накопительная катушка индуктивности L1 помещена в броневого магнитопровод из двух чашек Ч22 из феррита М2000НМ с зазором около 0,2 мм, образованным двумя слоями самоклеющейся бумаги. Наматывают катушку проводом ПЭЛ-1,0. Чтобы катушка не «пищала» на частоте преобразования, чашку с обмоткой погружают на некоторое время в резервуар с нитролаком, затем извлекают и дают лаку стечь. После этого чашку надевают на предварительно вставленный в соответствующее отверстие платы стягивающий винт, надевают вторую чашку и полученную таким образом сборку стягивают винтом с гайкой и шайбой.

После высыхания лака выводы катушки аккуратно зачищают, облуживают и припаивают к соответствующим контактам платы. Затем монтируют остальные детали. Датчик тока катушки L2 помещают в магнитопровод из двух чашек Ч14 из феррита той же марки, что и катушка L1, и такой же диэлектрической прокладкой. Для обмотки используют провод ПЭЛ-0,5 длиной 700 мм, пропитывать лаком ее необязательно. Эту катушку можно изготовить и иначе, намотав провод указанного диаметра и длины на стандартный дроссель

ДПМ-0,6, однако эффективность подавления импульсов на частоте преобразования в этом случае несколько снизится.

Стабилизатор собирают на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита, чертеж которой показан на рис. 5.22. В случае, если ИСН будет использоваться при максимальном токе нагрузки, транзистор VT3 необходимо установить на теплоотводе в виде алюминиевой пластины площадью не менее 100 см^2 и толщиной $1,5 \dots 2 \text{ мм}$. На этом же теплоотводе через изолирующую прокладку (например, слюдяную) закрепляют и коммутирующий диод VD1. При токах нагрузки менее 1 А теплоотвод для транзистора VT3 и диода VD1 не потребуются, однако в этом случае ток срабатывания защиты необходимо уменьшить до $1,2 \text{ А}$, заменив катушку L2 резистором C5-16 сопротивлением $0,33 \text{ Ом}$ и мощностью 1 Вт .

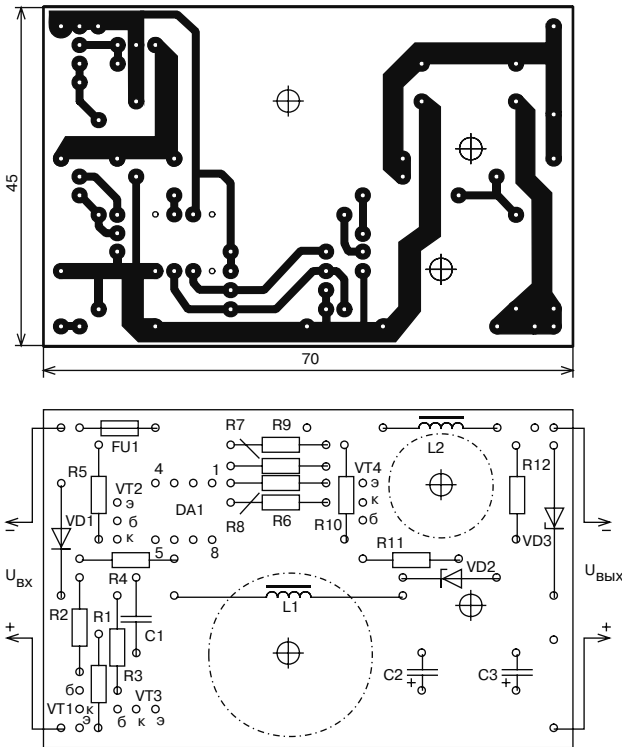


Рис. 5.22.

В налаживании описанный ИСН практически не нуждается. Возможно, однако, придется уточнить ток срабатывания защиты, для чего провод катушки L2 следует взять изначально большей длины. Припаяв его к соответствующим контактам платы, постепенно укорачивают до получения необходимого тока срабатывания защиты, а затем наматывают катушку L2. Использовать стабилизатор при токах нагрузки более 4 А не следует. Ограничение связано в основном с максимально допустимым импульсным током коллектора транзистора серии КТ805. Подробное описание этого источника питания приводится в [91].

5.15. Импульсный источник питания с полумостовым преобразователем

Следующая схема импульсного источника питания с полумостовым преобразователем с регулируемым выходным напряжением без стабилизации используется для питания паяльной станции. Построение и наладка этого источника питания не вызывают затруднений, что является главным его достоинством. Узел управления выполнен на микросхеме КР1156ЕУ2, которая представляет собой высокочастотный ШИМ-контроллер, оптимизированный для построения двухтактных высокочастотных импульсных источников питания.

Схема устройства приведена на рис. 5.23. Напряжение сети поступает на фильтр С1, L1, С2, выпрямляется диодным мостом VD1 и через токоограничительный резистор R6 заряжает конденсаторы С11 и С12, образующие одно плечо моста. Другое плечо образовано транзисторами VT1, VT2. В диагональ моста включена первичная обмотка трансформатора Т2. Полевые транзисторы VT1, VT2 поочередно открываются импульсами с выхода микросхемы DA1, причем VT2 управляется непосредственно от микросхемы, а VT1 — через трансформатор Т1, служащий для гальванической развязки. В цепи затворов включены резисторы R8 и R9, которые совместно с емкостями затворов образуют НЧ фильтры, снижающие помехи при переключении.

Микросхема ШИМ-контроллера КР1156ЕУ2 имеет два выходных каскада (выводы 11, 14), рассчитанные на значительный выходной

ток (как втекающий, так и вытекающий): постоянный — 0,5 А, импульсный — до 2 А. Управляется микросхема внутренним генератором, частота которого задается подключением резистора к выводу 5 и конденсатора к выводу 6 (R5, C7 на рис. 5.23). Частота преобразователя в данном случае выбрана равной 50 кГц.

Для широтно-импульсной модуляции выходных сигналов служит устройство, состоящее из триггеров и усилителя сигнала ошибки. С помощью усилителя сигнала ошибки можно осуществить стабилизацию выходного напряжения за счет сравнения части выходного напряжения с опорным, подключив соответствующим образом отрицательную обратную связь на вход усилителя. Однако в данной конструкции эта возможность не используется, поэтому соединения сделаны следующим образом. На инвертирующий вход микросхемы (вывод 2) подано напряжение +5,1 В с источника опорного напряжения (вывод 16). На вывод 7 подано пилообразное напряжение с вывода 6. Инвертирующий вход усилителя (вывод 1) соединен с общим проводом через резистор R4.

При таком включении усилитель сигнала ошибки установлен на максимальную длительность выходных импульсов. Для управления длительностью импульсов использована другая возможность контроллера — узел «мягкого запуска» с выводом 8. Если на этот вывод подать изменяющееся приблизительно от 2,25 до 4,5 В напряжение, то длительность выходных импульсов будет регулироваться в пределах 0...100% от максимальной. Максимальная длительность импульсов составляет, соответственно, 80% от длительности полупериода.

Ток по выводу 8 очень мал (порядка 10 мкА); подключением конденсатора к этому выводу можно осуществить так называемый «мягкий запуск», когда работа преобразователя начинается с минимальной длительности импульсов, и постепенно, за счет заряда конденсатора, увеличивается до стационарного значения. В данном устройстве длительность импульсов, а значит, и выходное напряжение, регулируется переменным резистором R2. Резистор включен в цепочку делителя R1...R3, подключенную к опорному напряжению +5,1 В.

Назначение вывода 9 микросхемы — защита по току. Если ток через транзистор VT2 превысит 1 А, то напряжение на выводе 9 будет более 1 В и выходы микросхемы переключатся в состояние «выключено» до окончания текущего цикла. Напряжение питания микро-

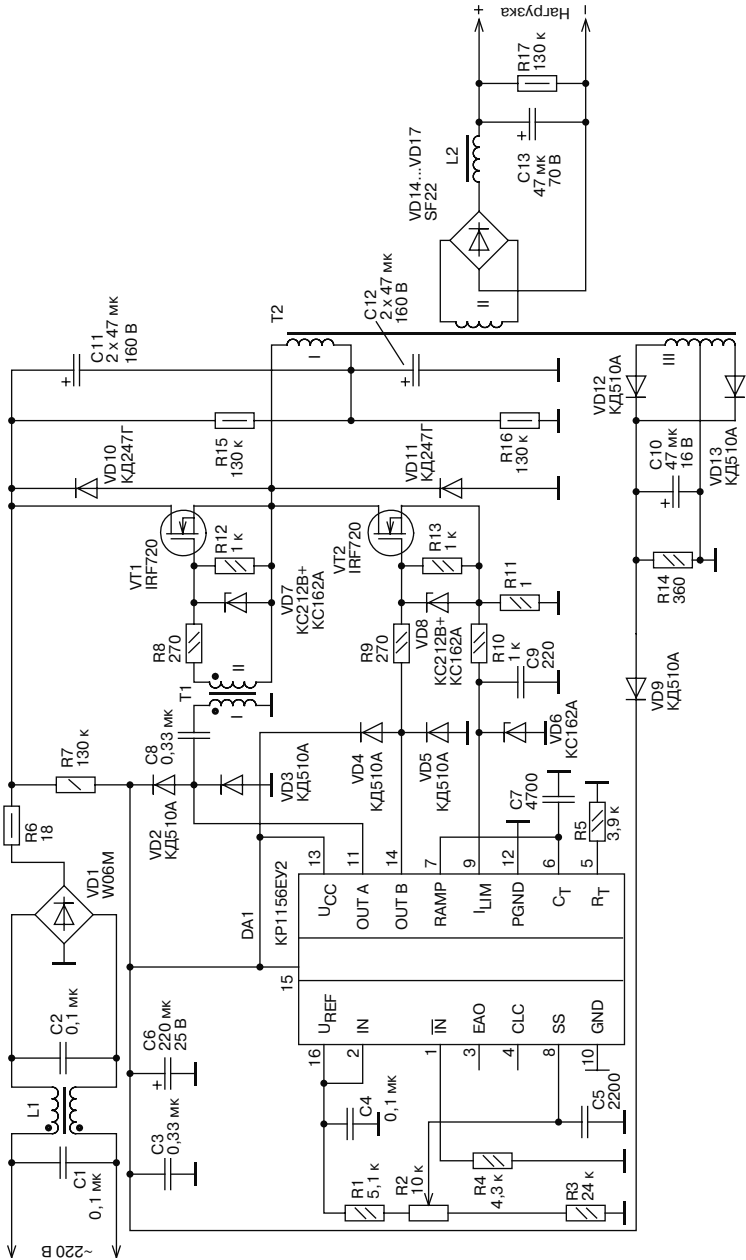


Рис. 5.23.

схемы поступает на вывод 15. Отдельные выводы силового питания (вывод 13) и общего провода (вывод 12) позволяют, при необходимости, развязать по питанию мощный выходной каскад, являющийся источником помех, от остальной части преобразователя.

Напряжение питания на микросхему поступает с выпрямителя на диодах VD12, VD13 и конденсаторе C10. При включении устройства в сеть это напряжение отсутствует, поэтому необходимо решить проблему первоначального пуска. Для этого используется следующая особенность микросхемы. Если напряжение питания микросхем меньше 9 В, контроллер находится в выключенном состоянии, сигналы на выходах А и В отсутствуют, микросхема потребляет ток порядка 1 мА и не шунтирует конденсатор С6, который заряжается через резистор R7.

При достижении напряжения приблизительно 9,8 В микросхема включается. Преобразователь запускается, на обмотке III трансформатора появляется напряжение, которое выпрямляется и обеспечивает питание микросхемы во время работы (около 15 В в данном устройстве). Вывод 15 микросхемы имеет гистерезис около 0,8 В, поэтому выключится микросхема только при снижении напряжения питания ниже 9 В, в результате кратковременное снижение напряжения на выводе 15 при запуске микросхемы не приводит к ее выключению.

Как уже говорилось, форма сигнала на выходах А и В (выводы 11 и 14, соответственно) представляет собой попеременно появляющиеся импульсы с максимальной длительностью 80% от полупериода, поэтому между закрыванием одного транзистора и открыванием другого есть достаточно большой интервал. В результате момент, когда оба транзистора открыты, исключен, и сквозные токи отсутствуют.

Выходное напряжение с обмотки II выпрямляется диодами VD14...VD17 и через дроссель L2 поступает на конденсатор C13 и далее на выход преобразователя. Назначение дросселя L2 — выделение из выпрямленной последовательности прямоугольных импульсов постоянной составляющей. В паузах между импульсами выпрямленного напряжения все диоды выпрямителя оказываются открытыми, и через них энергия, накопленная в дросселе, поступает в нагрузку.

В блоке применены детали импортного и отечественного производства: VD1 — диодный мост W06M с обратным напряжением

600 В и максимальным током 1,5 А; С11, С12 — по два параллельно соединенных конденсатора 47 мкФ 160 В фирмы Jamicon; VD14...VD17 — импортные диоды SF22 с обратным напряжением 100 В и максимальным током 2 А; время восстановления 35 нс. Следует отметить, что от быстродействия этих диодов сильно зависит КПД и уровень помех устройства.

Трансформатор Т1 намотан на кольце К10×6×4,5 из феррита М2000НМ1, число витков обмоток I — 50, II — 40, диаметр провода 0,15 мм, трансформатор Т2 намотан на кольце К31×18,5×7 из феррита М1000НМ1, обмотка I содержит 160 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,3 мм, II — 40 витков такого же провода диаметром 0,6 мм, III — 2×15 витков провода диаметром 0,15 мм. Дроссель L2 намотан на кольце К20×10×5 из феррита М2000НМ1 с зазором в кольце 1,5 мм; число витков — 110, провод диаметром 0,5 мм. Зазор выполнен ножовкой по металлу или «болгаркой» алмазным кругом, в зазор для прочности вклеена прокладка из текстолита.

Транзисторы установлены на небольшие радиаторы. VD7, VD8 — по два последовательно соединенных стабилитрона на суммарное напряжение стабилизации 18 В. Остальные детали — типовые для импульсных источников.

При налаживании устройства к выводам 15 и 10 микросхемы DA1 подключается внешний источник питания +12 В и проверяется наличие сигналов на выходах А и В, их форму и изменение длительности импульсов при регулировании резистором R2. При необходимости подбираются резисторы R1 и R3 на необходимый диапазон регулирования.

Далее вместо 220 В подключается напряжение порядка 30...40 В, не отключая источник +12 В, и проверяется сигнал в точке соединения транзисторов, а также формирование напряжений на выходе устройства и на конденсаторе С10. Напряжения должны быть пропорционально уменьшенными по сравнению со стационарным режимом.

После этого убирается источник +12 В и устройство можно включить в сеть 220 В. В последнюю очередь уточняется число витков обмоток I и III трансформатора Т2: III — для обеспечения питания +15 В, а также обмотки II — на необходимое максимальное напряжение источника. Дополнительную информацию об этой схеме можно найти в [92].

5.16. Импульсный источник питания УМЗЧ

Псевдосенсорный выключатель источника питания (рис. 5.24) выполнен на элементах VD1, VS1 со схемой управления, собранной на DD1, VT1 и оптопаре U1. Питание схемы управления осуществляется от стабилизированного выпрямителя, выполненного на C4, R7, VD3, VD4, C3. После электронного коммутатора напряжение поступает через помехоподавляющий фильтр (его можно использовать от импульсного блока питания телевизора) на выпрямитель VD2, C9. Резистор R13 ограничивает ток заряда конденсатора C9 во избежание выхода из строя моста VD2. Обмотки фильтра питания включены так, что магнитные потоки, создаваемые за счет протекания входного тока, взаимно компенсируются.

Автогенераторный преобразователь напряжения собран по полумостовой схеме с ненасыщающимся силовым трансформатором. Инвертор преобразует постоянное напряжение в переменное напряжение прямоугольной формы с частотой около 30 кГц. Трансформатор рассчитан так, что за время рабочего полупериода индукция в его магнитопроводе не достигает индукции насыщения, при этом процесс переключения мощных транзисторов начинается не с увеличения тока коллектора открытого транзистора (как это имеет место в схемах с насыщающимся трансформатором), а с уменьшения базового тока.

В отличие от T2, трансформатор T3 — насыщающийся. При его насыщении происходит увеличение тока холостого хода, что вызывает увеличение падения напряжения на резисторе R11, включенном в цепь его первичной обмотки, и уменьшение напряжения на выходных обмотках. При этом ток базы открытого транзистора уменьшается вплоть до нуля, условие его насыщения нарушается, и напряжение на нем возрастает, что приводит к уменьшению напряжений на обмотках трансформатора T2. В этот момент напряжение на обмотках T3 (благодаря накопленной в нем электромагнитной энергии) скачком изменяет свою полярность.

Смена полярности напряжений на обмотках T3 приводит к лавинообразному переключению транзисторов инвертора и смене полярности напряжения на обмотках T2. Благодаря этому, в таких инверторах коммутационные перегрузки мощных транзисторов отсутствуют. Уменьшению коммутационных потерь способствует

и пропорционально-токовое управление за счет специального отвода обмотки II трансформатора Т3. При пропорционально-токовом управлении транзистор к моменту выключения автоматически выводится из состояния насыщения, что приводит к уменьшению времени рассасывания.

Запуск схемы осуществляется с помощью релаксационного генератора на транзисторе VT2, работающем в лавинном режиме. При включении питания через резистор R10 начинает заряжаться конденсатор C2, и когда напряжение на нем достигает 50...70 В, транзистор VT2 лавинообразно открывается и конденсатор C2 разряжается. Импульс тока открывает транзистор VT4 и запускает преобразователь.

В преобразователе можно использовать транзисторы КТ809, КТ826, КТ854, 2Т856, 2Т862, КТ847, т.е. высоковольтные транзисторы, имеющие время рассасывания не более 3 мкс. Моточные данные трансформаторов приведены в табл. 5.3. Фильтр питания (Т1) можно выполнить на кольце М2000НМ1 типоразмера К20×10×5, его обмотки содержат 20 витков провода МГТФ-0,5. Этим же проводом мотают и дополнительный виток обмотки II трансформатора Т2. Обмотку I трансформатора Т2 отделяют от остальных обмоток трехслойной изоляцией из лакоткани.

Конденсаторы C5, C6, C7, C8 типа К73-17 на напряжение 630 В. Конденсатор C3 типа К50-35 на 16 В. Тиристор VS1 можно заменить на КУ202Л (М). Подробное описание схемы и пример расчета трансформатора на другие выходные напряжения приводится в [93].

Таблица 5.3

Трансформатор	Номер обмотки	Кол-во витков	Диаметр провода, мм	Сердечник
Т1	I	20	0,5	М2000НМ К20×10×5
	II	20	0,5	
Т2	I	100	0,41	М2000НМ К38×24×7
	II	40	0,69	
	III	3	0,3	
Т3	I	10	0,3	М2000НМ К10×6×4,5
	II	4+1	0,3	
	III	4	0,3	

5.17. Импульсный сетевой блок питания УМЗЧ

Основные технические характеристики блока питания следующие: напряжение питания — 200...240 В, выходные напряжения — ± 25 В, 20 В и 10 В при токах нагрузки, соответственно, 3 А, 1 А и 3 А; КПД — 0,75. Принципиальная схема устройства показана на рис. 5.25. Функции сетевого фильтра выполняют элементы С2, Т1, С3. Выпрямитель преобразователя напряжения — двухполупериодный мостовой на диодах VD1...VD4, транзисторный фильтр образован элементами R3, С5, R4, VT1, С7. Он уменьшает пульсации выпрямленного напряжения частотой 100 Гц, что необходимо для предотвращения модуляции ими прямоугольного напряжения высокочастотного преобразователя. Последний выполнен на транзисторах VT5, VT6. Через понижающий трансформатор Т3 его выходное напряжение поступает на двухполупериодные выпрямители VD13...VD16; VD17...VD20. Пульсации выпрямленных напряжений сглаживают конденсаторы С11...С18.

Задающий генератор собран на элементах миросхемы DD1. Подстроечным резистором R1 частоту следования его импульсов можно изменять в пределах от 100 до 200 кГц. Триггер DD2.1 формирует из них импульсы с более крутыми фронтами и вдвое меньшей частотой следования. С преобразователем напряжения генератор связан через комплементарный эмиттерный повторитель на транзисторах VT3, VT4 и трансформатор Т2. Питание на задающий генератор поступает через выпрямитель (VD5...VD8) и стабилизатор напряжения (VT2, R5, VD9, VD10). Избыток сетевого напряжения гасит конденсатор С4.

В блоке питания могут быть использованы любые подходящие по габаритам и параметрам резисторы и конденсаторы. Вместо транзисторов КТ812А можно применить КТ809А или КТ704Б. Статические коэффициенты передачи тока транзисторов VT5, VT6 должны быть примерно одинаковыми. Заменять микросхемы серии К511 какими-либо другими не рекомендуется, поскольку они менее всего подвержены действию высокочастотных помех и позволяют получить довольно большой (около 13 В) размах импульсов на выходе триггера.

В крайнем случае можно воспользоваться микросхемами серии К155, однако это потребует дополнительного усиления импульсов, подаваемых на базы транзисторов VT3, VT4. Не следует заменять и диоды

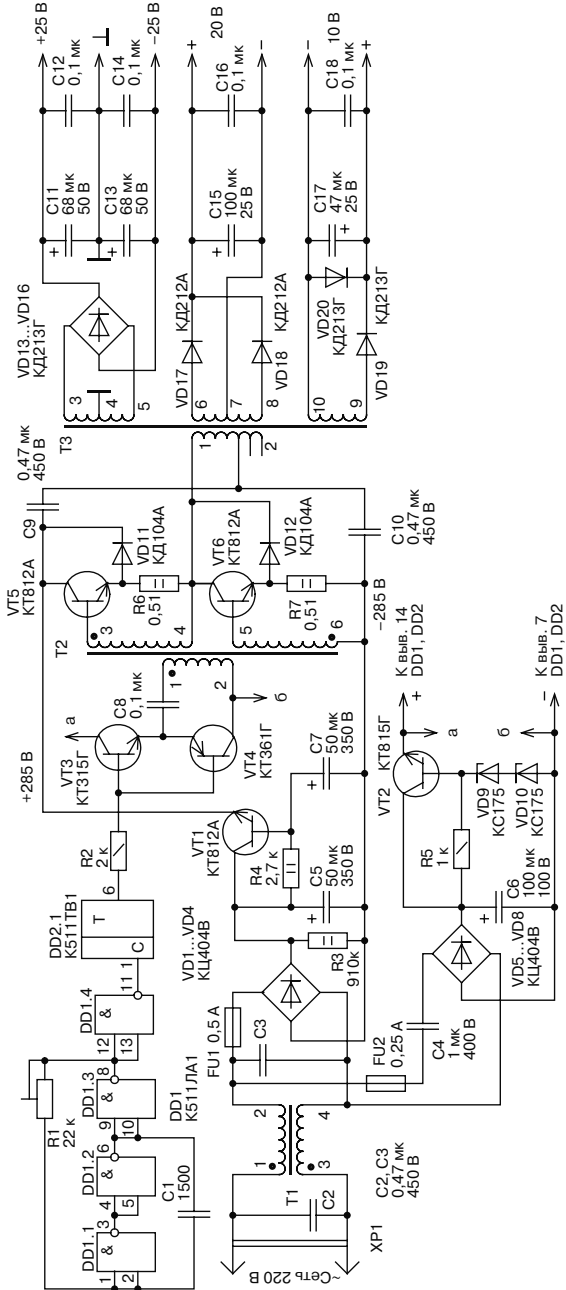


Рис. 5.25.

КД213Г и КД212А, так как они имеют довольно высокую граничную частоту (около 100 кГц), позволяющую выбрать такую же частоту преобразования и, как следствие этого, уменьшить габариты выходного трансформатора ТЗ и поднять КПД блока питания.

Трансформатор сетевого фильтра Т1 выполнен на кольцевом магнитоприводе типоразмера К20×10×5 из феррита М2000НМ3, обе его обмотки содержат по 17 витков провода МГТФ-0,5. Магнитопривод трансформатора преобразователя Т2 — К16×8×6 из феррита М2000НН-1, все его обмотки намотаны в три провода (ПЭЛШО 0,12) и содержат по 90 витков. В выходном трансформаторе ТЗ использован магнитопривод К38×24×7 из такого же материала. Его обмотки 1-2, 3-4-5 и 9-10 содержат, соответственно, 30+5+5; 5+5 и 2 витка провода ПЭВ-2-1,0; обмотка 6-7-8 содержит 4+4 витка провода ПЭВ-1-0,6. Все обмотки равномерно распределяют по кольцу и тщательно закрепляют, а для исключения межобмоточных замыканий отделяют одну от другой фторопластовой пленкой. Мощные транзисторы VT2, VT5, VT6 размещены на трех теплоотводах с площадью охлаждающей поверхности 65 см² каждый. Подробнее о блоке питания рассказано в [94].

5.18. Экономичный импульсный блок питания

Мощность блока питания — около 180 Вт, выходное напряжение 2×25 В при токе нагрузки 3,5 А. Размах пульсаций при токе нагрузки 3,5 А не превышает 10% для частоты пульсаций 100 Гц и 2% — для частоты 27 кГц. Выходное сопротивление не превышает 0,6 Ом. Габариты блока — 170×80×35 мм, масса — 450 г.

Схема блока питания представлена на рис. 5.26. После выпрямления диодным мостом VD1 сетевое напряжение фильтруют конденсаторы С1...С4. Резистор R1 ограничивает ток зарядки конденсаторов фильтра, протекающий через диоды выпрямителя при включении блока. Отфильтрованное напряжение поступает на преобразователь напряжения, построенный по схеме полумостового инвертора на транзисторах VT1, VT2. Преобразователь нагружен первичной обмоткой трансформатора Т1, преобразующего напряжение и гальванически развязывающего выход блока от сети переменного тока. Конденсаторы С3 и С4 препятствуют проникновению в сеть ВЧ помех от блока питания. Полумостовой ин-

вертор преобразует постоянное напряжение в переменное прямоугольной формы с частотой 27 кГц.

Трансформатор Т1 рассчитан так, что его магнитопровод не насыщен. Автоколебательный режим работы обеспечен цепью обратной связи, напряжение которой снимается с обмотки III трансформатора Т1 и подается на обмотку I вспомогательного трансформатора Т2. Резистор R4 ограничивает напряжение на обмотке I трансформатора Т2. От сопротивления этого резистора зависит в определенных пределах частота преобразования.

Для обеспечения надежного запуска преобразователя и его устойчивой работы служит узел запуска, представляющий собой релаксационный генератор на транзисторе VT3, работающем в лавинном режиме. При включении питания через резистор R5 начинает заряжаться конденсатор C5 и, когда напряжение на нем достигает 50...70 В, транзистор VT3 лавинообразно открывается и конденсатор разряжается. Импульс тока открывает транзистор VT2 и запускает преобразователь.

Транзисторы VT1 и VT2 установлены на теплоотводах площадью 50 см² каждый. Диоды VD2...VD5 тоже снабжены пластинчатыми теплоотводами. Диоды зажаты между пятью дюралюминиевыми пластинами размерами 40×30 мм каждая (три средние пластины толщиной 2 мм, две крайние — 3 мм). Весь пакет стягивают двумя винтами М3×30, пропущенными через отверстия в пластинах. Для предотвращения замыкания пластин винтами на них надеты отрезки поливинилхлоридной трубки.

Намоточные характеристики трансформаторов приведены в табл. 5.4, расположение обмоток трансформатора Т1 приведено на рис. 5.27 (первичная обмотка намотана по всему периметру кольца, на рисунке условно не показана). Провод обмоток — ПЭВ-2. Для облегчения запуска преобразователя обмотка III трансформатора Т1 должна располагаться на месте, не занятом обмоткой II. Межобмоточную изоляцию в трансформаторах выполняют лентой из лакоткани. Между обмотками I и II трансформатора Т1 изоляция трехслойная, между остальными обмотками трансформаторов — однослойная. Транзисторы КТ812А можно заменить на КТ812Б, КТ809А, КТ704А...КТ704В, диоды КД213А — на КД213Б. Правильно собранный блок питания обычно в налаживании не нуждается, однако в отдельных случаях может потребоваться подборка транзистора VT3.

Для проверки его работоспособности временно отключают вывод эмиттера и присоединяют его к минусовому выводу сетевого выпрямителя. Осциллографом наблюдают напряжение на конденсаторе C5 — пилообразный сигнал размахом 20...50 В и частотой несколько герц. Если пилообразное напряжение отсутствует, транзистор необходимо заменить.

Применение этого источника питания не исключает необходимости блокирования цепей питания усилителя ЗЧ конденсаторами большой емкости. Подключение таких конденсаторов в еще большей степени уменьшает уровень пульсаций. Подробное описание этого устройства приводится в [95].

Таблица 5.4

Трансформатор	Номер обмотки	Кол-во витков	Диаметр провода, мм	Сердечник
Т1	I	82	0,5	2 кольца М2000НМ К31×18,5×7
	II	16+16	1	
	III	2	0,3	
Т1	I	10	0,3	М2000НН К10×6×5
	II	6	0,3	
	III	6	0,3	

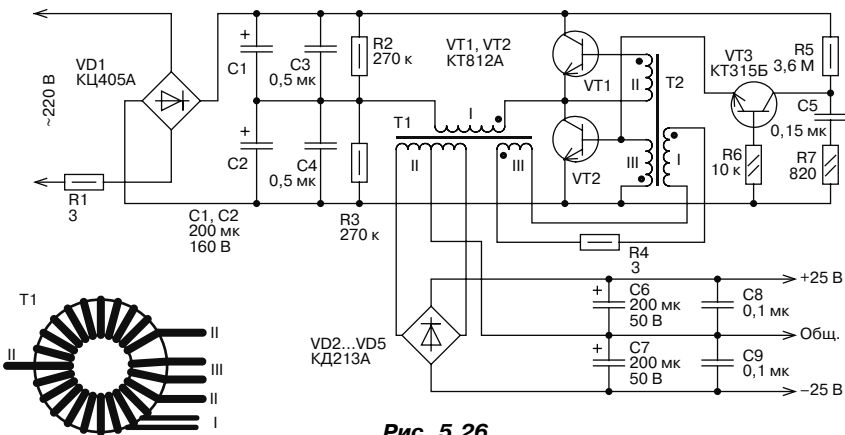


Рис. 5.26.

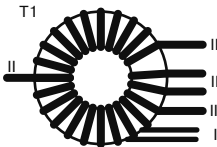


Рис. 5.27.

5.19. Простой ключевой стабилизатор напряжения

Электронные устройства, выполненные на цифровых микросхемах, не предъявляют слишком высоких требований к стабильности и уровню пульсаций питающего напряжения. Поэтому для питания таких устройств можно с успехом применять простейшие ключевые стабилизаторы напряжения. Они имеют высокий КПД, меньшие габариты и массу по сравнению с непрерывными стабилизаторами. Правильное конструктивное исполнение ключевого стабилизатора позволяет избежать проникновения высокочастотных помех в питаемое устройство.

На рис. 5.28 показана принципиальная схема простого ключевого стабилизатора. При высоких энергетических показателях качество выходного напряжения позволяет подключать к стабилизатору устройства, выполненные на цифровых микросхемах серий K130, K133, K134, K155, K156, K561 и др.

Основные технические характеристики:

Входное напряжение, В	15...25;
Выходное напряжение, В.....	5;
Максимальный ток нагрузки, А.....	4;
Пульсации выходного напряжения при токе нагрузки 4 А во всем интервале питающего напряжения, мВ, не более	50;
КПД, %, не хуже	60;
Рабочая частота, кГц.....	>20.

При подаче на вход устройства напряжения питания в цепи базы составного транзистора VT2, VT3 появляется ток, вследствие чего он открывается. Цепь R3, C2 обеспечивает импульсный характер возникновения этого тока, что способствует форсированному открыванию составного транзистора. После его открывания через дроссель L1 начинает протекать возрастающий ток, заряжающий накопительные конденсаторы C3, C4.

Когда напряжение на этих конденсаторах достигает некоторого уровня, открываются транзисторы VT4 и VT1. Последний из них, насыщаясь, подключает к эмиттерному переходу транзистора VT2 заряженный в закрывающей полярности конденсатор C2. Это способствует быстрому закрыванию составного транзистора. Ток

в дросселе L1 не может мгновенно прерваться, поэтому после закрывания транзисторов VT2, VT3 открывается диод VD1, который замыкает цепь тока через дроссель L1. В этот отрезок времени ток в дросселе уменьшается, а с момента, когда он сравняется с током нагрузки, начинает уменьшаться и напряжение на конденсаторах C3, C4. При некотором его значении транзисторы VT4 и VT1 закрываются, а VT2 и VT3 — открываются, и ток в дросселе L1 начинает снова увеличиваться, диод VD1 закрывается.

Напряжение на конденсаторах C3, C4 продолжает уменьшаться, и, когда ток в дросселе L1 становится равным току нагрузки, напряжение на конденсаторах C3, C4 снова начинает увеличиваться, и цикл работы стабилизатора повторяется. Конденсатор C5 создает на базе транзистора VT4 необходимый фазовый сдвиг сигнала обратной связи, определяющий частоту следования рабочих циклов. Фильтр L2, C6 служит для уменьшения пульсаций выходного напряжения.

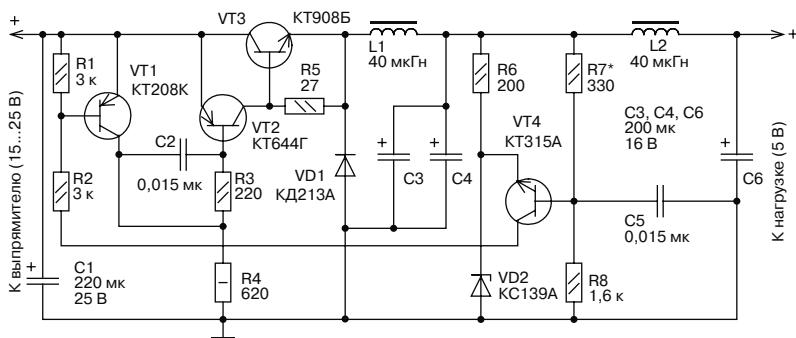


Рис. 5.28.

Мощность, рассеиваемая на транзисторе VT3 и диоде VD1, незначительна. Это позволяет получить значительный ток нагрузки без применения теплоотводов для мощных элементов. Однако при длительной работе с током нагрузки свыше 3,5 А необходима установка этих элементов на теплоотводы. Полное описание работы схемы и монтажа стабилизатора приведено в [96]. Печатная плата устройства приводится на рис. 5.29.

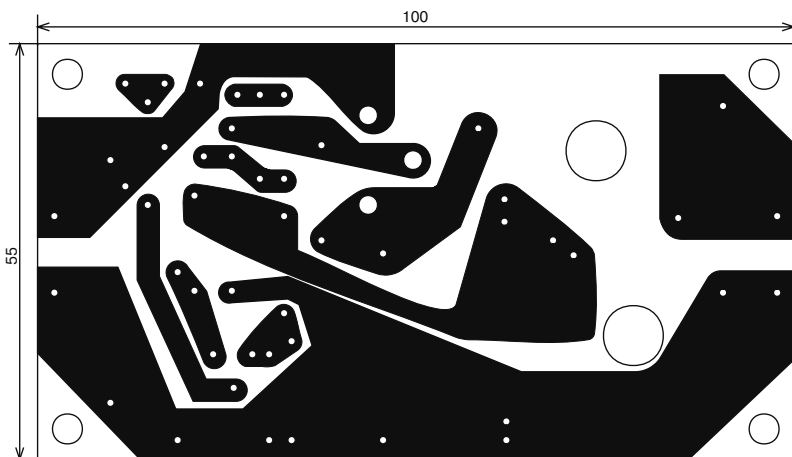
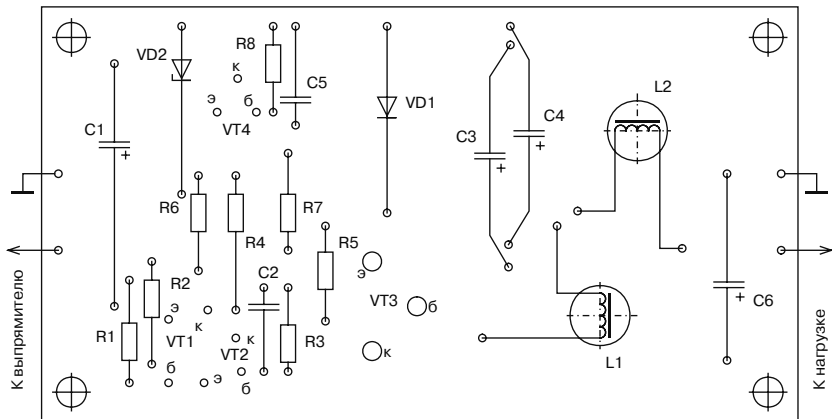


Рис. 5.29.

5.20. Релейный стабилизатор напряжения

Этот стабилизатор (рис. 5.30) предназначен для питания устройств на основе цифровых ИМС, не предъявляющих высоких требований по стабильности и уровню пульсаций выходного напряжения. Стабилизатор напряжения снабжен защитой от перегрузок по току и коротких замыканий.

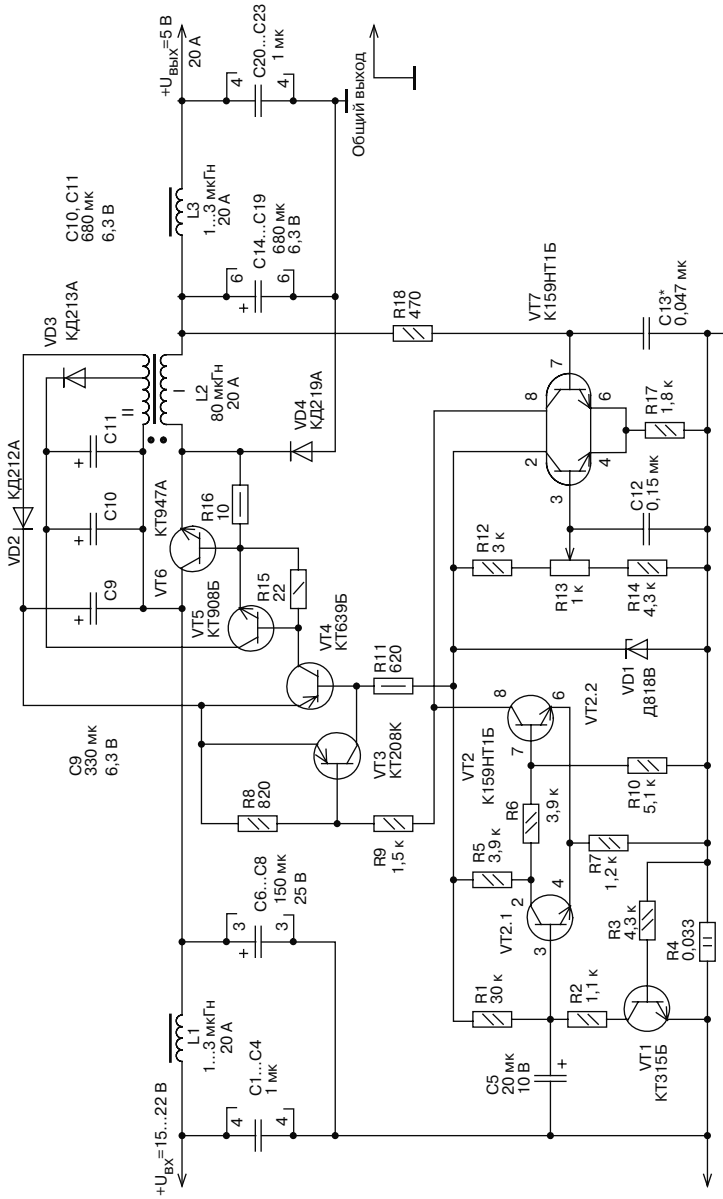


Рис. 5.30

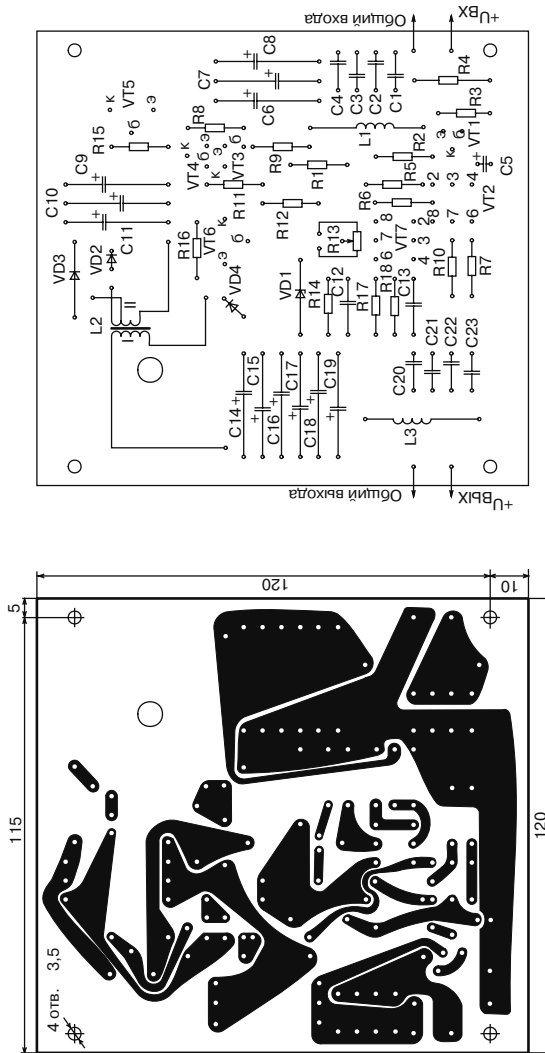


Рис. 5.31. (уменьшено)

Основные параметры:

Входное напряжение, В	15...22;
Выходное напряжение, В.....	5;
Ток срабатывания защиты, А	11;
Уровень пульсаций на выходе, мВ, не более	100;
Рабочая частота, кГц.....	20;
Ток нагрузки (макс.), А	10.

Для получения такого тока нагрузки применено составное включение нескольких транзисторов, для лучшего согласования которых используются дополнительные напряжения смещения, снимаемые с выпрямителей на диодах VD2, VD3. Резистор R4 выполнен из толстой высокоомной проволоки, намотанной на керамический корпус от сгоревшего предохранителя.

Дроссели L1, L3 выполнены из отрезка изолированного монтажного провода сечением 1,5...2 мм², пропущенного через четыре ферритовых кольца марки M2000HM1 типоразмера K16×8×6 с зазором 0,1 мм каждое. Дроссель L2 намотан на каркасе, который устанавливается в броневой сердечник Б36 из феррита марки M2000HM1. Каркас следует сделать разборным, чтобы после намотки катушек его можно было снять. Первичная обмотка наматывается «канатиком» из 20 проводов типа ПЭВ-1-0,4 мм, и имеет 15 витков. Вторичная обмотка состоит из двух секций; первая секция имеет 6 витков провода ПЭВ-1-0,8 мм, вторая — 2 витка провода ПЭВ-1-0,4 мм. Конец первой и начало второй секции соединены. На схеме отмечено начало первой секции.

После намотки катушек их освобождают от каркаса и заливают эпоксидной смолой. После монтажа катушек в сердечник в нем устанавливают зазор 0,3 мм. Транзистор КТ947А можно заменить на КТ935, КТ912, диод КД219 — на КД213. Печатная плата стабилизатора приводится на рис. 5.31. Более подробно стабилизатор описывается в [97].

5.21. Простой импульсный блок питания на 15 Вт

Данный источник может применяться для питания любой нагрузки мощностью до 15...20 Вт и имеет меньшие габариты, чем аналогичный, но с понижающим трансформатором, работающим на

частоте 50 Гц. Источник питания выполняется по схеме однотактного импульсного высокочастотного преобразователя (рис. 5.32). На транзисторе собран автогенератор, работающий на частоте 20...40 кГц (зависит от настройки). Частота настраивается емкостью $C5$. Элементы $VD5$, $VD6$ и $C6$ образуют цепь запуска автогенератора. Во вторичной цепи после мостового выпрямителя стоит обычный линейный стабилизатор на микросхеме, что позволяет иметь на выходе фиксированное напряжение, независимо от изменения на входе сетевого напряжения (187...242 В).

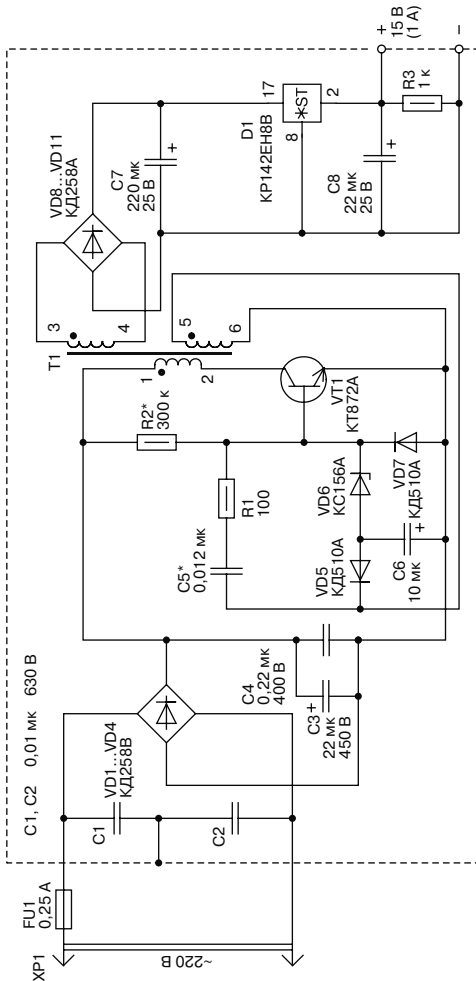


Рис. 5.32.

Импульсный трансформатор выполняется на ферритовом сердечнике М2500НМС или М2000НМ9 типоразмера Ш5×5. Намотка сделана проводом ПЭЛ-2. Обмотка 1-2 содержит 600 витков провода диаметром 0,1 мм, обмотка 3-4 содержит 44 витка диаметром 0,25 мм, обмотка 5-6 — 10 витков того же провода, что и первичная обмотка. В случае необходимости вторичных обмоток может быть несколько (на схеме показана только одна), а для работы автогенератора необходимо соблюдать полярность подключения фазы обмотки 5-6 в соответствии со схемой. Настройка преобразователя заключается в получении устойчивого возбуждения автогенератора при изменении входного напряжения от 187 до 242 В. Элементы, требующие подбора, отмечены звездочкой «*». Резистор R2 может иметь номинал 150...300 кОм, а конденсатор C5 — 6800...15000 пФ. Для уменьшения габаритов преобразователя в случае меньшей снимаемой во вторичной цепи мощности номиналы электролитических фильтрующих конденсаторов (C3, C7 и C8) можно уменьшить. Подробно источник питания описан в [98].

5.22. Импульсный источник питания на 40 Вт

Электрическая схема однотактного импульсного преобразователя приведена на рис. 5.33. Он работает на частоте примерно 50 кГц. В момент включения питания конденсаторы C3...C5 заряжаются через резистор R2. При этом кратковременный импульс напряжения с этого резистора через диод VD5 и резистор R4 поступает на конденсатор C6 и заряжает его. Стабилитрон VD6 ограничивает уровень напряжения питания микросхемы до величины 5,6 В. Это обеспечивает первоначальный запуск схемы и питание автогенератора. В дальнейшем необходимое питающее напряжение для схемы снимается со вторичной обмотки (II) трансформатора T2.

На элементах микросхемы D1.1...D1.3 собран задающий генератор импульсов, из которых на конденсаторе C9 образуется пилообразное напряжение. Компаратор D2 будет сравнивать напряжение пилы с уровнем напряжения на входе 2. В исходном состоянии компаратор открыт и через резистор R12 и базу транзистора VT3 протекает ток. В этом случае VT3, а значит и VT2, будут открыты. Как только напряжение с обмотки II трансформатора T2 превысит установленный резистором R7 порог, компаратор закроется, что ограничит длительность импульса в первичной обмотке трансформатора. Таким образом, обеспечивается стабилизация выходного

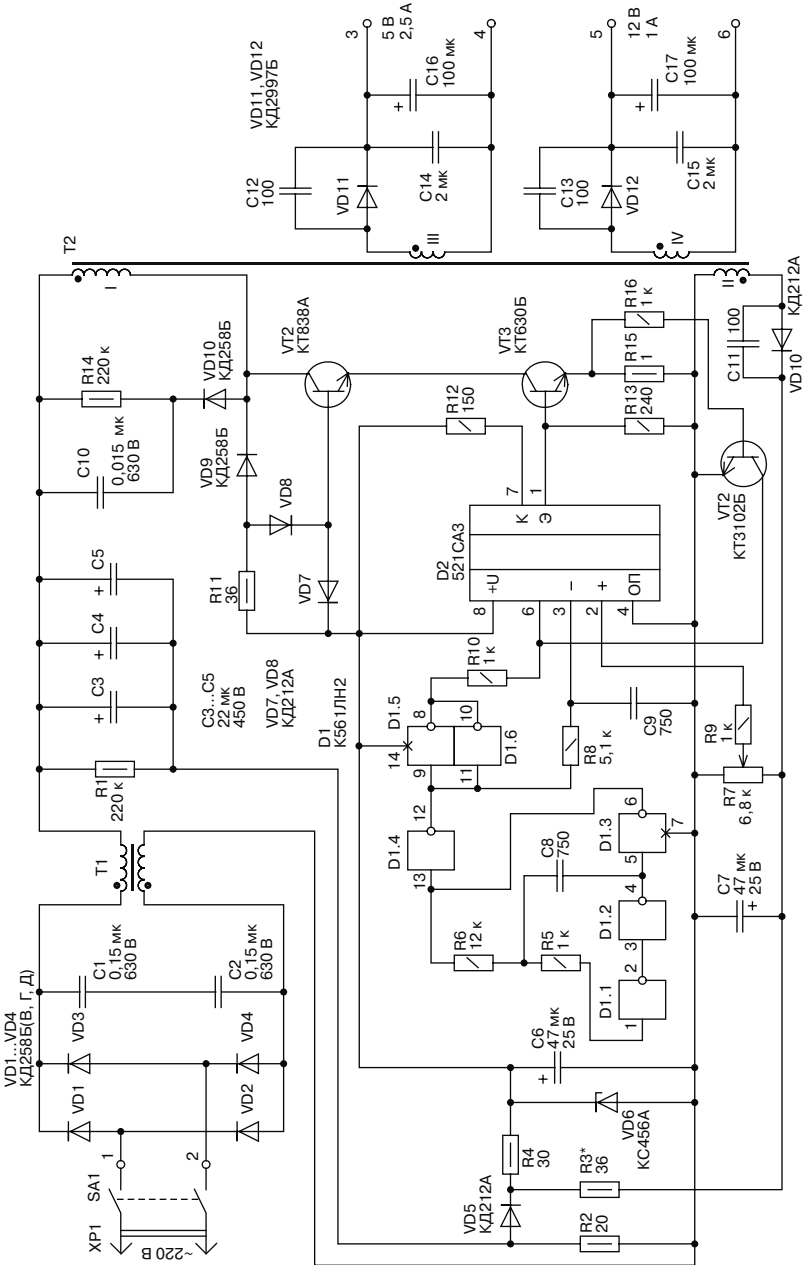


Рис. 5.33.

напряжения при изменении сетевого на входе. Коэффициент стабилизации преобразователя зависит от наклона пилы на конденсаторе С9. Транзистор VT1 обеспечивает защиту источника питания от перегрузки по току. При его открывании срабатывает блокировка работы компаратора (при логическом «0» на выводе 6 микросхемы D2). Сигнал блокировки периодически подается также с выхода генератора. Это исключает нахождение компаратора в открытом состоянии длительное время. В случае срабатывания защиты, чтобы вернуть схему в рабочее состояние (запустить), потребуется на некоторое время отключить источник питания от сети (конденсаторы С3...С5 разрядятся через резистор R1).

В схеме применены детали: резисторы R1 — МЛТ, R2 — С5-5 на 1 Вт, подстроечный R7 — типа СП5-16ВА-0,25 Вт, конденсаторы С1, С2 и С10 — типа К42У-2, С3...С5 — К50-29 на 450 В, С6, С7 типа К50-35, С8, С9, С11...С15 — К10-17.

Транзистор VT2 можно заменить на КТ839А. Дроссель фильтра Т1 выполняется на двух соединенных вместе ферритовых кольцевых сердечниках М2000НМ1 типоразмера К20×10×7,5. Обе обмотки содержат по 40 витков провода ПЭЛ-2 диаметром 0,33 мм (перед намоткой острые края сердечника необходимо закруглить надфилем). Для изготовления трансформатора Т2 взяты ферритовые (М2000НМ1) чашки типоразмера Б30. В центральной части магнитопровод должен иметь зазор примерно 0,2...0,6 мм (чтобы трансформатор не намагничивался при работе). Обмотки содержат: I — 120 витков; II — 7 витков провода ПЭЛ-2 диаметром 0,15 мм; III — 8 витков провода диаметром 3×0,33 мм (наматывается тремя проводами одновременно), IV — 19 витков диаметром 0,5 мм.

Транзистор VT2 устанавливается на радиатор, а вся конструкция закрывается сетчатым экраном (для теплоотвода от Т2 и VT2). Экран позволяет снизить уровень излучений и помех при работе источника. Перед включением трансформатора Т2 необходимо убедиться в работоспособности схемы формирования импульсов на выходе D2 (вывод 1). Для этого можно временно подать питание 9 В на конденсатор С7 от внешнего источника.

При правильной фазировке подключения обмоток у трансформатора Т2 настройка схемы заключается в установке резистором R7 необходимой величины напряжения во вторичной обмотке и проверки запуска схемы при минимальном питающем напряжении 180 В. Полное описание устройства приводится в [98].

5.23. Простой импульсный блок питания на ИМС

Любой разработчик может столкнуться с проблемой создания простого и надежного источника питания для конструируемого им устройства. В настоящее время существуют достаточно простые схемные решения и соответствующая им элементная база, позволяющие создавать импульсные источники питания на минимальном количестве элементов. Вашему вниманию предлагается описание одного из вариантов простого сетевого импульсного блока питания. Блок питания реализован на основе микросхемы UC3842. Эта микросхема получила широкое распространение, начиная со второй половины 90-х годов. На ней реализовано множество различных источников питания для телевизоров, факсов, видеомагнитофонов и другой техники. Такую популярность UC3842 получила благодаря своей малой стоимости, высокой надежности, простоте схемотехники и минимальной требуемой обвязке.

На входе блока питания (рис. 5.34), расположен сетевой выпрямитель напряжения, включающий плавкий предохранитель FU1 на ток 5 А, варистор P1 на 275 В для защиты блока питания от превышения напряжения в сети, конденсатор C1, терморезистор R1 на 4,7 Ом, диодный мост VD1...VD4 на диодах FR157 (2 А, 600 В) и конденсатор фильтра C2 (220 мкФ на 400 В). Терморезистор R1 в холодном состоянии имеет сопротивление 4,7 Ом, и при включении питания ток заряда конденсатора C2 ограничивается этим сопротивлением. Далее резистор разогревается за счет проходящего через него тока, и его сопротивление падает до десятых долей ома. При этом он практически не влияет на дальнейшую работу схемы.

Резистор R7 обеспечивает питание ИМС в период запуска блока питания. Обмотка II трансформатора T1, диод VD6, конденсатор C8, резистор R6 и диод VD5 образуют так называемую петлю обратной связи (Loop Feedback), которая обеспечивает питание ИМС в рабочем режиме, и за счет которой осуществляется стабилизация выходных напряжений. Конденсатор C7 является фильтром питания ИМС. Элементы R4, C5 составляют времязадающую цепочку для внутреннего генератора импульсов ИМС.

Резистивный делитель R2, R3 задает напряжение, вырабатываемое петлей обратной связи, на входе усилителя ошибки, другими словами, определяет напряжение стабилизации. Элементы R5, C6

необходимы для компенсации АЧХ усилителя ошибки. Резистор R9 — токоограничивающий, резистор R13 защищает полевой транзистор VT1 в случае обрыва резистора R9. Резистор R11 является измерительным для определения тока через транзистор VT1. Элементы R10, C10 образуют интегрирующую цепочку, через которую напряжение с резистора R11, являющееся эквивалентом тока через транзистор VT1, поступает на второй компаратор ИМС. Элементы VD7, R8, C9, VD8, C11 и R12 формируют требуемую форму импульсов, устраняют паразитную генерацию фронтов и защищают транзистор от мощных импульсов напряжения.

Трансформатор преобразователя намотан на ферритовом сердечнике с каркасом ETD39 фирмы Siemens+Matsushita. Этот набор отличается круглым центральным керном феррита и большим пространством для толстых проводов. Пластмассовый каркас имеет выводы для восьми обмоток.

Сборка трансформатора осуществляется с помощью специальных крепежных пружин. Следует обратить особое внимание на тщательность изоляции каждого слоя обмоток с помощью лакоткани, а между обмотками I, II и остальными обмотками следует проложить несколько слоев лакоткани, обеспечив надежную изоляцию выходной части схемы от сетевой. Обмотки следует наматывать способом «виток к витку», не перекручивая провода. Естественно, не следует допускать перехлеста проводов соседних витков и петель. Намоточные данные трансформатора приведены в табл. 5.5.

Выходная часть блока питания представлена на рис. 5.35. Она гальванически развязана от входной части и включает в себя три функционально идентичных блока, состоящих из выпрямителя, LC-фильтра и линейного стабилизатора. Первый блок — стабилизатор на 5 В (5 А) — выполнен на ИМС линейного стабилизатора A2 SD1083/84 (DV, LT). Эта микросхема имеет схему включения, корпус и параметры, аналогичные МС КР142ЕН12, однако рабочий ток составляет 7,5 А для SD1083 и 5 А для SD1084.

Второй блок — стабилизатор +12/15 В (1 А) — выполнен на ИМС линейного стабилизатора A3 7812 (12 В) или 7815 (15 В). Отечественные аналоги этих ИМС — КР142ЕН8 с соответствующими буквами (Б, В), а также К1157ЕН12/15. Третий блок — стабилизатор -12/15 В (1 А) — выполнен на ИМС линейного стабилизатора A4 7912 (12 В) или 7915 (15 В). Отечественные аналоги этих ИМС — К1162ЕН12,15.

Резисторы R14, R17, R18 необходимы для гашения излишнего напряжения на холостом ходу. Конденсаторы C12, C20, C25 выбраны с запасом по напряжению ввиду возможного возрастания напряжения на холостом ходу. Рекомендуется использовать конденсаторы C17, C18, C23, C28 типа K53-1А или K53-4А. Все ИМС устанавливаются на индивидуальные пластинчатые радиаторы с площадью не менее 5 см².

Таблица 5.5

Обмотка	Контакты	Назначение	Провод	Предельный ток, А	Напряжение холостого хода, В
I	1-16	Первичная	4×ПЭВ-2, 0,15	2	—
II	2-15	Обратной связи	3×ПЭВ-2, 0,15	0,1	18
III	3-14	Выход +5 В	4×ПЭВ-2, 0,35	6	16
IV	4-13	Выход +15/12 В	2×ПЭВ-2, 0,35	1,5	20
V	5-12	Выход -15/12 В	2×ПЭВ-2, 0,35	1,5	20

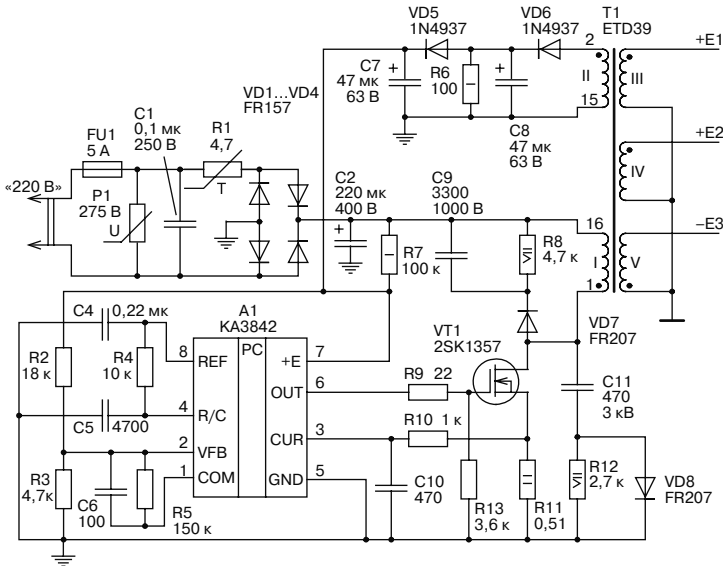


Рис. 5.34.

Конструктивно блок питания выполнен в виде одной односторонней печатной платы, установленной в корпус от блока питания персонального компьютера. Вентилятор и входные сетевые разъемы

используются по назначению. Вентилятор подключен к стабилизатору +12/15 В, хотя возможно сделать дополнительный выпрямитель или стабилизатор на +12 В без особой фильтрации.

Все радиаторы установлены вертикально, перпендикулярно выходящему через вентилятор воздушному потоку. К выходам стабилизаторов подключены по четыре провода длиной 30...45 мм, каждый комплект выходных проводов обжат специальными пластиковыми зажимами-ремешками в отдельный жгут и оснащен разъемом того же типа, который используется в персональном компьютере для подключения различных периферийных устройств.

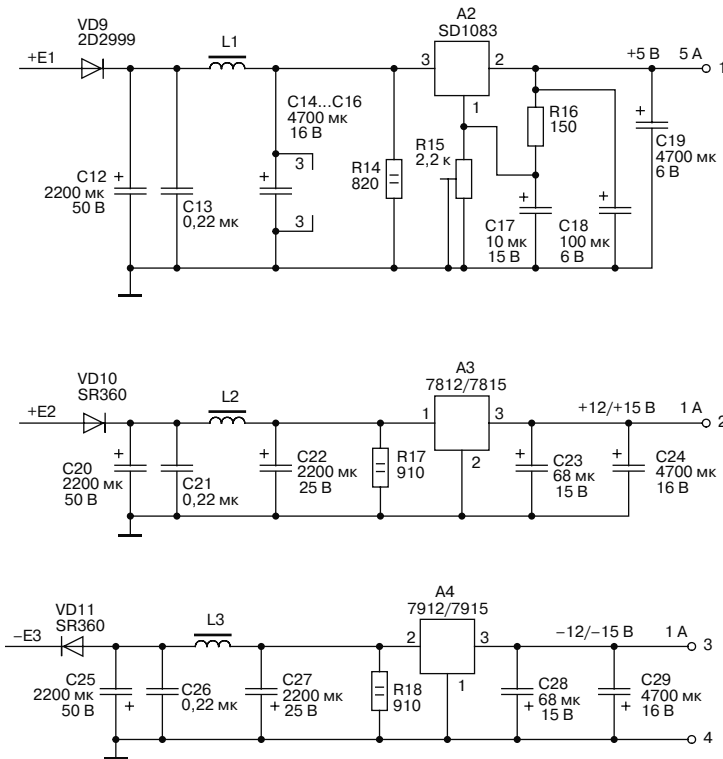


Рис. 5.35.

Параметры стабилизации определяются параметрами ИМС стабилизаторов. Напряжения пульсаций определяются параметрами самого преобразователя и составляют примерно 0,05% для каждого стабилизатора. Полное описание устройства приводится в [99].

5.24. Импульсный понижающий стабилизатор на ИМС LT1074

Все больше радиолюбителей для работы в полевых условиях применяют питание от автомобильной сети постоянного тока для компьютеров, трансиверов, в том числе MP3-плееров и прочего электрооборудования, необходимого в поездке. Поскольку в цифровых схемах наиболее потребляющими являются 5-вольтовые ИМС и периферийные устройства, то простейшее решение в виде обычного линейного «гасящего» стабилизатора напряжения при токах 5...10 А является крайне расточительным. Поэтому в таких случаях лучше применять импульсный понижающий стабилизатор.

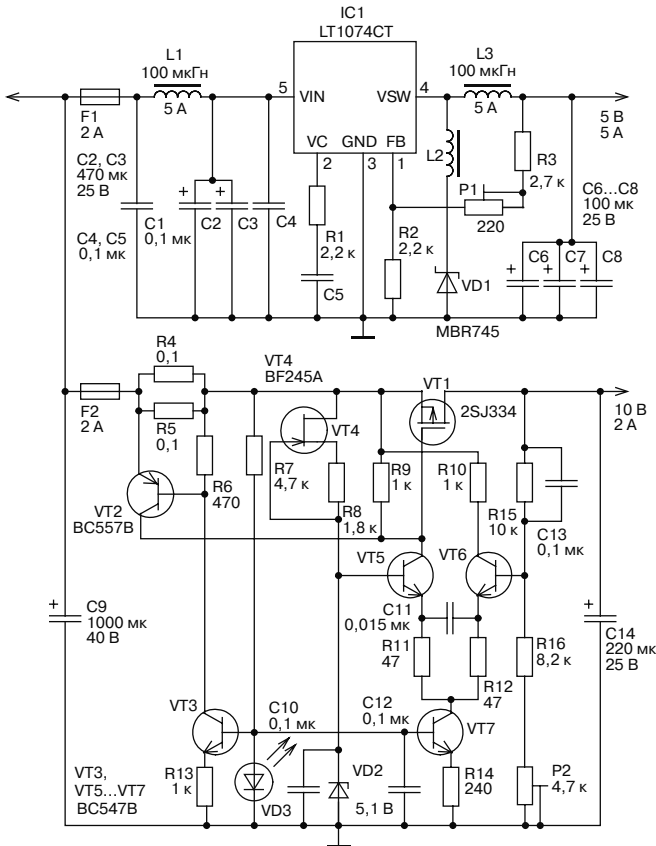


Рис. 5.36.

Схема такого устройства на ИМС LT1074 фирмы Linear Technology представлена на рис. 5.36. Стабилизатор имеет два выходных напряжения: 5 В с током нагрузки 5 А и 10 В с током нагрузки 2 А. КПД импульсного понижающего стабилизатора порядка 90%, каких-либо особенностей он не имеет. Для формирования напряжения 10 В с током 2 А можно применить линейный стабилизатор с малым падением напряжения. Он нормально стабилизирует выходное напряжение 10 В при входном 10,4 В и токе нагрузки 2 А и выполнен на транзисторах VT1...VT7. В нем VT2 выполняет функцию защиты от токовых перегрузок, конденсаторы C11 и C13 улучшают импульсную характеристику. Описание стабилизатора приведено в [129].

5.25. Миниатюрный блок питания 5...12 В

Предлагаемый блок предназначен для питания от сети малогабаритных радиоэлектронных устройств (карманных радиоприемников, диктофонов, часов и т.д.). Выходное напряжение может быть выбрано в пределах от 5 до 12 В. Одно из достоинств блока — малые габариты: все его детали размещены в корпусе сетевой вилки.

Основные технические характеристики:

Напряжение сети частотой 50...500 Гц, В 100...250;
 Выходное напряжение (зависит от примененного интегрального стабилизатора), В 5...12;
 Номинальный ток нагрузки (при выходном напряжении 5 В), мА 20;
 Максимальный (при том же напряжении), мА 100;
 Уровень пульсаций (при номинальном токе), не более, % 1.

Принципиальная схема блока показана на рис. 5.37. Работает он следующим образом: выпрямленное диодным мостом VD1 сетевое напряжение через делитель R1, R3, R4 подается на базу транзистора VT2, а через резистор R2 — на базу составного транзистора VT4, VT5. В течение каждого полупериода, пока напряжение в точке соединения коллекторов VT1, VT3 относительно эмиттера VT2 не превышает 100 В, он закрыт, VT4, VT5 открыты и конденсатор C1 заряжается через резисторы R1, R10 и участок эмиттер-коллектор транзистора VT5.

Когда же напряжение в указанной точке выше 100 В, VT2 открывается и шунтирует эмиттерный переход составного транзистора. Конденсатор C1 разряжается, питая автогенератор на транзисторах VT1, VT3. Частота колебаний автогенератора — примерно 60 кГц. С вторичной обмотки трансформатора T1 снимается напряжение около 7 В. Оно выпрямляется диодами VD2, VD3, сглаживается конденсатором C2 и стабилизируется интегральным стабилизатором DA1. Конденсатор C3 снижает уровень высокочастотных пульсаций.

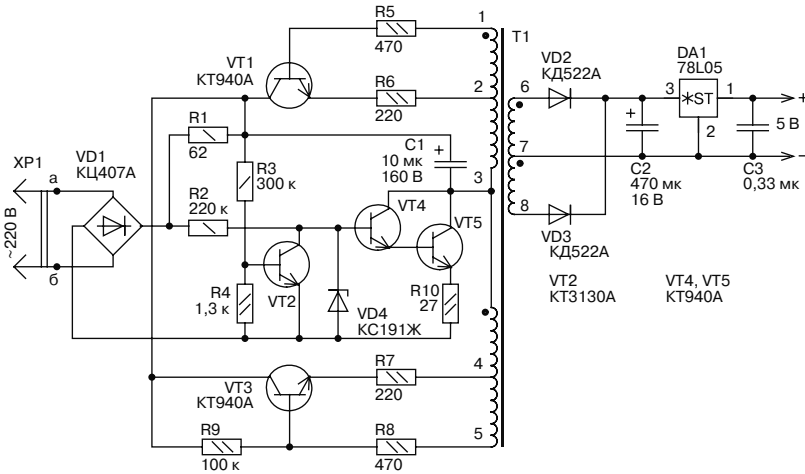


Рис. 5.37.

Максимальные напряжения коллектор-эмиттер транзисторов VT1, VT3 в установившемся режиме не превышают 200 В, VT4 и VT5 — 210 В. Максимальный ток транзистора VT5 при указанных на схеме номиналах элементов и статическом коэффициенте передачи тока базы $h_{21э}$ транзисторов VT4, VT5, равном 25, не превышает 300 мА. В момент включения напряжения коллектор-эмиттер транзисторов VT4 и VT5 может превысить 300 В, а ток коллектора VT5 — 0,5 А, что приведет к их выходу из строя. Для ограничения тока коллектора VT5 в этот момент (при использовании транзисторов VT4 и VT5 с большим коэффициентом $h_{21э}$) служат резистор R10 и стабилитрон VD4.

Чтобы ограничить напряжение коллектор-эмиттер составного транзистора, между коллектором и эмиттером VT5 желательно

включить варистор на напряжение около 250 В. При использовании блока для питания маломощной нагрузки (с потребляемым током не более 5...10 мА) сопротивление резисторов R6 и R7 целесообразно увеличить до 470 Ом, а емкость конденсатора C1 уменьшить до 2,2...4,7 мкФ (в этом случае блок будет меньше нагреваться и надежность его работы повысится).

Кроме КТ3130А (VT2), в устройстве можно применить любой транзистор этой серии, а также серии КТ3102 или зарубежного производства с близкими характеристиками (например, BCW60D). Транзисторы КТ940А заменимы на КТ969А, BF469/PLP (VT1, VT3) или КТ969А, BF459 (VT4, VT5). Конденсаторы C1, C2 — импортные, возможно применение К50-35, C3 — К10-17. Диоды VD2, VD3 — любые малогабаритные кремниевые с допустимым прямым током не менее 100 мА, обратным напряжением не менее 20 В и рабочей частотой не менее 150 кГц. Резисторы R1...R3 — С1-4 или другие с рабочим напряжением не менее 350 В, остальные — С2-33, С2-23, МЛТ, ОМЛТ или им подобные.

Трансформатор Т1 намотан на двух сложенных вместе ферритовых (2000НМ) кольцах типоразмера К10×8×3. Обмотки 1-2 и 4-5 содержат по 8 витков провода ПЭВ-1-0,1, обмотки 2-3 и 3-4 — по 200 витков такого же провода, обмотки 6-7 и 7-8 — по 14, 22, или 28 витков провода ПЭВ-1-0,17 (соответственно, для выходных напряжений 5, 9 или 12 В). Для межобмоточной и наружной изоляции рекомендуется использовать фторопластовую пленку или пленку ПЭТ.

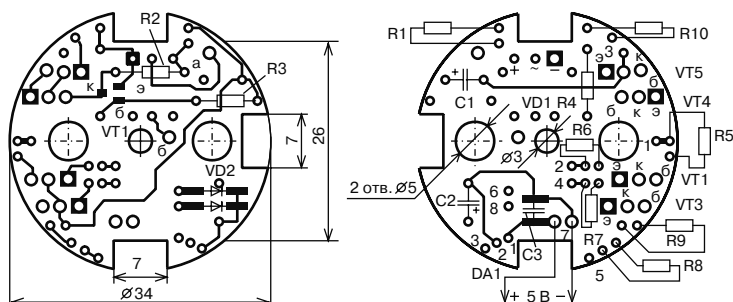


Рис. 5.38.

В авторском варианте блок питания смонтирован в стандартной сетевой вилке диаметром 40 и высотой 27 мм. Печатная плата (рис. 5.38) изготовлена из двухстороннего фольгированного стек-

лотекстолита толщиной 0,5 мм. Расстояние между центрами отверстий в плате под штыри сетевой вилки — 19 мм. Все резисторы, кроме R2 и R3, устанавливаются перпендикулярно плате. Стабилитрон VD4 припаивают к печатным проводникам со стороны монтажа транзистора VT2. К контактными площадкам, обозначенным буквами «а» и «б», припаивают провода, идущие от штырей сетевой вилки, а к площадкам с цифрами 1...8 — выводы обмоток трансформатора Т1. Размещают его над конденсатором С3 в свободном пространстве между транзисторами VT1, VT3 и конденсатором С2. Собранный из исправных деталей и без ошибок в монтаже блок не требует налаживания. Полное описание устройства приводится в [142].

5.26. Мощный импульсный стабилизатор с высоким КПД

Вашему вниманию предлагается импульсный стабилизатор напряжения с узлом синхронного выпрямителя. Его схема показана на рис. 5.39.

Основные технические характеристики:

Входное напряжение, В	8...16;
Выходное напряжение, В	5;
Максимальный ток нагрузки, А	10;
Амплитуда пульсаций выходного напряжения, мВ, не более	100;
Нестабильность выходного напряжения при изменении входного напряжения, тока нагрузки и температуры окружающей среды, % от номинального значения	2;
Интервал рабочей температуры окружающей среды, °С	-10...+70;
Частота преобразования, кГц	100;
Среднее значение КПД при максимальном токе нагрузки во всем интервале изменения входного напряжения, %	90.

В стабилизаторе применена управляющая микросхема UC3843 фирмы Unitrode Corp. Микросхема управления реализует широтно-импульсный способ стабилизации выходного напряжения. Для этого в ее состав включен узел сравнения на ОУ, на один вход

подают часть образцового напряжения (2,5 В), а на другой — часть выходного с резистивного делителя напряжения R1, R4. Элементы R2, C8 — корректирующая цепь этого усилителя. Во время регулирования длительность выходного импульса начинает уменьшаться по сравнению с исходной, как только напряжение на выводе 2 микросхемы превысит значение 2,5 В. Частота же импульсов остается постоянной.

Для защиты стабилизатора от перегрузки по току в микросхеме предусмотрен быстросействующий компаратор. На один из его входов подано образцовое напряжение 1 В от встроенного источника, а на другой (вывод 3) — напряжение, пропорциональное току, протекающему через открытый транзистор VT2.

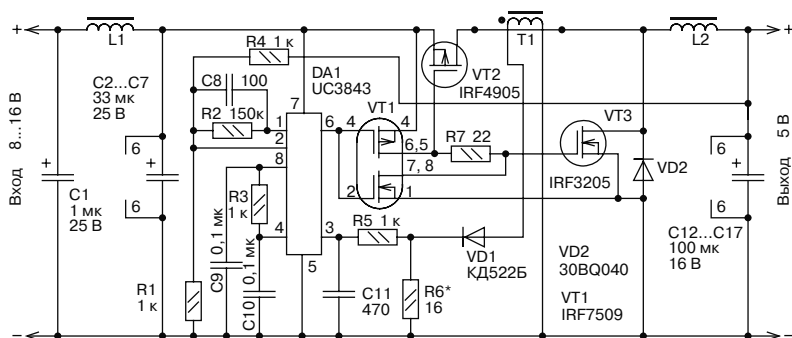


Рис. 5.39.

В качестве силового элемента применен IRF4905 — р-канальный полевой транзистор фирмы International Rectifier. Его сопротивление в открытом состоянии — около 20 мОм, а задержка при открывании и закрывании — около 80 нс. Узел синхронного выпрямителя выполнен на элементах VD2, VT3. Транзистор VT3 — n-канальный полевой IRF3205 той же фирмы — выбран также с малым сопротивлением открытого канала (8 мОм). Тогда при максимальном токе нагрузки падение напряжения вместо типового для диодов Шотки 0,5 В уменьшится примерно до 100 мВ, что также снижает потери мощности в ИСН в целом.

Такие характеристики он приобретает только при управлении от мощного импульсного усилителя, обеспечивающего большой (в несколько ампер) ток перезарядки емкости затвор-исток и затвор-сток. В рассматриваемом стабилизаторе напряжения этот усилитель вы-

полнен на транзисторах микросборки VT1. Кроме того, он инвертирует управляющий сигнал, вырабатываемый микросхемой DA1.

Выходной сглаживающий фильтр образуют конденсаторы C12...C17. Их число (шесть) и выбор типа достаточны для качественной фильтрации выходного напряжения без дополнительного высокочастотного фильтра. Входной П-образный фильтр необходим для подавления высокочастотных помех, возникающих из-за импульсного характера потребляемого стабилизатором тока. Уменьшить коммутационные потери с одновременным повышением КПД стабилизатора стало возможным благодаря использованию в качестве VD2 диода Шоттки с малым падением напряжения и временем восстановления около 0,05 мкс.

Устройство выполнено на стандартных элементах, за исключением моточных. Дроссель L1 намотан на кольце K10×6×4,5 из пермаллоя МП140 и содержит 5 витков в 6 проводов ПЭВ-0,5, уложенных равномерно по всему периметру кольца. Дроссель L2 выполнен на кольце K19×11×4,8 из того же материала и содержит 12 витков в 10 проводов того же диаметра. Трансформатор T1 намотан на кольце K10×6×3 из феррита 2000НМ1. Вторичная обмотка выполнена проводом ПЭВ-0,2 и содержит 200 витков, равномерно уложенных по всему периметру кольца. Первичная обмотка представляет собой провод, проходящий через отверстие кольца, концы которого соединяют, соответственно, к стоку транзистора VT2 и токе соединения стока транзистора VT3 с левым по схеме выводом дросселя L2. При подключении трансформатора необходимо тщательно соблюдать правильную фазировку обмоток.

Для качественной фильтрации высокочастотных помех применены безвыводные танталовые конденсаторы (C1...C7, C12...C17) в корпусе D (конденсаторы для поверхностного монтажа) фирм NEC, Nichicon, TDK и др. Из отечественных подойдут оксидные конденсаторы K53-28, K53-25, K53-22. Правда, конденсаторы последних двух типов необходимо герметизировать после установки. В налаживании стабилизатор не нуждается, конечно, если качественно выполнен его монтаж.

К особенностям работы микросхемы DA1 относится тот факт, что она не «любит» работать при значениях скважности управляющих импульсов менее 2, т.е. низком напряжении питания. Это проявляется в том, что пары импульсов соседних периодов имеют

разную, но постоянную при данном напряжении питания длительность. Фактически же это означает, что форма пульсаций выходного напряжения получит еще одну огибающую на частоте вдвое ниже частоты работы задающего генератора. Такую особенность можно устранить подключением между выводами 3 и 4 микросхемы последовательной цепи из резистора сопротивлением 0,1...2 кОм и конденсатора емкостью 1000...10000 пФ. Однако частота этих «паразитных» колебаний высока, практически не увеличивает амплитуду пульсаций выходного напряжения и никак не влияет на динамические свойства стабилизатора в целом.

Импульсный стабилизатор необходимо смонтировать на печатной плате с короткими и широкими проводниками. Чем меньше будет ее размер, тем меньше станут наведенные помехи, которые в большей степени определяют устойчивость работы устройства в целом. Транзистор VT2 и диод VD2 устанавливают на теплоотводе с эффективной площадью поверхности не менее 100 см², причем для уменьшения наведенных помех указанные элементы следует установить через изолирующие прокладки, а сам теплоотвод электрически соединяют с минусовым выводом конденсаторов C2...C7. Правый по схеме вывод дросселя L2 следует соединить с плюсовым выводом конденсатора C12, а правый по схеме вывод резистора R4 — с плюсовым выводом конденсатора C17. С него же подают выходное напряжение на нагрузку. Подробное описание стабилизатора приводится в [108].

Глава 6

Бестрансформаторные блоки питания

6.1. Блок питания с гасящим конденсатором

Использование конденсаторов для понижения напряжения, подаваемого на нагрузку от осветительной сети, имеет давнюю историю. В 50-е годы радиолюбители широко применяли в бестрансформаторных источниках питания радиоприемников конденсаторы, которые включали последовательно в цепь нитей накала радиоламп. Это позволяло устранить гасящий резистор, являющийся источником тепла и нагрева всей конструкции.

В последнее время заметен возврат интереса к источникам питания с гасящим конденсатором. Присущий всем без исключения подобным устройствам недостаток — повышенная опасность из-за гальванической связи выхода с электрической сетью — ясно осознается, но допускается в расчете на грамотность и аккуратность пользователя. Однако эти сдерживающие факторы недостаточны, чтобы уберечь от беды, отчего бестрансформаторные устройства могут иметь лишь весьма ограниченное применение.

Здесь может представлять интерес компромиссный вариант источника, обеспечивающий электробезопасность, с гасящим конденсатором и простым, доступным начинающему радиолюбителю трансформатором. Таким трансформатор получится, если напряжение на его первичной обмотке ограничить значением около 30 В. Для этого достаточно 600...650 витков сравнительно толстого, удобного при намотке провода; ради упрощения можно для обеих обмоток использовать один и тот же провод. Излишек напряжения здесь примет на себя конденсатор, включенный последовательно с первичной обмоткой (конденсатор должен быть рассчитан на

номинальное напряжение не менее 400 В). По такому принципу целесообразно организовывать питание низковольтных нагрузок с током в первичной цепи (с учетом небольшого коэффициента трансформации) до 0,5 А.

На рис. 6.1 представлена схема подобного устройства, подходящего для питания аудиоплеера. Трансформатор можно собрать на магнитопроводе Ш12×15. Для намотки подойдет провод ПЭВ-1 диаметром 0,16 мм; число витков первичной и вторичной обмоток — 600 и 120...140, соответственно. Изготовить такой трансформатор удастся, как говорится, «на коленке». Электрическую прочность не менее 2 кВ обеспечит изоляционная прокладка между обмотками из лавсановой пленки толщиной 0,1 мм или конденсаторной бумаги. Для того чтобы устройство не вышло из строя при отключении нагрузки, к выходу моста VD1...VD4 следует подключить стабилитрон Д815Г.

В нормальном режиме он не работает, поскольку имеет минимальное напряжение стабилизации выше рабочего на выходе моста. Предохранитель FU1 защищает трансформатор и стабилизатор при пробое конденсатора C1.

Для ограничения тока при подключении блока питания к сети последовательно с конденсатором C1 необходимо включить резистор сопротивлением несколько сотен ом, а для разрядки конденсатора после отключения — параллельно ему резистор сопротивлением несколько сотен килоом.

В цепи последовательно соединенных емкостного (конденсатор C1) и индуктивного (трансформатор T1) сопротивления может возникать резонанс напряжения. Об этом следует помнить при конструировании и налаживании подобных источников питания.

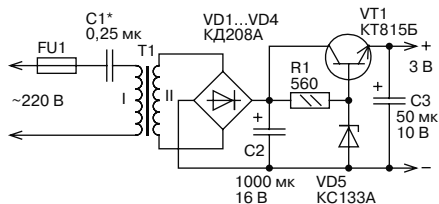


Рис. 6.1.

6.2. Конденсаторно-стабилитронный выпрямитель

Бестрансформаторные маломощные сетевые блоки питания с гасящим конденсатором получили широкое распространение в радиолюбительских конструкциях благодаря простоте своей конструкции, несмотря на такой серьезный недостаток, как наличие гальванической связи блока питания с сетью.

Входная часть блока питания (рис. 6.2) содержит балластный конденсатор $C1$ и мостовой выпрямитель из диодов $VD1$, $VD2$ и стабилитронов $VD3$, $VD4$. Для ограничения броска тока через диоды и стабилитроны моста в момент включения в сеть последовательно с балластным конденсатором следует включить токоограничивающий резистор сопротивлением $50...100$ Ом, а для разрядки конденсатора после отключения блока от сети, параллельно ему — резистор сопротивлением $150...300$ кОм. К выходу блока подключают оксидный конденсатор фильтра емкостью 2000 мкФ на номинальное напряжение не менее 10 В. В результате получают функционально законченные блоки питания.

При использовании мощных стабилитронов (Д815А ... Д817Г), их можно установить на общий радиатор, если в обозначении их типа присутствуют буквы ПП (стабилитроны Д815АПП...Д817ГПП имеют обратную полярность выводов). В противном случае диоды и стабилитроны необходимо поменять местами. Гальваническая связь сети с выходом блока питания, а значит, и с питаемой аппаратурой, создает реальную опасность поражения электрическим током. Об этом следует помнить при конструировании и налаживании блоков с конденсаторно-стабилитронным выпрямителем.

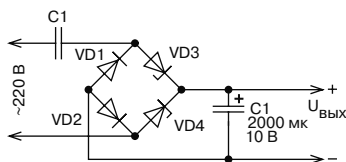


Рис. 6.2.

6.3. Два бестрансформаторных блока питания

Несмотря на то, что теоретически конденсаторы в цепи переменного тока мощности не потребляют, реально в них из-за наличия потерь может выделяться некоторое количество тепла. Проверить заранее пригодность конденсатора для использования в источнике можно, просто подключив его к электросети и оценив температуру корпуса через полчаса. Если конденсатор успевает заметно разогреться, его следует считать непригодным для использования в источнике. Практически не нагреваются специальные конденсаторы для промышленных электроустановок — они рассчитаны на большую реактивную мощность. Такие конденсаторы используют в люминесцентных светильниках, в пускорегулирующих устройствах асинхронных электродвигателей и т.п.

Ниже представлены две практические схемы источников питания с конденсаторным делителем: пятивольтовый общего назначения на ток нагрузки до 0,3 А (рис. 6.3) и источник бесперебойного питания для кварцованных электронно-механических часов (рис. 6.4). Делитель напряжения пятивольтового источника состоит из бумажного конденсатора С1 и двух оксидных С2 и С3, образующих нижнее по схеме неполярное плечо емкостью 100 мкФ. Поляризующими диодами для оксидной пары служат левые по схеме диоды моста. При номиналах элементов, указанных на схеме, ток короткого замыкания на выходе блока питания равен 600 мА, напряжение на конденсаторе С4 в отсутствие нагрузки — 27 В.

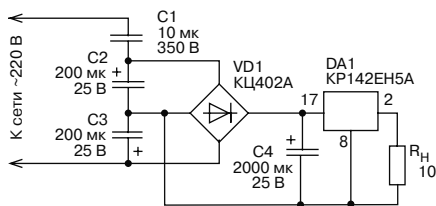


Рис. 6.3.

Широко распространенные электронно-механические часы-будильники китайского производства обычно питают от одного гальванического элемента напряжением 1,5 В. Предлагаемый источник вырабатывает напряжение 1,4 В при среднем токе нагрузки 1 мА.

Напряжение, снятое с делителя C1, C2, выпрямляет узел на элементах VD1, VD2. C3. Без нагрузки напряжение на конденсаторе C3 не превышает 12 В. Подробное описание этих схем приведено в [100].

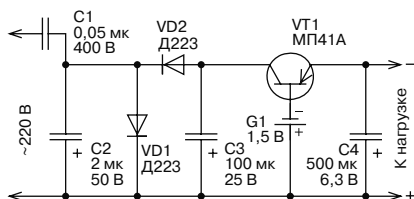


Рис. 6.4.

6.4. Бестрансформаторный блок питания большой мощности для любительского передатчика

Заманчивая идея избавиться от крупногабаритного и очень тяжелого силового трансформатора в блоке питания усилителя мощности передатчика, давно озадачивает радиолюбителей. Особенно, эта идея привлекательна для участников радиоэкспедиций, где каждый лишний килограмм массы аппаратуры ощущается «собственным горбом». В различных радиолюбительских изданиях прошлых лет публиковались конструкции бестрансформаторных блоков питания. Но это, как правило, были устройства относительно мало-мощные, предназначенные для питания передатчиков мощностью 100...400 Вт, кроме того, требующие наличия защиты от «неправильного» включения вилки питания в розетку.

Применение современных малогабаритных электролитических конденсаторов позволяет сконструировать и изготовить мощный высоковольтный блок питания небольшого размера и веса. Предлагаемый вариант блока питания разработан для усилителя мощности на лампе ГУ-43Б, включенной по схеме с общим катодом с выходной мощностью 1,5 кВт (подводимая — 3 кВт). Используя включение лампы по схеме с общим катодом, при данной схеме питания, входной сигнал на управляющую сетку подается через ВЧ

трансформатор, и никак иначе. Если же подавать сигнал просто через конденсатор, то из-за того, что выходная цепь драйвера гальванически связана со своим корпусом, на сетку попадет переменная составляющая питающей сети 50 Гц. К тому же это приведет к нарушению режима работы усилителя мощности. Но в схеме с общей сеткой, где управляющая сетка соединена с катодом, такой проблемы не возникает. Некоторые особенности принципиальной схемы такого усилителя мощности с бестрансформаторным питанием показаны на рис. 6.5.

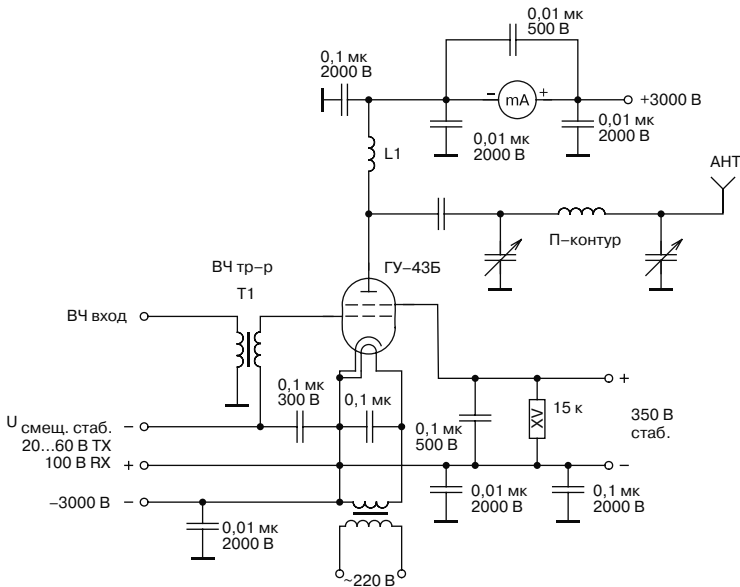


Рис. 6.5.

Приведенный способ включения не требует дополнительной защиты от «неправильного» подключения к сети (случайный поворот вилки питания, когда могут быть перепутаны «фаза» и «ноль»), т.к. отсутствует гальваническая связь цепей питания с корпусом (в двухполупериодных умножителях она и недопустима!). Однако, следует еще раз напомнить, что этот блок питания вырабатывает высокое напряжение, опасное для жизни. По правилам техники безопасности корпус радиостанции должен быть надежно соединен

с исправным заземлением. В целях личной безопасности и безопасности окружающих работы с высоковольтными источниками питания следует проводить очень осмотрительно, и они могут производиться только опытными и подготовленными радиолюбителями. Этот блок питания представляет собой бестрансформаторный десятикратный умножитель-выпрямитель напряжения.

При напряжении питающей сети переменного тока 230 В постоянное выходное напряжение составляет 3240 В без нагрузки и 3000 В при нагрузке 1 А. Потребляемая нагрузкой мощность составляет 3 кВт. При испытании в качестве нагрузки использовался набор из мощных резисторов суммарным сопротивлением 3 кОм и общей мощностью 3 кВт. Эту мощность можно потреблять от блока питания довольно продолжительное время, не опасаясь перегрева его деталей (например, работать в ЧМ режиме). При работе в режиме SSB или CW просадка питающего напряжения имеет существенно меньшую величину и зависит от пикфактора SSB сигнала или скважности телеграфных посылок. Общая масса блока питания составляет 5,8 кг, что значительно меньше массы аналогичного трансформаторного блока.

Схема умножителя симметричная, двухполупериодная (рис. 6.6). Каждое плечо обеспечивает пятикратное умножение напряжения сети. Во избежание неприятностей, рабочее напряжение используемых конденсаторов должно выбираться с достаточным запасом. Каждый конденсатор, кроме C1 и C1', состоит из шести конденсаторов в последовательно-параллельном включении, зашунтированных резисторами (рис. 6.7).

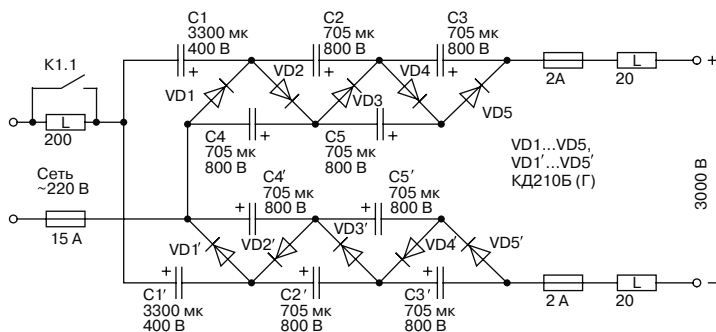


Рис. 6.6.

Все конденсаторы, которые составляют сборную емкость, по 470 мкФ каждый. Шунтирующие резисторы применены двухваттные, по 220 кОм. Выпрямительные диоды рассчитаны на обратное напряжение не менее 800 В и рабочий ток не менее 7 А.

Включение блока питания (см. рис. 6.6), производится в два приема. Сначала напряжение сети подается через ограничительный 50-ваттный резистор 200 Ом, затем, спустя 5...10 секунд, он замыкается контактами реле К1.1. Во избежание ошибочного включения в обход ограничительного резистора, вместо этого реле ни в коем случае нельзя использовать какие-либо ручные переключатели или тумблеры. Включение реле обеспечивает простая схема самоблокировки, создающая необходимую задержку (на схеме не показана). Выключение может производиться в обратном порядке или сразу. Сетевое напряжение подается через плавкий предохранитель или автоматический выключатель на ток срабатывания 15 А. Для защиты от каких-то непредвиденных обстоятельств, например, внутренней пробой лампы и т.п., между блоком питания и нагрузкой установлены высоковольтные предохранители на 2 А и постоянно включены ограничительные 50-ваттные резисторы по 20...30 Ом.

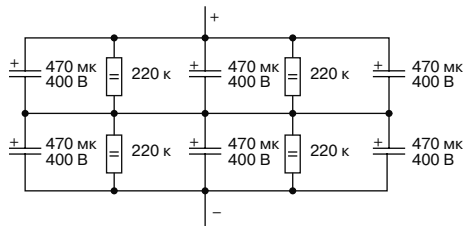


Рис. 6.7.

Все конденсаторы, кроме С1 и С1', диоды и шунтирующие резисторы размещаются на двух печатных платах из фольгированного стеклотекстолита, толщиной 2 мм. Причем, каждое плечо умножителя собирается на отдельной плате. На рис. 6.8 приводится одна из плат, на другой, такой же плате, располагается обратная полярность конденсаторов и диодов. Размер каждой платы 240×170 мм. Токопроводящие дорожки на платах продублированы (пропаяны) толстым многожильным проводом. Электролитические конденсаторы, из которых набираются С2...С5 (С2'...С5'), использованы по 470 мкФ, 400 В. Они имеют внешний диаметр 35 мм

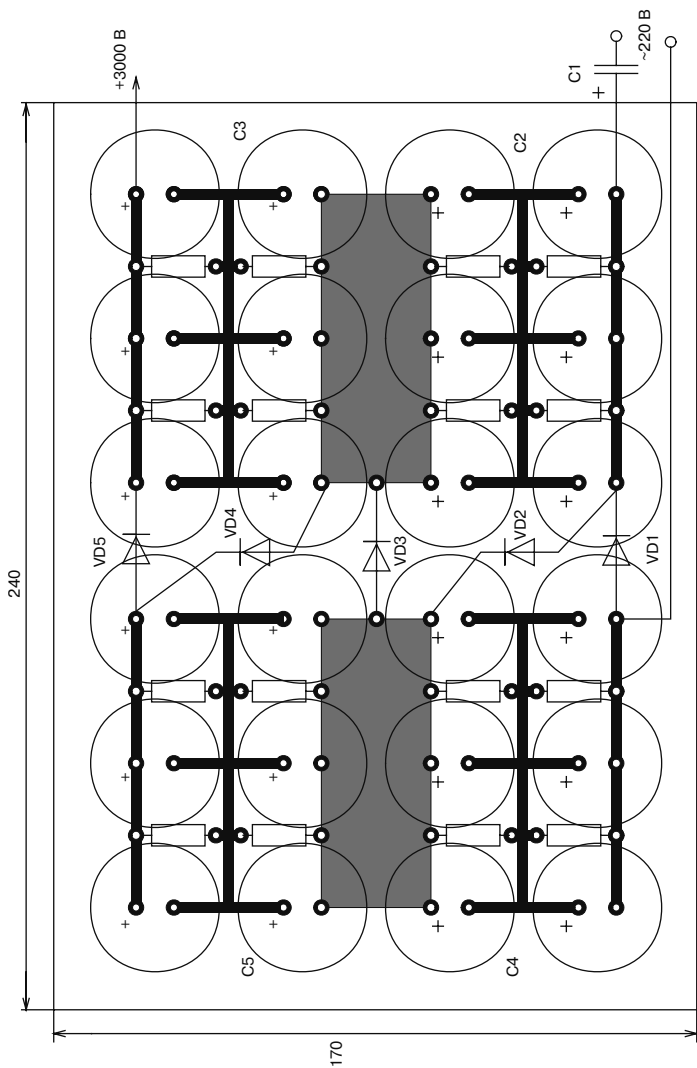


Рис. 6.8. (уменьшено)

и высоту 50 мм. Между собой платы соединяются с помощью керамических стоек, монтажом внутрь. На шасси усилителя конденсаторный блок устанавливается на изоляционной пластине из толстого фторопласта.

Конденсаторы $C1$ и $C1'$ 3300 мкФ, 400 В должны быть хорошо изолированы от корпуса и устанавливаются отдельно. (Помните, что имеете дело с высоким напряжением 3000 В — здесь качественная изоляция важна превыше всего!). Бестрансформаторные блоки питания в усилителях мощности категорически не допускают гальванической связи питающих цепей и корпуса. Подробное описание этого устройства и его монтаж приводятся в [118].

6.5. Выпрямитель с малым уровнем пульсаций

Источники питания обычно собираются по классической схеме: выпрямитель переменного напряжения, конденсатор фильтра, стабилизатор. Однако в ряде случаев можно обойтись без фильтра, который зачастую и является самым громоздким узлом источника питания. Известно, что конденсатор, включенный в цепь переменного тока, сдвигает его фазу на 90 градусов. Такой фазосдвигающий конденсатор применяют, например, при подключении трехфазного двигателя к однофазной сети.

Емкостный фильтр сглаживает пульсации выходного напряжения однофазных выпрямителей, создавая приемлемое значение его постоянной составляющей, причем, чем больше емкость конденсаторов фильтра, тем меньше пульсации и, соответственно, больше постоянная составляющая. В трехфазных же выпрямителях, благодаря взаимному перекрытию полуволн напряжения, постоянная составляющая больше, что во многих случаях позволяет обойтись без емкостного фильтра.

Если в однофазном выпрямителе применить фазосдвигающий конденсатор, обеспечивающий взаимное перекрытие полуволн выпрямленного напряжения, во многих случаях при постоянной нагрузке можно обойтись без громоздкого емкостного фильтра

или существенно уменьшить его емкость. Схема подобного стабилизированного выпрямителя показана на рис. 6.9.

Трехфазный выпрямитель VD1...VD6 подключен к источнику переменного напряжения через активное (резистор R1) и емкостное (конденсатор C1) сопротивление. Выходное напряжение выпрямителя стабилизирует стабилитрон VD7. Конденсатор (или несколько параллельно включенных конденсаторов для получения необходимой емкости) должен быть рассчитан на работу в цепях переменного тока. Здесь, например, подойдут два параллельно включенных конденсатора К73-17 емкостью по 0,1 мкФ.

Описанный выпрямитель можно применять там, где необходимо уменьшить габариты электронного устройства, поскольку размеры оксидных конденсаторов емкостного фильтра, как правило, больше, чем фазосдвигающего конденсатора сравнительно небольшой емкости. Выигрыш в габаритах особенно заметен в сетевых выпрямителях, когда выпрямляют непосредственно сетевое напряжение без использования понижающего трансформатора.

Еще одно преимущество предложенного варианта состоит в том, что потребляемый ток практически постоянен (в случае постоянной нагрузки), тогда как в выпрямителях с емкостным фильтром в момент включения пусковой ток значительно превышает установившееся значение (вследствие заряда конденсаторов фильтра), что в некоторых случаях крайне нежелательно.

Описанное устройство можно применять и с последовательными стабилизаторами напряжения, имеющими постоянную нагрузку, а также с нагрузкой, не требующей стабилизации напряжения. Подробнее об этом устройстве рассказано в [119].

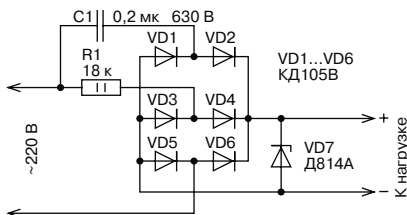


Рис. 6.9.

6.6. Бестрансформаторное зарядное устройство

Стремясь к уменьшению габаритов конструируемой радиоаппаратуры, радиолюбители уделяют важное место миниатюризации блока питания. Обычно эту задачу решают с помощью импульсного преобразователя напряжения. Между тем существенный прогресс в области электронных компонентов позволяет создавать малогабаритные блоки питания, не содержащие трансформатора. Относительная простота конструкции и доступность компонентов делают их привлекательными и для радиолюбителей.

Впервые подобное техническое решение предложил Л. М. Браславский из Новосибирского электротехнического института еще в 1972 г., подав заявку на изобретение. Оно оказалось столь оригинальным и неочевидным для специалистов, что ВНИИГПЭ проводил экспертизу по заявке целых шесть лет и только в 1978 г. выдал авторское свидетельство. Позже были запатентованы и другие решения, позволяющие реализовывать конденсаторные блоки питания. Упрощенная схема такого устройства изображена на рис. 6.10. Оно позволяет реализовать «тренировку» аккумуляторов — режим, при котором аккумулятор в течение одного полупериода сетевого напряжения заряжается, а затем разряжается меньшим током на балластный резистор.

Описываемый конденсаторный преобразователь напряжения предназначен для зарядки автомобильных аккумуляторных батарей емкостью до 70 А·ч, поэтому максимальный средний выходной ток устройства должен быть 7 А. Эта величина согласована с ограничением переменной составляющей на уровне 20...30% от номинального напряжения для примененных оксидных конденсаторов.

Выпрямительный диод VD38, конденсатор C13 и стабилитроны VD39, VD40 формируют напряжение питания узла управления, осуществляющего синхронизацию работы коммутирующих транзисторов VT2 и VT3 с полярностью напряжения сети и стабилизацию выходного тока.

Работает устройство следующим образом. При положительной полуволне напряжения сети заряжаются блок конденсаторов C1...C12 и накопительный конденсатор питания C13. При отрицательной полуволне включается светодиод оптрона U1, а его фототранзистор, открываясь, шунтирует эмиттерный переход транзистора VT1. Транзистор VT1 закрывается и через резистор R5 подключает инвертирующий вход ОУ DA1 к выходу конденсаторного блока.

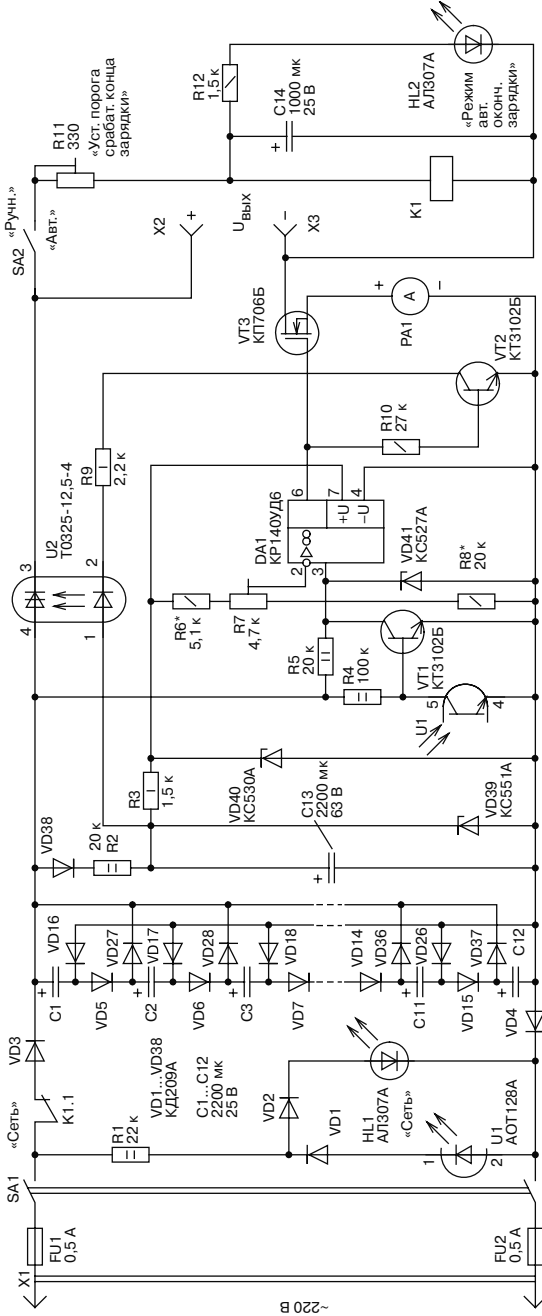


Рис. 6.10.

Сам же ОУ при этом переключается и открывает транзисторы VT3, VT2 и светодиод оптрона U2. ОУ DA1 работает в компараторном режиме, поэтому его выходной сигнал может принимать только два значения — близкое к напряжению питания и к нулю. Если напряжение на его инвертирующем входе больше, чем на неинвертирующем, выходное напряжение будет близким к нулю и транзистор VT3 окажется в закрытом состоянии. В противном случае напряжение на выходе ОУ близко к напряжению питания, транзистор VT3 открывается, а через резистор R10 — транзистор VT2 и оптрон U2.

Входным сигналом для стабилизации выходного тока служит напряжение на конденсаторном блоке. Таким образом, изменение напряжения на конденсаторном блоке (его уменьшение) прямо пропорционально отданному в нагрузку заряду, поэтому, стабилизируя отдаваемый конденсаторным блоком заряд за время единичного цикла разрядки, устройство стабилизирует выходной ток. Его значение регулируют резистором R7. После закрывания транзистора VT1 напряжение с конденсаторного блока поступает на неинвертирующий вход ОУ DA1 и сравнивается с образцовым, поступающим на инвертирующий вход с делителя R6...R8. Когда напряжение на конденсаторном блоке становится меньше образцового, ОУ DA1 переключается в нулевое состояние и закрывает транзистор VT3, а через него (и нагрузку устройства) — и фотодинистор оптрона U2.

Если по каким-либо причинам напряжение на конденсаторном блоке не снизилось до образцового (т.е. в нагрузку не ушел заряд, определяемый положением движка резистора R7), а время, отведенное на разрядку, закончилось, работа блока для предотвращения попадания сетевого напряжения на выход устройства организована так. Напряжение отрицательной полуволны сети снижается до выключения светодиода оптрона U1 и, следовательно, закрыванию его фототранзистора. Это приводит к открыванию транзистора VT1, шунтированию им неинвертирующего входа и переключению компаратора DA1 и, как следствие, закрыванию транзисторов VT3, VT2 еще до появления положительной полуволны сетевого напряжения. Таким образом, происходит принудительная синхронизация узла стабилизации тока с полярностью напряжения сети. Оптрон U2 необходим лишь как улучшающий безопасность и во встраиваемых блоках питания может отсутствовать.

Зарядка аккумуляторной батареи длится сравнительно долго и требует определенного контроля. Поэтому в устройстве предус-

мотрена возможность автоматического отключения заряжаемой батареи при напряжении на ней 14,2...14,4 В. Функцию порогового элемента отключения полностью заряженной батареи выполняет электромагнитное реле К1 (РЭС10), срабатывающее при напряжении около 10,5 В. Реле подключено к выходным зажимам Х2 и Х3 через проволочный подстроечный резистор R11. Этот резистор вместе с конденсатором С14 образуют фильтр, подавляющий переменную составляющую пульсирующего зарядного напряжения, но пропускающий медленно нарастающую постоянную составляющую напряжения аккумуляторной батареи. Поэтому при достижении порогового напряжения реле К1 срабатывает и размыкающимися контактами К1.1 отключает питание конденсаторного блока и системы управления. Сама же обмотка реле остается под напряжением заряжаемой батареи и благодаря наличию гистерезиса выключается при снижении напряжения до 11,8 В. После чего происходит автоматическая подзарядка батареи аккумуляторов. Включение/выключение режима автоматического окончания зарядки осуществляют переключателем SA2.

Применение реле серии РЭС10 обусловлено его малым током потребления и, следовательно, малым током разряда батареи в режиме прекращения зарядки. Маломощные контакты используемого реле отражают и особенности описываемого устройства, связанные с емкостным характером нагрузки. Поэтому разрыв цепи питания конденсаторного блока происходит без искрения. Применение двух сетевых предохранителей (FU1, FU2) и двухсекционного выключателя SA1 связано с повышенными требованиями электробезопасности из-за отсутствия гальванической развязки устройства от сети.

В конденсаторном блоке возможно применение любых оксидных конденсаторов, но желательно одного типа. В случае использования импортных конденсаторов габариты этого блока можно существенно уменьшить. Диоды блока также могут быть любыми, рассчитанными на такой же ток и обратное напряжение — подойдут даже диоды Д226Б и Д7Ж, но при этом габариты блока и его масса существенно увеличатся. Оптрон ТО325-12,5-4 заменим на ТО125-10 или ТО125-12,5 не ниже 4-го класса. Вместо КП706Б (VT3) возможно применение аналогичных отечественных полевых транзисторов или импортного IGBT на такой же ток и напряжение, причем желательно с минимальным сопротивлением канала.

При выборе электромагнитного реле (K1) необходимо учитывать, что паспортное номинальное напряжение примерно в 1,5...1,7 раза выше напряжения срабатывания и что напряжение срабатывания может быть несколько различным даже для реле из одной партии. Возможно применение реле РЭС9, РЭС22, РЭС32 и иных, обладающих достаточно малым потребляемым током, на напряжение срабатывания в пределах 8...12 В. При этом, возможно, придется подобрать резистор R11 и конденсатор C14 с целью эффективно подавления переменной составляющей, предотвращения «дребезга» контактов реле и ложных срабатываний.

Правильно собранное устройство начинает работать сразу. Потребуется, в основном, лишь подборка резисторов R6 и R8 для корректировки диапазона регулировки тока зарядки. Для этого к выходу блока надо подключить разряженную батарею аккумуляторов и подборкой резисторов R6 и R8 установить по амперметру PA1 диапазон регулирования зарядного тока резистором R7.

Если при начальном положении движка резистора R7 ток будет отличен от нуля, то нужно уменьшить сопротивление резистора R8. Если же ток зарядки становится равным нулю не в крайнем положении движка R7, сопротивление этого резистора следует увеличить. Далее движок резистора R7 устанавливается в конечное положение. Если теперь ток зарядки окажется меньше максимального, сопротивление резистора R6 придется уменьшить, а если превышает — увеличить. После этого, установив переключатель SA2 в положение «Ручной режим», надо довести батарею до полной зарядки, контролируя напряжение на нем вольтметром постоянного тока. Затем следует отключить устройство от сети, перевести тумблер SA2 в режим «Авт.», а движок резистора R11 — в положение максимального сопротивления. Снова подключив устройство к сети, уменьшением сопротивления резистора R11 добиваются четкого срабатывания реле K1 — устройство готово к эксплуатации.

При налаживании и эксплуатации зарядного устройства необходимо помнить об отсутствии гальванической развязки от сети. Следовательно, подключать и отключать его от аккумуляторной батареи можно только при отключенной от сети вилке шнура питания. Подробное описание устройства приводится в [120].

6.7. Бестрансформаторный блок питания с регулируемым выходным напряжением

Предлагаемый блок питания позволяет в широких пределах плавно изменять выходное напряжение (рис. 6.11). Его особенность заключается в использовании регулируемой отрицательной обратной связи с выхода блока на транзисторный каскад VT1, включенный параллельно выходу диодного моста. Этот каскад является параллельным регулирующим элементом и управляется сигналом с выхода однокаскадного усилителя на VT2. Выходной сигнал VT2 зависит от разности напряжений, подаваемых с переменного резистора R7, включенного параллельно выходу блока питания, и источника опорного напряжения на диодах VD3, VD4.

По существу, схема представляет собой регулируемый параллельный стабилизатор. Роль балластного резистора играет гасящий конденсатор C1, роль параллельного управляемого элемента — транзистор VT1. Работает этот блок питания следующим образом. При включении в сеть транзисторы VT1 и VT2 заперты, через диод VD2 происходит заряд накопительного конденсатора C2. При достижении на базе транзистора VT2 напряжения, равного опорному на диодах VD3, VD4, транзисторы VT2, VT1 начинают отпираться. Транзистор VT1 шунтирует выход диодного моста, и его выходное напряжение начинает падать, что приводит к уменьшению напряжения на накопительном конденсаторе C2 и к запирающему транзисторов VT2 и VT1. Это, в свою очередь, вызывает уменьшение шунтирования выхода диодного моста, увеличение напряжения на C2 и отпирание VT2, VT1, и т.д.

За счет действующей таким образом отрицательной обратной связи выходное напряжение остается постоянным (стабилизированным) при включенной нагрузке R9 и без нее, на холостом ходу. Его величина зависит от положения движка потенциометра R7. Верхнему (по схеме) положению движка соответствует большее выходное напряжение. Максимальная выходная мощность приведенного устройства равна 2 Вт. Пределы регулировки выходного напряжения — от 16 до 26 В, а при закороченном диоде VD4 пределы регулировки — от 15 до 19,5 В. В этих диапазонах при отключении R9 (сброс нагрузки) увеличение выходного напряжения не превышает одного процента.

VT1 работает в переменном режиме: при работе на нагрузку R9 — в линейном режиме; на холостом ходу — в режиме широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с частотой пульсации напряжения на конденсаторе C2 — 100 Гц. При этом импульсы напряжения на коллекторе транзистора VT1 имеют пологие фронты. Линейный режим является облегченным, транзистор VT1 нагревается мало и может работать практически без радиатора.

Небольшой нагрев имеет место в нижнем положении движка потенциометра R7 при минимальном выходном напряжении. На холостом ходу, с отключенной нагрузкой R9, тепловой режим транзистора VT1 ухудшается в верхнем положении движка R7. В этом случае транзистор VT1 должен быть установлен на небольшой радиатор, например, в виде алюминиевой пластинки квадратной формы со стороной 3 см, толщиной 1...2 мм.

Регулирующий транзистор VT1 — средней мощности, с большим коэффициентом передачи (составной). Его коллекторный ток должен быть в 2...3 раза больше максимального тока нагрузки. Коллекторное напряжение VT1 должно быть не меньше максимального выходного напряжения блока питания. В качестве VT1 могут быть использованы n-p-n транзисторы КТ972А, КТ829А, КТ827А и т.д. Транзистор VT2 работает в режиме малых токов, поэтому годится любой маломощный p-n-p транзистор — КТ203А...В, КТ361А...Г, КТ313А/Б, КТ209А/Б. По принципу приведенной схемы могут быть построены аналогичные блоки питания на другие требуемые значения мощности. Полное описание блока приводится в [121].

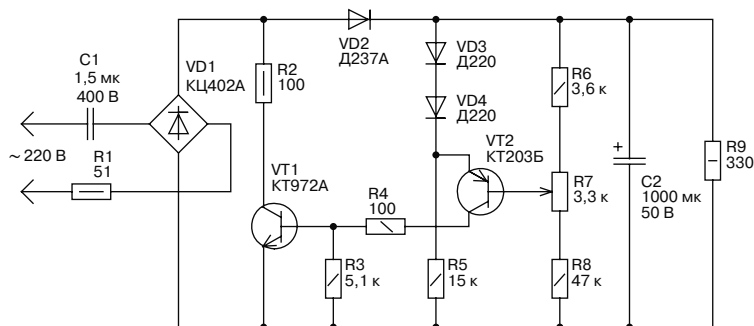


Рис. 6.11.

6.8. Маломощный конденсаторный выпрямитель с ШИМ стабилизатором

Предлагаемый вашему вниманию бестрансформаторный конденсаторный выпрямитель работает с автостабилизацией выходного напряжения во всех возможных режимах работы (от холостого хода до номинальной нагрузки). Это достигнуто за счет кардинального изменения принципа формирования выходного напряжения — не за счет падения напряжения от импульсов тока выпрямленных полуволн сетевого напряжения на сопротивлении стабилитрона, как в других подобных устройствах, а за счет изменения времени подключения диодного моста к накопительному конденсатору.

Схема стабилизированного конденсаторного выпрямителя приведена на рис. 6.12. Параллельно выходу диодного моста включен транзистор VT1, работающий в ключевом режиме. База ключевого транзистора VT1 через пороговый элемент (стабилитрон VD3) соединена с накопительным конденсатором C2, отделенным по постоянному току от выхода моста диодом VD2 для исключения быстрого разряда при открытом VT1. Пока напряжение на C2 меньше напряжения стабилизации VD3, выпрямитель работает известным образом. При увеличении напряжения на C2 и открытии VD3 транзистор VT1 также отрывается и шунтирует выход выпрямительного моста. Вследствие этого напряжение на выходе моста скачкообразно уменьшается практически до нуля, что приводит к уменьшению напряжения на C2 и последующему выключению стабилитрона и ключевого транзистора.

Далее напряжение на конденсаторе C2 снова увеличивается до момента включения стабилитрона и транзистора и т.д. Процесс автостабилизации выходного напряжения очень похож на функционирование импульсного стабилизатора напряжения с широтно-импульсным регулированием. Только в предлагаемом устройстве частота следования импульсов равна частоте пульсации напряжения на C2. Ключевой транзистор VT1 для уменьшения потерь должен быть с большим коэффициентом усиления, например, составной КТ972А, КТ829А, КТ827А и др. Увеличить выходное напряжение выпрямителя можно, применив более высоковольтный стабилитрон или два низковольтных, соединенных последовательно. При двух стабилитронах Д814В и Д814Д и емкости конденса-

тора $C1$ 2 мкФ выходное напряжение на нагрузке сопротивлением 250 Ом может составлять $23...24 \text{ В}$. По предложенной методике можно заставить выходное напряжение однополупериодного диодно-конденсаторного выпрямителя, выполненного, например, по схеме рис. 6.13. Для выпрямителя с плюсовым выходным напряжением параллельно диоду $VD1$ включен $n-p-n$ транзистор $KT972A$ или $KT829A$, управляемый с выхода выпрямителя через стабилитрон $VD3$. При достижении на конденсаторе $C2$ напряжения, соответствующего моменту открывания стабилитрона, транзистор $VT1$ тоже открывается. В результате амплитуда положительной полуволны напряжения, поступающего на $C2$ через диод $VD2$, уменьшается почти до нуля. При уменьшении же напряжения на $C2$ транзистор $VT1$, благодаря стабилитрону, закрывается, что приводит к увеличению выходного напряжения. Процесс сопровождается широтно-импульсным регулированием длительности импульсов на входе $VD2$, следовательно, напряжение на конденсаторе $C2$ остается стабилизированным как на холостом ходу, так и под нагрузкой.

В выпрямителе с отрицательным выходным напряжением параллельно диоду $VD1$ нужно включить $p-n-p$ транзистор $KT973A$ или $KT825A$. Выходное стабилизированное напряжение на нагрузке сопротивлением 470 Ом — около 11 В , напряжение пульсации — $0,3...0,4 \text{ В}$.

В обоих предложенных вариантах бестрансформаторного выпрямителя стабилитрон работает в импульсном режиме при токе в единицы миллиампер, который никак не связан с током нагрузки выпрямителя, с разбросом емкости гасящего конденсатора и колебаниями напряжения сети. Поэтому потери в нем существенно уменьшены, и теплоотвод ему не требуется. Ключевому транзистору радиатор также не требуется.

Резисторы $R1$, $R2$ в этих схемах ограничивают входной ток при переходных процессах в момент включения устройства в сеть. Из-за неизбежного «дребезга» контактов сетевых вилок и розетки, процесс включения сопровождается серией кратковременных замыканий и разрывов цепи. При одном из таких замыканий гасящий конденсатор $C1$ может зарядиться до полного амплитудного значения напряжения сети, т.е. примерно до 300 В . После разрыва и последующего замыкания цепи из-за «дребезга» это и сетевое напряжения могут сложиться и составить в сумме около 600 В . Это наихудший случай, который необходимо учитывать для обес-

печения надежной работы устройства. Конкретный пример: максимальный коллекторный ток транзистора КТ972А равен 4 А, поэтому суммарное сопротивление ограничительных резисторов должно составлять $600 \text{ В} / 4 \text{ А} = 150 \text{ Ом}$. С целью уменьшения потерь сопротивление резистора R1 можно выбрать 51 Ом, а резистора R2 — 100 Ом. Их мощность рассеяния — не менее 0,5 Вт. Допустимый коллекторный ток транзистора КТ827А составляет 20 А, поэтому для него резистор R2 необязателен. Подробности работы этих блоков питания описываются в [121].

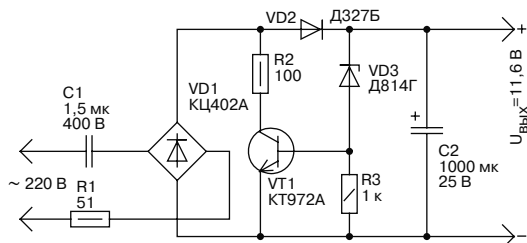


Рис. 6.12.

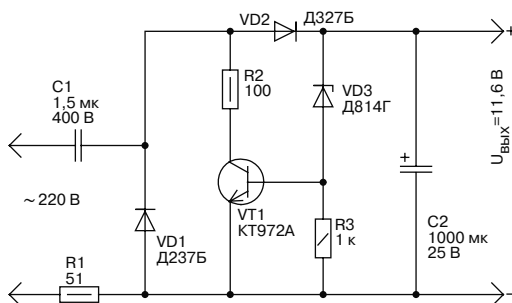


Рис. 6.13.

6.9. Симметричный динистор в бестрансформаторном блоке питания

Весьма интересным схемным решением является использование симметричного динистора для стабилизации напряжения бестрансформаторного блока питания с гасящим конденсатором.

Схема их устройств приведена на рис. 6.14 и рис. 6.15. При зарядке конденсатора фильтра $C2$ до напряжения включения динистора $VS1$ (с точностью до падения напряжения на выпрямительном мосте) он включается и шунтирует вход диодного моста. Нагрузка получает питание от конденсатора $C2$. В начале следующего полупериода $C2$ вновь подзарядается до того же напряжения, процесс повторяется.

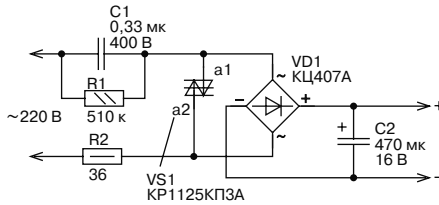


Рис. 6.14.

Нетрудно видеть, что начальное напряжение разрядки конденсатора $C2$ не зависит от тока нагрузки и напряжения сети, поэтому стабильность выходного напряжения блока очень высокая. Падение напряжения на динисторе во включенном состоянии невелико, рассеиваемая мощность, а значит, и нагрев, значительно меньше, чем при установке стабилизтрона. Максимальный постоянный или пульсирующий ток через динистор определяется рассеиваемой им мощностью и составляет около 60 мА.

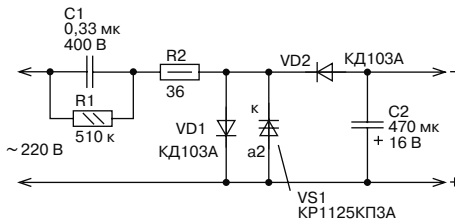


Рис. 6.15.

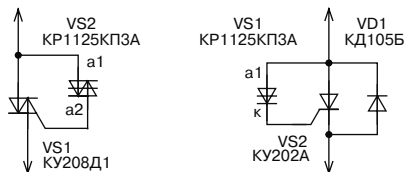


Рис. 6.16.

Если для получения необходимого выходного тока этого значения недостаточно, можно «умощнить» диностор симистором или тринистором (рис. 6.16). Преимущества источников питания с диностором — меньшая рассеиваемая мощность и большая стабильность выходного напряжения, недостаток — ограниченный выбор выходных напряжений, определяемый напряжениями включения диносторов.

6.10. Бестрансформаторный блок питания на полевом транзисторе

На рис. 6.17 приведена схема простого бестрансформаторного блока питания на транзисторе BUZ41A. Через включенный по схеме с общим стоком транзистор VT1 конденсатор C3 заряжается до напряжения, приблизительно на 3 В меньшего, чем напряжение на стабилитроне VD4. Переменное напряжение со сдвигом по фазе, определяемым емкостью конденсатора C1, открывает транзистор VT2, что прекращает заряд конденсатора C3 в начале каждой положительной полуволны сетевого напряжения. Подробно этот блок питания описывается в [117].

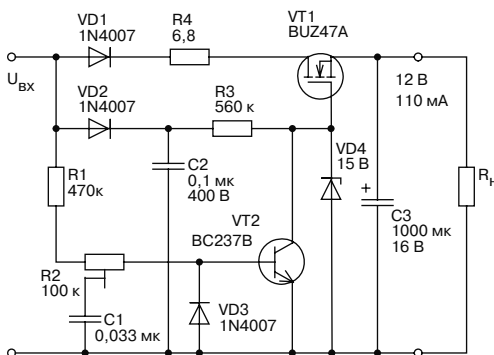


Рис. 6.17.

6.11. Высоковольтный преобразователь — электронная ловушка для тараканов

Электрическая часть ловушки (рис. 6.18) представляет собой умножитель напряжения сети с 220 В до 1,5 кВ. Сама ловушка представляет собой прямоугольный ящик с верхней крышкой.

Выпрямленное напряжение 1,5 кВ подается на непересекающиеся кольцевые печатные проводники, которые располагаются внутри коробки. В центре крышки имеется отверстие. Внутрь ловушки ложится приманка (например, хлеб, смоченный пивом) и ставится в места скопления насекомых. Прибор включается в сеть. Несмотря на незамысловатость конструкции, эффект от ловушки просто потрясающий! Если у вас есть тараканы (и наверное, немало), за одну ночь ловушка будет набита ими доверху. Безопасность конструкции для человека обеспечивается размещением токонесящих проводников в закрытой коробке и тщательной изоляции внешних элементов конструкции. В устройстве можно применять любые диоды на напряжение более 400 В. Описание устройства приведено в [143].

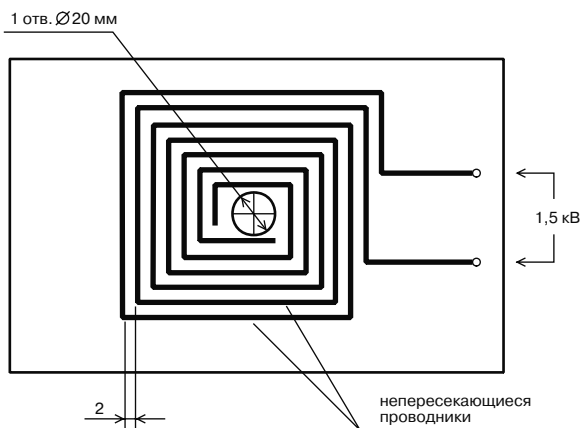
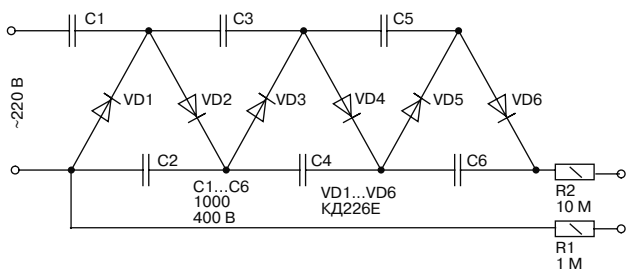


Рис. 6.18.

Глава 7

Вспомогательные устройства для блоков питания

7.1. Защита блока питания от короткого замыкания

Для питания своих конструкций радиолюбители нередко используют простейшие блоки, состоящие из понижающего трансформатора и выпрямителя с конденсатором фильтра. И, конечно, в таких блоках нет никакой защиты от короткого замыкания (КЗ) в нагрузке, хотя оно подчас приводит к выходу из строя выпрямителя и даже трансформатора. Применять в таких блоках питания в качестве элемента защиты плавкий предохранитель не всегда удобно, да и, кроме того, быстродействие у него невысокое. Один из вариантов решения проблемы защиты от КЗ — включение последовательно с нагрузкой полевого транзистора средней мощности с встроенным каналом.

Дело в том, что на вольт-амперной характеристике такого транзистора есть участок, на котором ток стока не зависит от напряжения между стоком и истоком. Поэтому на этом участке транзистор работает как стабилизатор (ограничитель) тока. Вольт-амперные характеристики транзистора для различных сопротивлений резистора R_2 приводятся на рис. 7.1. Работает защита так. Если сопротивление резистора R_2 равно нулю (т.е. исток соединен с затвором), а нагрузка потребляет ток около 0,25 А, то падение напряжения на полевом транзисторе не превышает 1,5 В, и на нагрузке будет практически все выпрямленное напряжение. При появлении же в цепи нагрузки замыкания ток через выпрямитель резко возрастает и при отсутствии транзистора может достичь нескольких ампер.

Транзистор ограничивает ток короткого замыкания на уровне 0,45...0,5 А независимо от падения напряжения на нем. В этом

случае выходное напряжение станет равным нулю, а все напряжение упадет на полевом транзисторе. Таким образом, в случае КЗ мощность, потребляемая от источника питания, увеличится в данном примере не более чем вдвое, что в большинстве случаев вполне допустимо и не отразится на «здоровье» деталей блока питания.

Уменьшить ток короткого замыкания можно увеличением сопротивления резистора R2. Нужно подобрать такой резистор, чтобы ток короткого замыкания был примерно вдвое больше максимального тока нагрузки. Подобный способ защиты особенно удобен для блоков питания со сглаживающим RC-фильтром. Поскольку во время КЗ на полевом транзисторе падает почти все выпрямленное напряжение, его можно использовать для световой или звуковой сигнализации. К примеру, схема включения световой сигнализации показана на рис. 7.2. Когда с нагрузкой все в порядке, горит светодиод HL2 зеленого цвета. При этом падения напряжения на транзисторе недостаточно для зажигания светодиода HL1. Но стоит появиться КЗ в нагрузке, как светодиод HL2 гаснет, но зато вспыхивает HL1 красного свечения. Резистор R2 выбирают в зависимости от нужного ограничения тока КЗ по высказанным выше рекомендациям. Схема подключения звукового сигнализатора замыкания приведена на рис. 7.3. Его можно подключать либо между стоком и истоком транзистора, либо между стоком и затвором, как светодиод HL1.

При появлении на сигнализаторе достаточного напряжения вступает в действие генератор ЗЧ, выполненный на однопереходном транзисторе VT2, и в головном телефоне BF1 раздается звук. Однопереходный транзистор может быть КТ117А...КТ117Г, телефон — низкоомный (можно заменить динамической головкой небольшой мощности). Остается добавить, что для слаботочных нагрузок в блок питания можно ввести ограничитель тока КЗ на полевом транзисторе КП302В. При выборе транзистора для других блоков следует учитывать его допустимую мощность и напряжение стока-исток. Полное описание этого устройства приводится в [103].

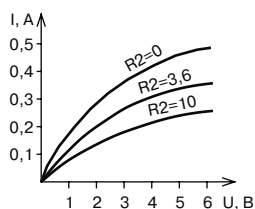


Рис. 7.1.

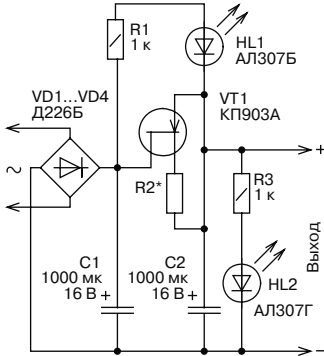


Рис. 7.2.

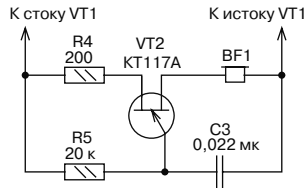


Рис. 7.3.

7.2. Регулятор напряжения с ограничителем тока

На рис. 7.4 показана схема простого регулятора напряжения, позволяющего регулировать выходное напряжение практически от нуля до полного напряжения питания, а также устанавливать (резистором R5) максимальный ток, отдаваемый в нагрузку, в пределах от 10 мА до 3 А. Входное напряжение устройства 12...15 В. Особенностью устройства является включение транзистора V3, образующего цепь ограничения тока. Такое включение обеспечивает малую температурную зависимость порога ограничения, поскольку напряжение база-эмиттер этого транзистора компенсируется напряжением база-эмиттер регулирующего транзистора V4. Пределы регулирования максимального выходного тока могут быть скорректированы соответствующим выбором номиналов резисторов R2 (минимальное значение тока) и R3 (максимальное значение).

В регуляторе можно применить транзисторы КТ808А (V4), КТ3102, КТ3107. Описание этого устройства приводится в [104].

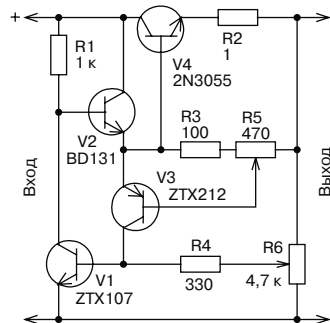


Рис. 7.4.

7.3. Автомат отключения батареи в кассетном магнитофоне

Кассетным магнитофонам и плеерам, в которых используются коллекторные электродвигатели постоянного тока, свойственен недостаток: при остановке электродвигателя, например, по окончании ленты в кассете, резко возрастает потребляемый ток.

Предлагаемое устройство (см. рис. 7.5) позволяет автоматически отключать источник питания при сильном торможении электродвигателя. Ток через коллекторный электродвигатель постоянного тока имеет пульсации, связанные с работой щеточно-коллекторного узла. Эти пульсации и используются для управления устройством отключения электродвигателя. При нормальной работе они через конденсатор С3 поступают на вход усилителя, выполненного на транзисторе Т3.

Усиленный сигнал выпрямляется диодами VD1 и VD2 и поступает на базу транзистора VT2. Транзистор VT2 при этом открывается, а следовательно, открывается и транзистор VT1. При торможении электродвигателя частота пульсаций уменьшается, а при остановке электродвигателя они полностью пропадают. При этом транзисторы VT2 и VT1 закрываются и источник питания оказывается отключенным от нагрузки.

Для приведения устройства в исходное состояние нужно выключить, а затем снова включить питание магнитофона. Чувствительность устройства регулируют подстроечным резистором R3 при налаживании.

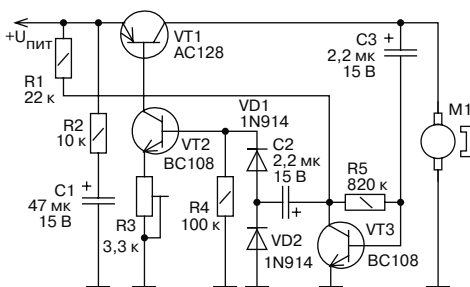


Рис. 7.5.

7.4. Стабилизатор напряжения велофары

Если велосипедом приходится пользоваться в темное время суток, особенно в сельской местности, на нем устанавливают электрическое оборудование — велогенератор и фару. Но напряжение, вырабатываемое велогенератором, непостоянно и зависит от скорости движения. В какие-то моменты оно может превышать предельно допустимое рабочее напряжение лампы фары, что порою приводит к ее перегоранию. Если же лампа будет питаться стабилизированным напряжением, надежность работы и постоянство светового потока фары возрастут.

Конечно, стабилизатор напряжения велофары — не новинка, о некоторых вариантах его уже рассказывалось на страницах популярных журналов. Предлагаемое устройство (рис. 7.6) предназначено для питания лампы фары постоянным напряжением. Входное напряжение на стабилизатор подается с выпрямителя, выполненного на диодном мостике VD1 и сглаживающих конденсаторах C1, C2. Переменное же напряжение на мост поступает с велогенератора. При работе велогенератора выходное напряжение диодного моста может изменяться (на выводах конденсаторов) в широких пределах, но на выходе стабилизатора (т.е. на выводах лампы велофары) оно не превышает максимально допустимого напряжения лампы (3,5 В или 6 В — в зависимости от используемой лампы и сопротивления резистора R3).

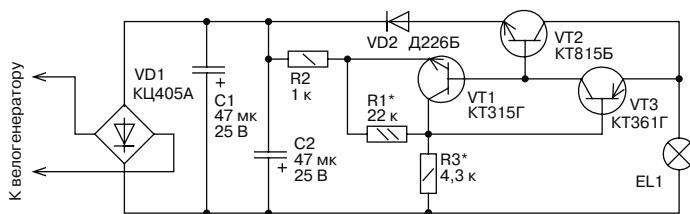


Рис. 7.6.

Кроме указанных на схеме, можно использовать транзисторы КТ312А...КТ312В, КТ315А...КТ315И, любой из серии КТ503 (VT1); КТ815А...КТ815Г, КТ817А...КТ817Г, КТ805АМ, КТ805БМ (VT2); КТ361А...КТ361Д, любой транзистор из серии КТ502 (VT3). Диодный мост VD1 — любой из серии КЦ405, диод VD2 — любой с допустимым выпрямленным током не менее 0,3 А.

Налаживание стабилизатора сводится к подбору резистора R3 с таким сопротивлением, чтобы напряжение на лампе не превышало допустимого (3,5 или 6 В в зависимости от используемой лампы) даже при максимальном напряжении велогенератора. Следует заметить, что этой схеме присущи следующие недостатки: в стабилизаторе велико падение напряжения на диодах моста VD1, диоде VD2, эмиттерном переходе транзистора VT2, в результате чего для получения выходного напряжения стабилизатора 3,5 В на диодный мост должно поступать с велогенератора около 7 В. А это требует более быстрой езды.

В некоторых случаях помогает увеличение числа витков обмотки велогенератора или замена рабочего колесика велогенератора на другое, с меньшим диаметром.

7.5. Автоматическое зарядное устройство

Аккумуляторная батарея 7Д-0,1 хорошо известна читателям — этот источник питания давно используется во многих современных малогабаритных транзисторных радиоприемниках. Но наверно не все знают, что срок службы аккумулятора зависит от правильной его зарядки. Заряжать аккумулятор рекомендуется током 12 мА в течение примерно 15 часов. Такой ток обеспечивает промышленное зарядное устройство, имеющееся в широкой продаже. Однако продолжительность зарядки зависит от колебаний напряжения сети и степени разрядки аккумулятора. Не имея об этом сведений, можно произвольно перезарядить аккумулятор и вывести его из строя из-за повышения давления газов внутри.

Признаком зарядки аккумулятора служит возрастание напряжения на его выводах до 9,45 В. Контролировать напряжение в процессе зарядки аккумулятора, конечно, неудобно. Поэтому было разработано предлагаемое устройство-автомат (рис. 7.7), которое прекращает зарядку аккумулятора по достижении на его выводах указанного напряжения.

Пока аккумулятор заряжается и напряжение на нем ниже номинального, триностр V3 закрыт. Как только напряжение на аккумуляторе возрастает до номинального, триностр открывается. Зажигается сигнальная лампа и одновременно закрывается тран-

зистор. Зарядка аккумулятора прекращается. Порог срабатывания автомата зависит от сопротивления резистора R4.

Диоды Д226Б можно заменить на Д7Ж, стабилитрон Д813 — на Д814Д, транзистор КТ315Б — на другой транзистор этой серии с коэффициентом передачи тока не менее 50, тринистор КУ103В — на КУ103А. Налаживают устройство при подключенном аккумуляторе и контрольном вольтметре постоянного тока. При напряжении 9,45 В на выводах аккумулятора подбором резистора R4 добиваются зажигания сигнальной лампы.

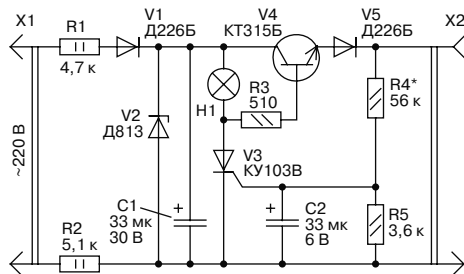


Рис. 7.7.

7.6. Универсальное зарядное устройство

Оно рассчитано на зарядку малогабаритных элементов типов СЦ-21, СЦ-32, аккумуляторов Д-0,06, Д-0,1, Д-0,25, Д-0,55, аккумуляторных батарей 7Д-0,115, а также гальванических элементов 316, 332 и батарей 3336. Зарядное устройство (рис. 7.8) представляет собой стабилизатор тока, выполненный на транзисторах VT1 и VT2. Питается стабилизатор от выпрямителя на диодах VD1...VD4 со сглаживающим конденсатором С1. В свою очередь, на выпрямитель подается переменное на напряжение 12 В, которое может быть снято с готового трансформатора питания небольшой мощности, например, ТС-5-1. Необходимый для зарядки ток (2,5...15 мА) устанавливают переменным резистором R5. Установленный ток не меняется ни в течение всего периода зарядки, ни при коротком замыкании выходных зажимов ХТ1, ХТ2. Процесс зарядки индицируется светодиодом HL1.

Выпрямительные диоды VD1...VD4 могут быть, кроме указанных на схеме, любые другие с допустимым выпрямленным током не менее 30 мА, например, серий КД105, Д226. Вместо светодиода

АЛ102Б допустимо установить любой из АЛ1307А...АЛ307Г, а вместо транзисторов КТ315Б — КТ315А...КТ315Е. Переменный резистор R5 — СП5-50 или другой, мощностью не менее 1 Вт и с функциональной характеристикой А, остальные резисторы — МЛТ-0,125. Оксидный конденсатор С1 — с емкостью не менее указанной на схеме и на номинальное напряжение не ниже 20 В.

Как показала практика работы с данным зарядным устройством, удается значительно продлить «жизнь» элементов типа СЦ-21, заряжая их током 2,5...3 мА в течение 12...13 ч. Заряжать другие элементы, аккумуляторы и батареи следует током, примерно равным десятой части от значения их емкости в миллиампер-часах.

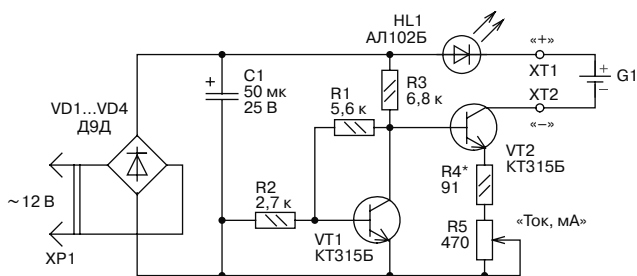


Рис. 7.8.

7.7. Индикатор тока аккумуляторной батареи

Правильная эксплуатация автомобильной аккумуляторной батареи — залог длительного срока ее службы и нормальной работы всей системы электропитания. Контроль режима зарядки/разрядки батареи позволяет вовремя предпринять необходимые профилактические меры, а также следить за исправностью генератора, стартера, электропроводки. Индикатором тока батареи снабжены далеко не все автомобили, и описанное ниже устройство позволяет простыми средствами восполнить этот пробел.

Индикатор (рис. 7.9) измеряет падение напряжения на проводнике, соединяющем минусовой вывод аккумулятора с корпусом автомобиля. Этот проводник включен в резистивный измеритель-

ный мост R1...R5, что позволяет снимать с моста разнополярные сигналы и усиливать их ОУ с однополярным питанием. В цепь отрицательной обратной связи ОУ DA1 включены логарифмирующие диоды VD1...VD4, которые расширяют пределы измеряемого тока, позволяя измерять даже ток, потребляемый стартером при пуске двигателя. Регистрирующим прибором может служить любой магнитоэлектрический миллиамперметр или микроамперметр, имеющий шкалу с нулем посередине, например, М733, с током полного отклонения стрелки 50 мкА. На шкале удобнее всего разместить равномерно три метки справа и слева от нуля: 5 А, 50 А и 500 А.

Питает индикатор параметрический стабилизатор на напряжение 6,6 В. Правый по схеме вывод резистора R5 оставляют постоянно подключенным непосредственно к минусовому выводу батареи.

Для градуировки шкалы индикатора сначала подают на него питание непосредственно от батареи аккумуляторов и подстроечным резистором R4 устанавливают стрелку микроамперметра на нулевую отметку. Затем при выключенном ключе зажигания (с целью исключения протекания неконтролируемого тока батареи) плюсовой вывод батареи через мощный (около 60 Вт) резистор сопротивлением 2,4 Ом соединяют с корпусом автомобиля и подстроечным резистором R7 устанавливают стрелку на отметку 5 А.

После градуировки плюсовой вывод питания индикатора подключают к плюсовому проводу бортовой электросети автомобиля. Проверять градуировку на токе 50 А и особенно 500 А нет необходимости.

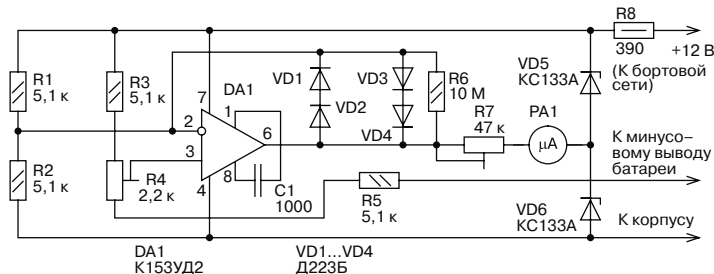


Рис. 7.9.

7.8. Сигнализатор разрядки батареи аккумуляторов

Сигнализатор (рис. 7.10) рассчитан на установку в приемники, работающие от батареи аккумуляторов 7Д-0,1. Он собран на микросборке полевых транзисторов А1 и поэтому потребляет в дежурном режиме очень малый ток — менее 0,1 мА. При напряжении питания, превышающем минимально допустимое значение (7 В), светодиод не горит. При снижении напряжения питания до 7 В загорается светодиод, сигнализируя о необходимости подзарядки батареи аккумуляторов. Подстроечным резистором R4 устанавливают порог включения светодиода. Разность между напряжениями источника питания, при которых гаснет и зажигается светодиод, составляет всего около 0,03 В.

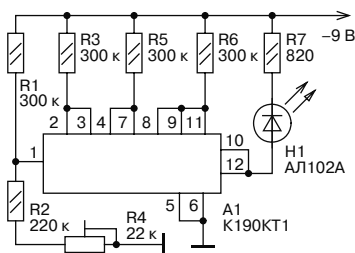


Рис. 7.10.

7.9. Индикатор разряда аккумуляторных батарей

Как известно, срок службы девятивольтовой кадмиево-никелевой аккумуляторной батареи сократится, если разрядить ее до напряжения ниже 7 В. На рис. 7.11 приведена электрическая принципиальная схема индикатора напряжения аккумулятора 7Д-0,1. При включении питания ток заряда конденсатора С1 проходит через туннельный диод VD1. При этом величина напряжения на диоде VD1 достаточна для того, чтобы транзистор VT1 открылся. Светодиод HL1, включенный в его коллекторную цепь, при этом

светится. Эмиттерный ток транзистора VT2, создает на резисторе R1 напряжение, закрывающее транзистор VT1. в результате чего ток через светодиод HL2 не проходит. Когда же напряжение на аккумуляторе станет ниже 7 В, напряжение на туннельном диоде и на резисторе R2 скачком резко уменьшается, транзистор VT1 закроется, светодиод HL1 погаснет, а HL2 начнет светиться, сигнализируя о необходимости зарядить аккумуляторную батарею.

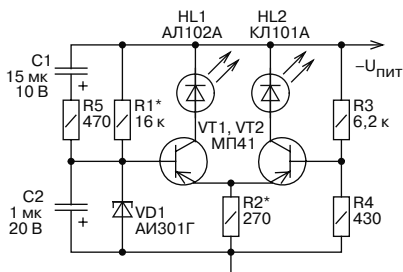


Рис. 7.11.

7.10. Индикатор отклонений сетевого напряжения

При питании некоторой радиоаппаратуры от сети переменного тока нужно следить за стабильностью ее напряжения и при отклонении напряжения сверх допустимой нормы либо отключать аппаратуру, либо изменять напряжение на ней, например, с помощью автотрансформатора. Для сигнализации отклонений сетевого напряжения можно использовать предлагаемый индикатор (рис. 7.12), выполненный на трех светодиодах и двух динодисторах.

Особенностью устройства является включение индикаторов (светодиодов) при каждом положительном полупериоде сетевого напряжения, но лишь при определенной амплитуде его, равной порогу срабатывания, и выключение при снижении мгновенного значения напряжения до нуля. Это исключает гистерезис и повышает точность индикации. Индикатор можно включать как в сетевую розетку, так и в розетку автотрансформатора. На входе индикатора стоит ограничитель напряжения из диода VD1 и стабилитрона

VD2, а после него следуют три параллельно включенные цепочки индикации. Первая из них, состоящая из резистора R1 и светодиода, предназначена для индикации наличия сетевого напряжения. Остальные цепочки, состоящие из делителей напряжения, пороговых устройств на динисторах и включенных последовательно с ними светодиодов, предназначены непосредственно для индикации отклонений напряжения.

Переменным резистором R3 устанавливают нижний порог срабатывания, когда сетевое напряжение упадет, скажем, на 5%, а R5 — верхний порог, когда напряжение возрастет на столько же. Если сетевое напряжение в норме, горят светодиоды HL1 и HL2. При понижении напряжения светодиод HL2 гаснет, а HL1 продолжает светиться. Когда же напряжение возрастает, горят все светодиоды. Надавливать индикатор удобнее всего с автотрансформатором, на выходе которого можно устанавливать нужные напряжения, и переменными резисторами регулировать порог включения соответствующих светодиодов.

Если при пониженном напряжении светодиод HL2 не гаснет, придется увеличить сопротивление резистора R2. Укрепив переменные резисторы на лицевой панели конструкции и снабдив их отградуированной шкалой порогов срабатывания того или иного светодиода, индикатор можно использовать для самых разнообразных целей. Описание устройства приводится в [132].

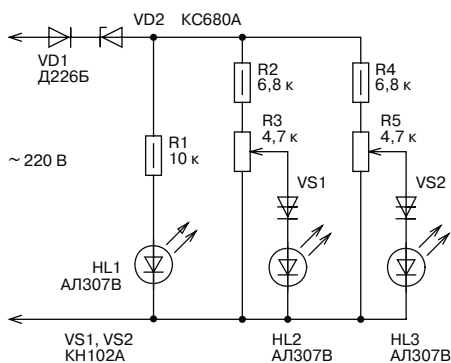


Рис. 7.12.

7.11. Светодиод, как индикатор сетевого напряжения

Для индикации наличия сетевого напряжения в радиолюбительских конструкциях обычно используют неоновые лампочки, которые плохо «вписываются» в современное оформление передних панелей бытовой, измерительной и другой радиоэлектронной аппаратуры. Хороший современный индикатор сетевого напряжения можно изготовить на светодиоде. Схема одного из вариантов такого индикатора приведена на рис. 7.13.

Прямой ток через светодиод V1 ограничивают резистор R1 и (в основном) конденсатор C1. Применение для этих целей конденсатора позволяет избежать ухудшения теплового режима аппаратуры из-за выделения значительного количества тепла токоограничивающим резистором. При отрицательной полуволне сетевого напряжения (на верхнем по схеме сетевом проводе) стабилитрон V2 работает как обыкновенный диод, предохраняя светодиод от пробоя обратным смещением.

При положительной полуволне сетевого напряжения основной ток протекает через светодиод V1, так как стабилитрон при этом закрыт. Его свойство стабилизации напряжения используется только при включении прибора в сеть — фиксируя напряжение на цепочке R1, V1, он ограничивает тем самым бросок тока через светодиод V1 и позволяет избежать выхода светодиода из строя. Напряжение стабилизации этого стабилитрона должно быть немного выше, чем прямое падение напряжения на используемом светодиоде. Конкретное значение емкости конденсатора C1 зависит от требуемого прямого тока через светодиод V1.

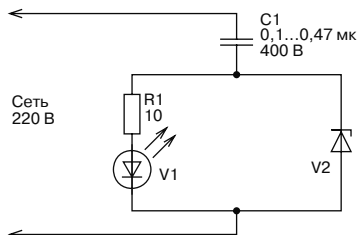


Рис. 7.13.

7.12. Индикатор потребляемой мощности

Если в вашей квартире нет прямого доступа к сетевой проводке, то можно собрать индикатор с выносным индуктивным датчиком, размещенным вблизи сетевых проводов у места их ввода в квартиру. Правда, переменное напряжение на выводах катушки датчика будет в этом случае небольшим и понадобится усилитель. Его можно собрать по схеме, приведенной на рис. 7.14. Переменное напряжение, наведенное в катушке датчика L1 переменным магнитным полем сетевых проводов, поступает на вход линейного усилителя, выполненного на операционном усилителе DA1, через фильтр нижних частот R2, C1 — он ослабляет импульсные помехи.

Для расширения диапазона индицируемых мощностей в устройство введен еще логарифмический усилитель, собранный на операционном усилителе DA2. С его выхода сигнал поступает на выпрямитель (на диодах VD3 и VD4) с удвоением напряжения и далее — на вольтметр, составленный из стрелочного индикатора PA1 и резистора R9. Стрелочный индикатор — с током полного отклонения стрелки 50...100 мкА. В качестве датчика подойдет катушка с магнитопроводом от реле РСМ или других малогабаритных реле (РЭС6, РЭС9, РЭС22), содержащая 1000...1500 витков. Налаживают индикатор в такой последовательности. Подключив источники питания (две батареи 3336), перемещением движка резистора R7 устанавливают на выходе микросхемы DA2 (вывод б) нулевое напряжение относительно общего провода.

Затем подключают к выходу операционного усилителя DA1 вольтметр переменного тока и включают в сеть какую-нибудь нагрузку мощностью не менее 100 Вт. Перемещая датчик по стене в месте предполагаемого ввода сетевых проводов, добиваются максимальных показаний стрелочного индикатора. В этом месте датчик закрепляют на стене. Далее включают нагрузку (скажем, несколько электроприборов) максимально возможной потребляемой мощности, и подстроечным резистором R3 добиваются переменного напряжения на выходе DA1 0,1...0,5 В, а затем подбором резистора R9 устанавливают стрелку микроамперметра на конечное деление шкалы.

Следует иметь в виду, что батареи питания разряжаются неодинаково и через некоторое время может появиться разбаланс операционного усилителя, что приведет к нарушению градуировки шкалы индикатора. Поэтому периодически проверяйте напряже-

ние батареи питания, и если оно отличается от первоначального более чем на 10%, замените батарею. Описание этого устройства приводится в [105], печатная плата — на рис. 7.15.

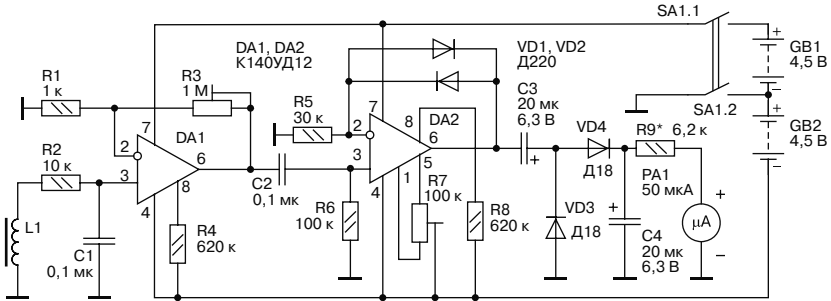


Рис. 7.14.

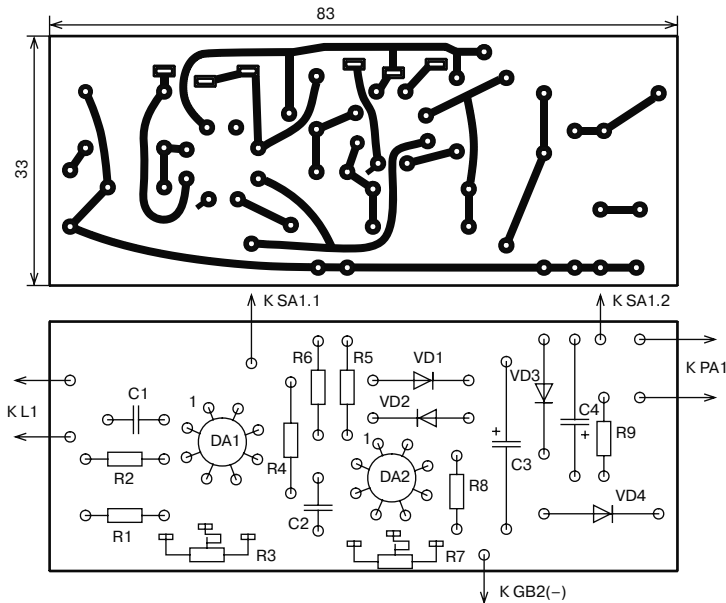


Рис. 7.15.

7.13. Электронный предохранитель

Несмотря на широкое распространение интегральных стабилизаторов со встроенной защитой, необходимость в подобных приборах еще существует. Электронный предохранитель содержит немного деталей, работает в интервале напряжений от 6 до 55 В, подбирая токоизмерительный резистор, можно изменять ток срабатывания от 10 до 600 мА.

Схема устройства показана на рис. 7.16. При номинальном токе падение напряжения на резисторе R2 недостаточно для открывания транзистора VT1. Он закрыт, а транзистор VT2 открыт током, протекающим через резистор R1. Сопротивление резистора подобрано так, чтобы в рабочем режиме транзистор VT2 был полностью открыт. Когда ток нагрузки достигнет порога срабатывания, падение напряжения на резисторе R2 увеличится до 1...1,1 В, которого за вычетом напряжения на диоде VD1 хватит для открывания транзистора VT1. В результате транзистор VT2 закроется, а ток, протекающий через резистор R3, еще больше откроет транзистор VT1. Сопротивление резистора R2 подбирают в зависимости от тока нагрузки. Электронный предохранитель собран на плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита. Ее чертеж показан на рис. 7.17. Транзистор КТ503Е (VT1) заменим КТ503Д или любыми другими, у которых допустимое напряжение коллектор-эмиттер превышает выходное напряжение стабилизатора. Если напряжение на выходе стабилизатора менее 35 В, можно использовать транзисторы серии КТ503 с любым буквенным индексом. Транзистор КТ972А (VT2) допустимо заменить на КТ972В, КТ972Г. Его следует разместить на теплоотводе. Полное описание устройства приводится в [106].

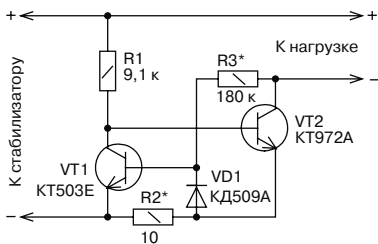


Рис. 7.16.

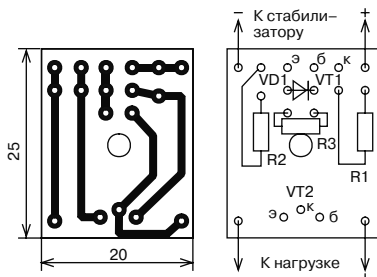


Рис. 7.17.

7.14. Регулируемый электронный предохранитель

Это устройство предназначено для защиты цепей постоянного тока от перегрузки по току и замыканий цепи нагрузки. Его включают между источником питания и нагрузкой. Предохранитель (рис. 7.18) выполнен в виде двухполюсника и может работать совместно с блоком питания с регулируемым выходным напряжением в пределах 3...35 В. Максимальное полное падение напряжения на предохранителе не превышает 1,9 В при максимальном токе нагрузки. Ток срабатывания защитного устройства можно плавно регулировать в пределах от 0,1 до 1,5 А независимо от напряжения на нагрузке. Электронный предохранитель обладает хорошими термостабильностью и быстродействием, надежен в работе.

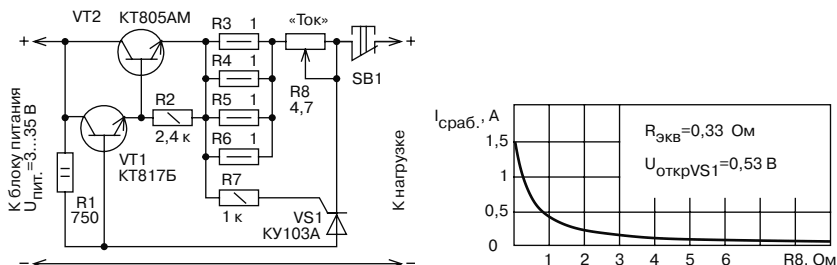


Рис. 7.18.

В рабочем режиме триод транзистора VS1 закрыт, а электронный ключ на транзисторах VT1, VT2 открыт током, протекающим в базу транзистора VT1. При этом ток нагрузки протекает через электронный ключ, набор резисторов R3...R6, переменный резистор R8 и контакты кнопки SB1.

При перегрузке падение напряжения в цепи резисторов R3...R6, R8 достигает значения, достаточного для открывания транзистора VS1 по цепи управляющего электрода. Открывшийся транзистор замыкает цепь базы транзистора VT1, что приводит к закрыванию электронного ключа. Ток в цепи нагрузки резко уменьшается; остается незначительный остаточный ток, равный при 9 В — 12 мА, а при 35 В — 47 мА. Для того чтобы восстановить рабочий режим после устранения причины перегрузки, нужно на короткое время нажать на кнопку SB1 и отпустить, при этом транзистор закроется, а транзисторы VT1 и VT2 вновь откроются.

Остаточный ток можно уменьшить, увеличив в 1,5...2,5 раза сопротивление резистора R1 и используя транзисторы VT1 и VT2 с большим статическим коэффициентом передачи тока. Однако чрезмерное увеличение сопротивления резистора R1 ведет к увеличению падения напряжения на транзисторе VT2, т.е. увеличению падения напряжения на предохранителе в рабочем режиме. Следует иметь в виду, что при напряжении питания, имеющем значительные пульсации, электронный предохранитель срабатывает на пиках напряжения, поэтому средний ток через нагрузку будет несколько ниже, чем при использовании хорошо сглаженного напряжения. Транзистор VT2 необходимо установить на небольшой теплоотвод, например, на дюралюминиевую пластину размерами 90×35×2 мм с отогнутыми краями. В устройстве можно применить транзисторы и в металлическом корпусе, потребуется лишь изменить конструкцию и размеры теплоотвода. Транзистор КТ817Б можно заменить на КТ815Б... КТ815Г, КТ817В, КТ817Г, КТ801А, КТ801Б, а КТ805АМ — на КТ802А, КТ805А, КТ805Б, КТ808А, КТ819Б...КТ819Г. Статический коэффициент передачи тока транзисторов должен быть не менее 45. В предохранителе лучше использовать триисторы КУ103А с напряжением открывания 0,4...0,6 В. Подробное описание устройства и рисунок печатной платы приводится в [107].

7.15. Самовосстанавливающийся предохранитель

Схема такого «предохранителя» с максимальным током нагрузки 5 А показана на рис. 7.19. Его КПД превышает 90% в более чем десятикратном интервале изменения тока нагрузки. Ток, потребляемый в отсутствие нагрузки, — менее 0,5 мА. Для уменьшения падения напряжения на «предохранителе» в качестве VT4 применен германиевый транзистор. При токе нагрузки меньше допустимого этот транзистор находится на грани насыщения. Это состояние поддерживает петля отрицательной ОС, которую при открытом и насыщенном транзисторе VT2 образуют транзисторы VT1 и VT3. Падение напряжения на участке коллектор-эмиттер транзистора VT4 не превышает 0,5 В при токе нагрузки 1 А и 0,6 В — при 5 А. При токе нагрузки, меньшем тока срабатывания

защиты, транзистор VT3 находится в активном режиме и напряжение между его коллектором и эмиттером достаточно для открывания транзистора VT6, что обеспечивает насыщенное состояние транзистора VT2 и в конечном итоге — проводящее состояние ключа VT4. С увеличением тока нагрузки ток базы транзистора VT3 под действием отрицательной ОС увеличивается, а напряжение на его коллекторе уменьшается до закрывания транзистора VT6. В этот момент и срабатывает защита. Самая неблагоприятная для «предохранителя» нагрузка — мощная лампа накаливания, у которой сопротивление холодной нити в несколько раз меньше, чем разогретой. Проверка, проведенная с автомобильной лампой 12 В (32 + 6) Вт, показала, что 0,06 с для разогрева вполне достаточно и «предохранитель» после ее включения надежно входит в рабочий режим. Но для более инерционных ламп длительность и период повторения импульсов возможно придется увеличить, установив конденсатор C2 большего номинала (но не оксидный).

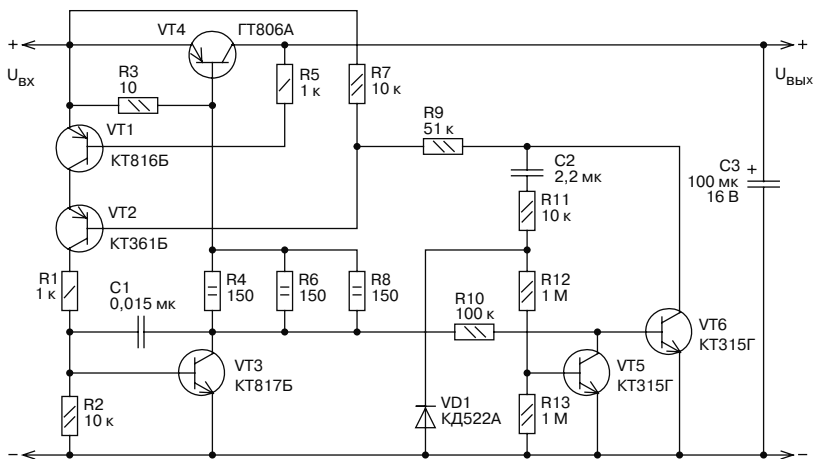


Рис. 7.19.

Транзистор ГТ806А можно заменить другим из этой же серии или мощным германиевым, например, П210 с любым буквенным индексом. Если германиевые транзисторы отсутствуют или необходимо работать при повышенной температуре, можно использовать

и кремниевые с $h_{21э} > 40$, например, КТ818 или КТ8101 с любыми буквенными индексами, увеличив номинал резистора R5 до 10 кОм. После такой замены напряжение, измеренное между коллектором и эмиттером транзистора VT4, не превышало 0,8 В при токе нагрузки 5 А. При изготовлении «предохранителя» транзистор VT4 необходимо установить на теплоотвод, например, алюминиевую пластину размерами 80×50×5 мм. Теплоотвод площадью 1,5...2 см² нужен и транзистору VT3.

Дополнительно о работе этого устройства можно прочитать в [130].

7.16. Индикатор перегорания предохранителя

Устройство, схема которого приведена на рис. 7.20, предназначено не только для индикации включения аппаратуры, но и для контроля исправности плавкого предохранителя, поставленного в цепи постоянного тока напряжением до 20 В.

При исправном предохранителе F1 к диоду V3 приложено прямое напряжение, диод открыт и лампа горит, сигнализируя о включенном состоянии аппаратуры. Транзисторы V1 и V2, зашунтированные диодом V3, не оказывают влияния на работу устройства. При перегорании предохранителя сигнальная лампа оказывается подключенной к выпрямителю через транзистор V2. Одновременно вступает в работу релаксационный генератор, собранный на однопереходном транзисторе V1.

Частота колебаний генератора зависит от сопротивления резистора R3 и емкости конденсатора C1 и в данном случае составляет 1...2 Гц. С такой частотой начинает мигать лампочка, извещая о неисправности предохранителя. Диод V3 предназначен для исключения влияния сопротивления нагрузки на работу индикатора. При его отсутствии (т.е. вместо диода стоит проволочная перемычка) и коротком замыкании нагрузки (предохранитель сгорает) транзистор V2 может выйти из строя.

Транзистор КТ117А можно заменить на КТ117Б...КТ117Г, транзистор КТ603Б — на КТ608А. КТ608Б, диод КД103А — на Д220,

Д223. Сигнальная лампа — СМ28-0,05 или другая, ее напряжение подбирают в зависимости от напряжения источника питания.

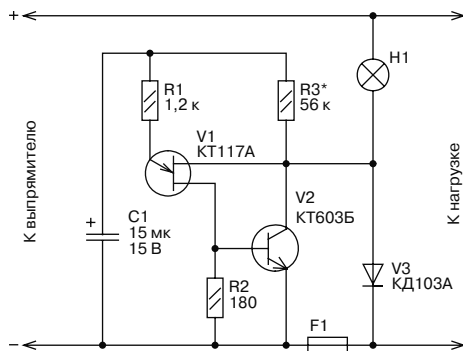


Рис. 7.20.

7.17. Автоматический ограничитель переменного тока

Это устройство (рис. 7.21) предназначено для автоматического отключения нагрузки, если протекающий через нее ток превысит допустимый. Ток, протекающий через нагрузку, подключенную к разъему Х1, создает на резисторе R3 падение напряжения. Часть этого напряжения, снимаемого с движка переменного резистора R2, подается в цепь базы транзистора V3. В коллекторной цепи этого транзистора включено электромагнитное реле К1. Если ток нагрузки превысит заданную величину, то реле К1 сработает и своими контактами К1.1, К1.2 отключит нагрузку от сети и заблокируется. В таком состоянии прибор остается до тех пор, пока не будет нажата кнопка S1 «Сброс».

Резистор R1, диод V2, стабилитрон V1 и конденсатор C1 образуют стабилизированный источник питания. Диод V4 предохраняет эмиттерный переход транзистора V3 от воздействия на него напряжения обратной полярности. Ток ограничения устанавливают переменным резистором R2. Минимальный ток ограничения определяется сопротивлением резистора R3. При указанном на схеме номинале он составляет 0,2...0,3 А. Для защиты сети от

коротких замыканий в нагрузке используется плавкий предохранитель F1. Контакты K1.1, K1.2 реле соединены параллельно для увеличения возможного максимального тока нагрузки. Транзистор V3 может быть из серий МП25, МП26 с любым буквенным индексом, диод V4 — серий Д7, Д9, Д311. Стабилитрон Д816Г можно заменить тремя последовательно включенными стабилитронами Д814Д. Реле K1 — РЭС9 (паспорт РС4.524.205). Кнопка S1 — МТ1-1 или П2К. Максимальный ограничиваемый устройством ток нагрузки не должен превышать 1,5 А — иначе могут подгореть контакты реле K1. Подробнее это устройство описано в [109].

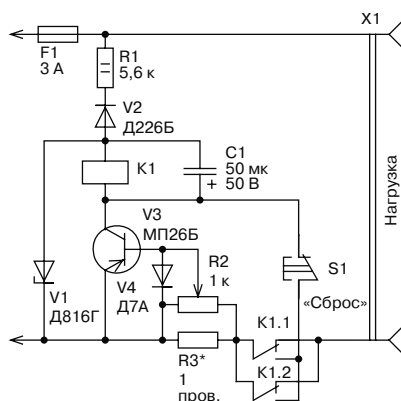


Рис. 7.21.

7.18. Защита радиоаппаратуры от повышения напряжения в сети

Большая часть современной радиоаппаратуры имеет импульсные источники питания, которые в случае перегрузки выходят из строя. Постоянно контролировать сетевое напряжение неудобно, да и неэффективно. Ведь перегрузка при работающей радиоаппаратуре может произойти в любой момент времени. Предлагаемое устройство позволяет предотвратить повреждение электроприборов и радиоаппаратуры от повышенного напряжения.

Простейший вариант защиты аппаратуры от перегрузки можно выполнить, используя специальный разрядник, включенный пос-

ле входных предохранителей. Он имеет такую характеристику, что пробой газа внутри корпуса происходит при превышении действующего напряжения выше 270 В.

Сработавший разрядник имеет очень малое внутреннее сопротивление и закорачивает сетевую цепь. В этом случае просто перегорят плавкие вставки (или сработает защитный электромеханический автомат), что прервет подачу напряжения на все включенные бытовые устройства.

Основными недостатками разрядника является его дефицитность и нерегулируемый порог срабатывания. Приведенная схема (рис. 7.22) аналогична по принципу работы разряднику. Только вместо него использован более доступный электронный коммутатор — симистор. При этом порог открывания VS1 можно установить с помощью резистора R4 на уровне 260 В (действующее значение).

Конденсатор C1 устраняет срабатывание схемы от кратковременных помех (выбросов). Устанавливать светодиод HL1 не обязательно, но его удобно иметь при настройке, когда управление симистором можно временно отключить. Полное описание устройства защиты приводится в [58].

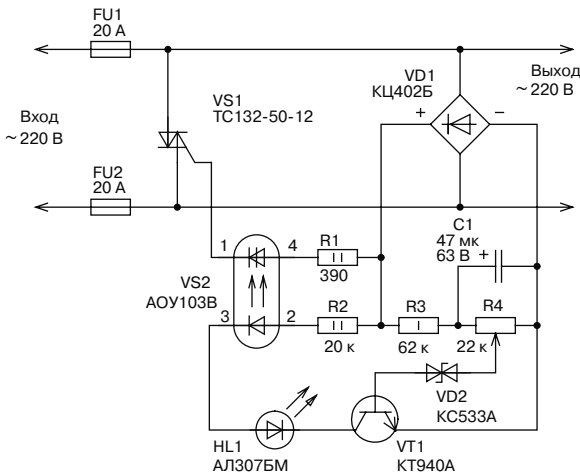


Рис. 7.22.

7.19. Звуковой сигнализатор перегрузки блока питания

Звуковая сигнализация позволяет пользователю быстро среагировать на аварийную ситуацию, если при экспериментах с различной радиоэлектронной аппаратурой возникла перегрузка источника питания. Схема источника питания со звуковым сигнализатором превышения потребления тока показана на рис. 7.23. Выпрямитель на диодах VD1...VD4 питается от трансформатора, вторичная обмотка которого рассчитана на напряжение 18 В при токе нагрузки не менее 1 А. Регулируемый стабилизатор напряжения выполнен на транзисторах VT2...VT5 по стандартной схеме. Переменным резистором R3 на выходе стабилизатора может быть установлено напряжение от 0 до +15 В. Сигнализатор, обозначенный на схеме устройством А1, представляет собой генератор звуковой частоты с подключенным к нему акустическим излучателем (звуковая динамическая головка, пьезоэлектрический акустический преобразователь и др.). Его принципиальная схема не приводится, так как радиоконструктор может выбрать более приемлемый для него звуковой сигнализатор (тональная частота, сирена, многотональная трель, мелодия, имитатор различных звуков). На схеме устройства приведен только управляющий работой сигнализатора ключ на транзисторе VT1.

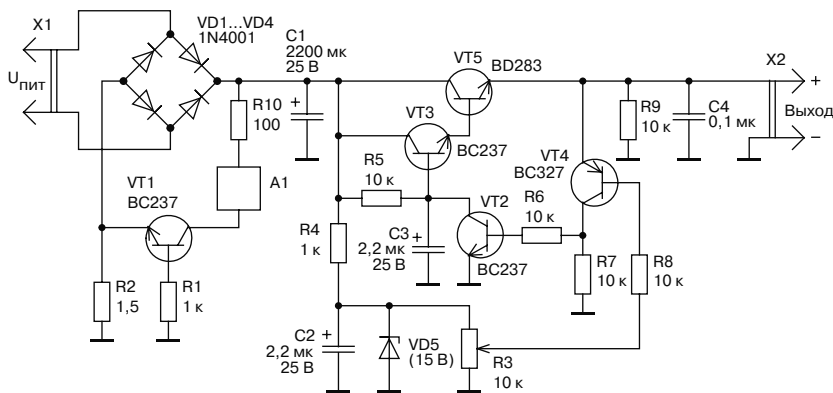


Рис. 7.23.

Ток нагрузки (или испытуемого устройства) проходит через резистор R2, создавая на нем падение напряжения. Пока ток небольшой (при выбранной величине этого резистора не более 0,3 А), транзистор VT1 закрыт. По мере роста тока потребления (и, соответственно, увеличения напряжения на резисторе R2) транзистор приближается к порогу открывания. Когда напряжение между базой и эмиттером транзистора VT1 достигнет 0,7 В, он открывается и при дальнейшем росте тока переходит в состояние насыщения. При открывании транзистора выпрямленное напряжение поступает на акустический сигнализатор и приводит его в действие.

Транзисторы BC237 заменимы на KT639B; BC327 — на KT361B и BD283 — на KT815A. Вместо диодов 1N4001 подойдут выпрямительные диоды КД212Б или диодный мост КЦ405Е. В качестве стабилитрона следует использовать КС515А. Мощность рассеяния резистора R2 берется с некоторым запасом из расчета повышенного тока потребления, например, 2 Вт.

7.20. Автоматический выключатель бытовой радиоаппаратуры

Устройство предназначено для автоматического отключения от сети различной бытовой радиоаппаратуры при исчезновении сигнала на выходе ее звуковоспроизводящего тракта (окончании воспроизведения механических и магнитных фонограмм). Основное его достоинство — возможность подключения к внешним гнездам аппарата, таким как «линейный выход» и «головные телефоны». Принципиальная схема автоматического выключателя приведена на рис. 7.24. Он прост, выполнен на доступной элементной базе и может быть повторен широким кругом радиолюбителей. Вилку XP1 подключают к линейному выходу отключаемого аппарата, а вилку XP2 — к сети. Сам аппарат соединяется с сетью через автоматический выключатель (гнездо XS1).

Питается выключатель от нестабилизированного источника, собранного по мостовой схеме на диодах VD4...VD7. При включении устройства кнопкой SB1 (контакты кнопки SB2 замкнуты) питающее напряжение поступает на триггер и переводит его в рабочее

положение, при котором из-за нулевого начального напряжения на конденсаторе С5 транзистор VT3 закрыт, а VT4 — открыт. В результате через обмотку реле К1 потечет ток, его контакты К1.1 и К1.2 (включены параллельно) замкнутся и сетевое напряжение поступит на подключенное к автомату радиоустройство. Однако если сигнал на входе (а значит, на линейном выходе) этого устройства отсутствует, то транзистор VT2 остается закрытым и происходит зарядка конденсатора С5. Через 1...2 мин, по истечении которых напряжение на конденсаторе С5 достигнет величины, достаточной для открывания транзистора VT3, триггер изменит свое состояние и ток через обмотку реле К1 прекратится. Его контакты разомкнутся и отключат защищаемый аппарат от сети. Если же на входе выключателя имеется сигнал, он будет усилен каскадом на транзисторе VT1, выпрямлен диодом VD1, проинтегрирован конденсатором С4 и, поступив на базу транзистора с VT2, откроет его. Потенциал катода VD2 станет ниже потенциала его анода, и он откроется.

Конденсатор С5 окажется зашунтированным и разрядится через диод VD2 и переход коллектор-эмиттер транзистора VT2. Триггер же сохранит свое рабочее состояние, при котором через обмотку реле протекает ток, контакты его замкнуты и защищаемый аппарат подключен к сети. При снижении сигнала на базе транзистора VT2 ниже определенного уровня (устанавливается резистором R1) он закрывается. Вслед за ним закрывается диод и конденсатор С5 начинает заряжаться. Если через 1...2 мин, в течение которых конденсатор С5 зарядится до напряжения, достаточного для открывания транзистора VT3, сигнал не появится — автомат отключит аппарат от сети. Появление же входного сигнала практически мгновенно прекратит зарядку конденсатора, он начнет разряжаться через диод VD2 и транзистор VT2, и отключения аппарата от сети не произойдет.

Чтобы выключить аппарат до окончания воспроизведения звукового сигнала, следует нажать на кнопку SB2.

Автоматический выключатель собран на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 7.25). Для монтажа использованы резисторы МЛТ-0,125, конденсаторы К50-16 (можно К50-6 и К50-3), реле РЭН34, паспорт ХП4.500.030-01 (или РЭН18 на рабочее напряжение 12 В и ток срабатывания 30...50 мА), кнопка SB1 — П2К без фиксации (для облегчения токового режима переключателя группы 2-3 его контактов следует запараллелить) или

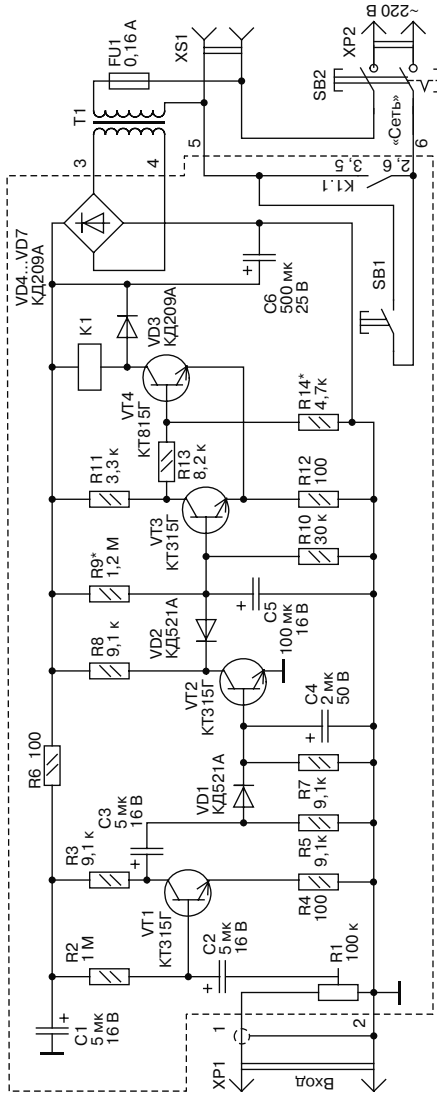


Рис. 7.24.

КМ-2, SB2 — ПКН-41 или МТ-3. В качестве трансформатора Т1 можно использовать ТП8-3, ТВК-70, ТП20-17, ТП45-1 или любой другой с напряжением на вторичной обмотке 10...12 В при токе не менее 100 мА. Транзисторы К315Г можно заменить КТ315Б(Е), КТ503 с любым буквенным индексом и другими кремниевыми транзисторами с предельно допустимым напряжением коллектор-эмиттер не менее 20 В и коэффициентом $h_{21э} > 40$. Вместо транзистора КТ815Г можно использовать КТ815А (Б, В), КТ801А (Б), КТ602А (Б, В, Г).

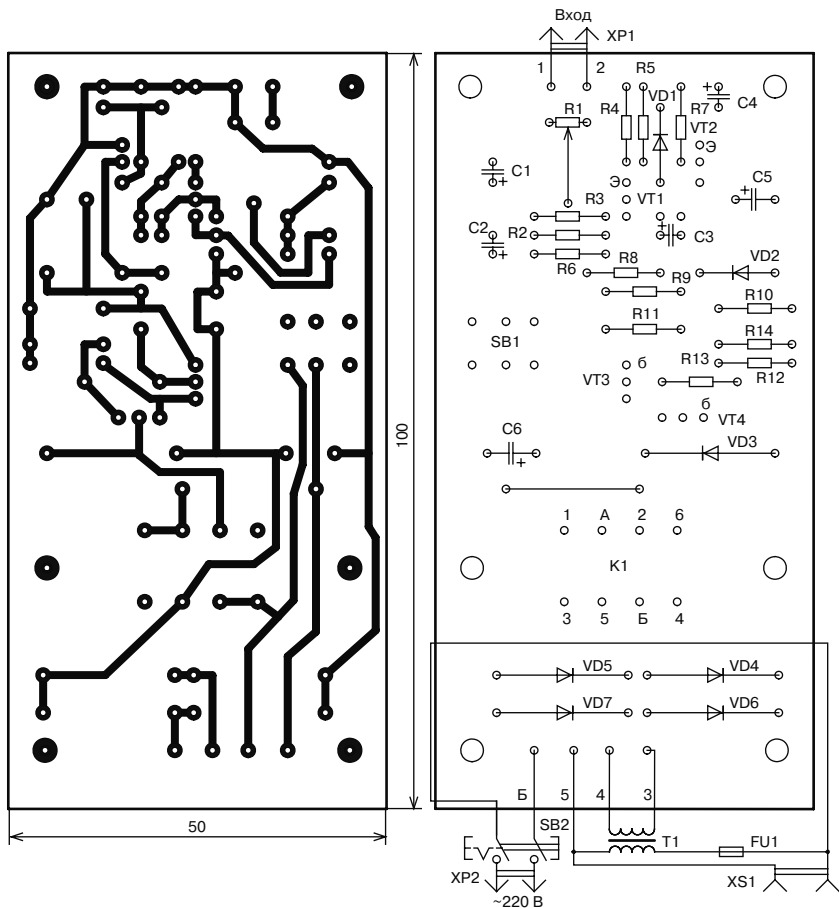


Рис. 7.25.

При налаживании вначале, подключив к выключателю защищаемый аппарат, проверяют его работу при отсутствии входного сигнала. Для этого сопротивление резистора R9 временно уменьшают до 10...20 кОм (время задержки сокращается при этом до нескольких секунд), устанавливают резистор R1 в положение максимальной чувствительности (10 мВ в верхнем по схеме положении движка) и, медленно изменяя его сопротивление, добиваются срабатывания реле К1. После этого, подбирая сопротивление резистора R9 и емкость конденсатора C5, устанавливают желаемое время задержки отключения радиоаппаратуры при пропадании сигнала на ее линейных выходах.

При указанных на схеме номиналах оно составляет 1 мин. Работу триггера проверяют, замкнув накоротко выводы резистора R10. Реле К1 должно сработать и его контакты замкнутся. Далее следует замкнуть резистор R9. Триггер в этот момент должен изменить свое состояние и обесточить реле. Устойчивой работы триггера добиваются подбором сопротивления резистора R14. Подробное описание устройства приводится в [131].

7.21. Автомат защиты от перенапряжения

Не секрет, что сетевое напряжение порою «скачет» столь высоко, что не всякий электро- или радиоприбор его выдерживает. Отсюда и растущие горы аппаратуры в мастерских. Причем замечено, что особая зона нестабильности напряжения — сельская местность. Конечно, на помощь придет описанный выше прибор (п. 7.10), но лучше все же воспользоваться электронной автоматикой, скажем, в виде предлагаемого устройства защиты, «срабатывающего» при повышении сетевого напряжения более допустимого (либо установленного владельцем для данного прибора) и отключающего нагрузку от сети до тех пор, пока напряжение не опустится до безопасного.

Схема автомата приведена на рис. 7.26. Он содержит выпрямитель-стабилизатор на деталях C4, VD4...VD7, C3, пороговый элемент на диносторе VS1, электронный ключ на транзисторах VT1, VT2 и исполнительный элемент на электромагнитном реле К1. Работает устройство так. В дежурном режиме, когда сетевое напряжение не

превышает допустимого значения, динистор закрыт, конденсатор С2 разряжен, транзистор VT1 открыт. Поскольку напряжение на стоке полевого транзистора мало, транзистор VT2 закрыт, реле К1 обесточено — через его контакты К1.1 нагрузка включена в сеть (через розетку XS1). Как только сетевое напряжение повысится до определенного значения, возрастет и постоянное напряжение на конденсаторе С1 — оно станет достаточным для пробоя динистора.

Конденсатор С1 разряжается и подзаряжает конденсатор С2. Но в какой-то момент тока через динистор оказывается недостаточно для удержания динистора в открытом состоянии. Конденсатор С1 начинает заряжаться и как только напряжение на нем достигнет напряжений пробоя динистора, процесс повторится. При этом конденсатор С2 подзаряжается до напряжения, ограниченного напряжением стабилизации стабилитрона VD2. Но транзистор VT1 в этом случае окажется закрытым, а VT2 — открытым. Сработает реле и контактами К1.1 отключит нагрузку от сети. Если этот режим работы автомата необходимо индицировать, последовательно с обмоткой реле можно включить светодиод HL1 (показан на схеме штриховой линией) — АЛ307Б или аналогичный. Рабочий ток реле не должен превышать прямого тока светодиода, иначе параллельно светодиоду придется включить резистор соответствующего сопротивления.

После того как сетевое напряжение уменьшится до допустимого уровня, динистор перестанет открываться, конденсатор С2 за несколько секунд разрядится, транзистор VT1 откроется, а VD2 закроется. Реле обесточится и контактами К1.1 подключит нагрузку к сети. Для повышения помехоустойчивости в характеристику устройства введен гистерезис — оно срабатывает при одном напряжении, а возвращается в исходное состояние при меньшем на 10...20 В. Это достигается тем, что при срабатывании устройства резистор R5 замыкается и напряжение на динисторе увеличивается. Поэтому для возвращения устройства в исходное состояние сетевое напряжение должно снизиться на величину падения напряжения на резисторе R5.

Резистор R6 служит для ограничения тока зарядки конденсатора С4 при первом включении устройства. Детали автомата, кроме реле и светодиода (если его решили ввести), размещают на печатной плате (рис. 7.27) из фольгированного стеклотекстолита. Она рассчитана на установку конденсаторов МБМ (С1), К50-24 (С2,

С3), МБГО (С4), резисторов СПО, СП4 (R1), МЛТ-0,5 (R2), МЛТ-0,125 (остальные). Кроме указанных на схеме, подойдут VD1, VD6, VD7 — Д222Б или аналогичные; VD2 — КС168А, Д814А; VD3 — любой выпрямительный; VD4, VD5 — Д814В...Д814Д; VS1 — КН102Ж, КН102И; VT1 — КП303Г...КП303Е; VT2 — КТ315В...КТ315И. Реле К1 должно быть с током срабатывания не более 15 мА, в зависимости от его напряжения срабатывания следует выбирать стабилитроны VD4 и VD5. Так, если напряжение срабатывания реле составляет 15 В, суммарное напряжение стабилизации стабилитронов должно быть на 5...6 В больше. На такое же напряжение (или большее) должен быть рассчитан конденсатор С3. Конечно, контакты реле должны обеспечивать коммутацию подключаемой нагрузки.

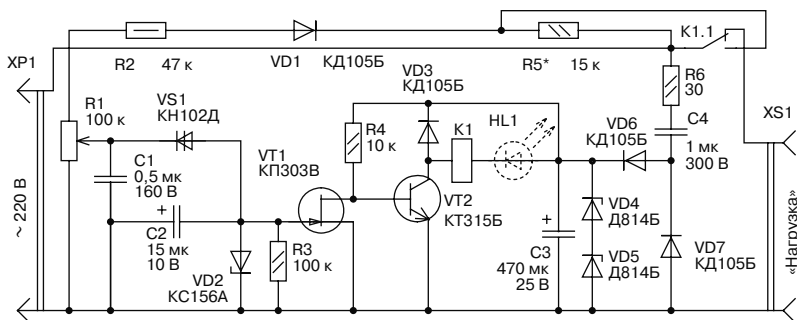


Рис. 7.26.

Автор использовал реле РКМ1 (паспорт РС4.503.835) с включенными последовательно обмотками. Можно применить реле и с большим током срабатывания, но в этом случае необходимо увеличить емкость конденсатора С4.

Собранный автомат регулируют так. Установив на его входе с помощью ЛАТРа напряжение, соответствующее максимальному рабочему для данного прибора, и переместив движок резистора R1 в верхнее по схеме положение (автомат работает), плавно перемещают движок резистора R1 вниз до тех пор, пока реле не обесточится. Далее подбором резистора R5 добиваются нужного гистерезиса, т.е. разности напряжения сети, при котором произ-

ходит срабатывание автомата и его возвращение в исходное состояние. Подробное описание автомата приведено в [133].

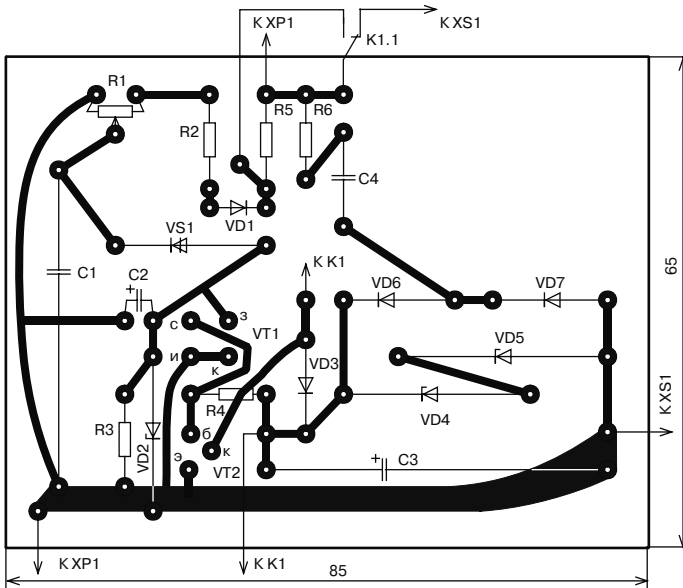


Рис. 7.27.

7.22. Устройство защиты нагрузки от высокого напряжения

Устройство (патент DL-WR 82992), принципиальная схема которого приведена на рис. 7.28, может использоваться в стабилизированных выпрямителях последовательного типа для защиты нагрузки от недопустимо высокого выходного напряжения. В нормальных условиях транзистор VT1 работает в режиме, когда напряжение между его коллектором и эмиттером небольшое и на транзисторе рассеивается небольшая мощность (ток базы определяется резистором R1).

Сопротивление стабилитрона VD2 в этом случае большое и тиристор VS1 закрыт. При возрастании напряжения на выходе уст-

ройства выше определенной величины через стабилитрон начинает протекать ток, который приводит к открыванию тиристора. Транзистор VT1 при этом закрывается и напряжение на выходе устройства близко к нулю.

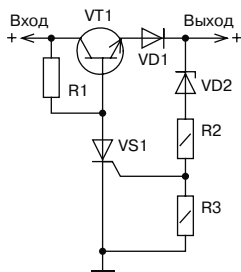


Рис. 7.28.

Описанное устройство должно включаться в стабилизаторах в выходную цепь так, чтобы сигнал обратной связи подавался из цепи, расположенной за системой защиты. При номинальном выходном напряжении 12 В и токе 1 А в устройстве можно применять транзисторы КТ802А, тиристор КУ201А...КУ201К, стабилитрон Д814Б. Сопротивление резистора R1 должно быть 39 Ом (мощность рассеивания при отсутствии системы автоматики, отключающей стабилизатор от сети, составляет 10 Вт), R2 — 200 Ом, R3 — 1 кОм.

7.23. Блок защиты аппаратуры

Предлагаемая схема обезопасит радиоаппаратуру, например, радиостанцию или магнитола, от выхода из строя при случайной переполюсовке или повышении напряжения питания, что нередко бывает при неисправности генератора в автомобиле. Схема (рис. 7.29) работает следующим образом.

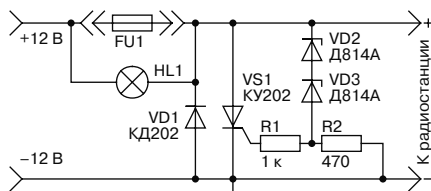


Рис. 7.29.

При правильной полярности и номинальном напряжении диод VD1 и тиристор VS1 закрыты, и ток через предохранитель FU1 поступает на выход устройства. Если полярность обратная, диод VD1 открывается и сгорает предохранитель FU1. Лампа HL1 загорается, сигнализируя об аварийном подключении. При правиль-

ной полярности, но входном напряжении, превышающем установленный уровень, задаваемый стабилитронами VD2 и VD3 (в данном случае — 16 В), тиристор VS1 открывается и замыкает цепь накоротко, что вызывает перегорание предохранителя и зажигание аварийной лампы HL1. Предохранитель FU1 должен быть рассчитан на максимальный ток, потребляемый радиоаппаратурой. Полное описание устройства приводится в [134].

7.24. Электронный сетевой предохранитель

Схема предохранителя, способного мгновенно отключить нагрузку при увеличении потребляемого ею тока выше установленного предела, представлена на рис. 7.30. Силовая часть устройства состоит из диодного моста VD1..VD4, в диагональ которого включен тиристор VS1. Если фотодиод в оптопаре U1 освещен светодиодом, то в начале каждого полупериода на управляющем электроде тиристора возникает напряжение, достаточное для его включения, и цепочка «диодный мост — тиристор» будет проводящей. Если фотодиод в оптопаре останется неосвещенным, тиристор VS1 будет закрыт и в цепи, связывающей электрическую сеть с нагрузкой, образуется разрыв.

Предохранитель включают кнопкой SB1. В момент ее замыкания тиристор VS2 закрывается, но предохранитель остается выключенным (цепь питания светодиода оптрона остается зашунтированной), и лишь при размыкании SB1 напряжение сети будет подано в нагрузку. Это позволяет избежать порчи предохранителя при попытке включить его при коротком замыкании в цепи нагрузки. Для отключения нагрузки вручную нужно лишь нажать кнопку SB2. Тиристор VS1 и диоды VD1...VD4 устанавливаются на алюминиевые пластины — теплоотводы 50×80×5 мм.

Резистор R10 — отрезок провода ПЭВ-1-0,6 мм длиной около двух метров (или более короткий, если взять провод высокого удельного сопротивления — марганец, константан и др.). Конденсатор C1 — К73-17; C2 и C3 — К50-6. Диоды VD1...VD4 можно заменить на Д232, Д233, Д247, КД203, КД206 и другие, имеющие обратное напряжение не ниже 400 В и рабочий ток не менее 10 А.

Стабилитрон Д814Д можно заменить на Д814Г, Д813, Д811, КС213 и другие с напряжением стабилизации 10...12 В. Тиристор КУ101 (VS2) может иметь любой буквенный индекс, а тиристор КУ202 (VS1) — индексы К или Н. Транзистор VT1 — любой маломощный кремниевый структуры p-n-p — из КТ361, КТ209, КТ201, КТ502, КТ3107 и др. Порог срабатывания предохранителя (10 А) изменяют подбором резистора R10.

При эксплуатации электронного предохранителя нужно иметь в виду, что при включении в сеть некоторых приборов возникает начальный бросок тока (стартовый ток электродвигателя, ток холодной лампы накаливания и др.), способный вызвать его срабатывание. В таких случаях либо повышают токовый порог срабатывания предохранителя, либо тем или иным способом увеличивают его инерционность (например, увеличением емкости конденсатора С3). И то и другое имеет свои минусы. Лучше принять меры к уменьшению самих бросков тока, наносящих вред прежде всего самой нагрузке и приводящих к ускоренному ее износу. Описание устройства приведено в [135].

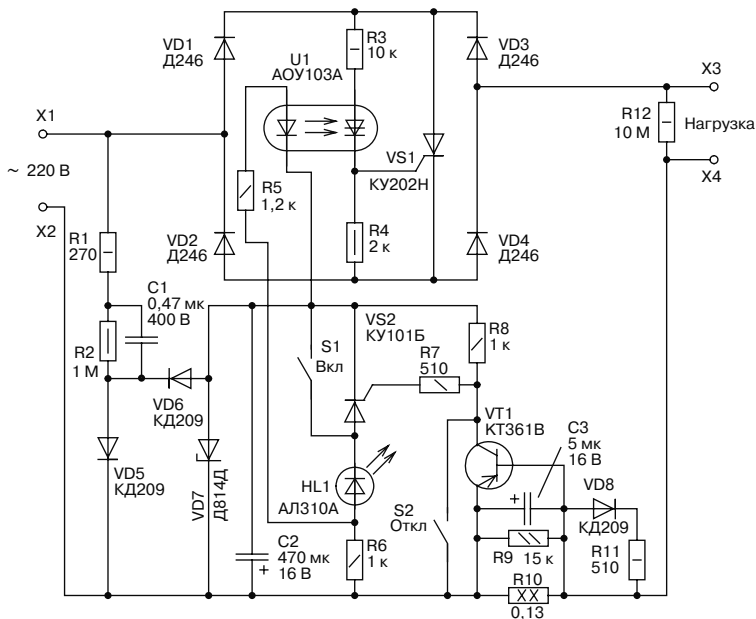


Рис. 7.30.

7.25. Электронный предохранитель

В качестве устройства электронной защиты источников питания можно использовать предлагаемый электронный предохранитель (рис. 7.31), включаемый между источниками и нагрузкой. Схема работает следующим образом. Когда ток нагрузки не превышает заранее установленного тока срабатывания, транзистор VT2 открыт, и падение напряжения на нем минимально. При увеличении тока нагрузки свыше заданного, увеличивается падение напряжения на транзисторе VT2, в связи с чем увеличивается напряжение, поступающее через R4 на базу VT1. Транзистор VT1 начинает открываться. Процесс происходит лавинообразно благодаря наличию положительной обратной связи через резистор R4. В результате VT2 закрывается, и через нагрузку ток не протекает. Одновременно загорается светодиод HL1, сигнализируя о перегрузке. Приведенные на схеме номиналы резисторов соответствуют напряжению 9 В и току срабатывания 1 А. Описание предохранителя приведено в [136].

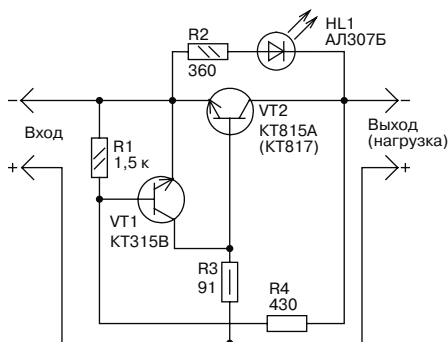


Рис. 7.31.

7.26. Электронный предохранитель

Как известно, существует немало различных источников тока, у которых не предусмотрена защита от аварийных токовых перегрузок, — это практически все гальванические элементы и батареи, большинство аккумуляторов и батарей из них, сетевые

блоки питания, собранные по простейшей схеме, и т.д. Тем не менее, зачастую подобные источники используют для питания нагрузки в течение длительного времени без присмотра оператора. Если по той или иной причине происходит значительное увеличение тока, потребляемого нагрузкой, это, естественно, приведет к перегреванию такого источника и выходу его из строя, порой с весьма тяжелыми последствиями.

Описываемое ниже устройство предназначено для автоматического отключения нагрузки от источника постоянного тока при возникновении перегрузки в ее цепи и для световой индикации аварийного состояния. Этот двухполюсник, подобно плавкому предохранителю, включают в разрыв плюсового провода нагрузочной цепи. Электронный предохранитель (см. схему на рис. 7.32) состоит из мощного составного коммутирующего элемента на транзисторах VT4, VT3, токоизмерительного резистора R2, транзисторного аналога диодистора VT1, VT2 и шунтирующего транзистора VT5. При включении источника питания открывается составной транзистор VT4, VT3 током, протекающим через резистор R1 и эмиттерный переход транзистора VT4. Остальные транзисторы остаются закрытыми. К нагрузке поступает номинальное напряжение, через нее протекает номинальный ток.

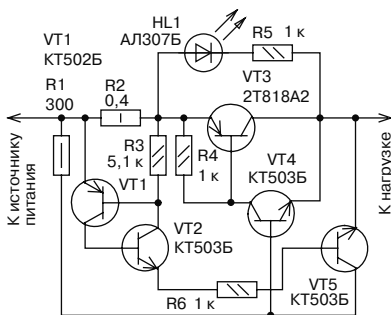


Рис. 7.32.

При возникновении перегрузки падение напряжения на токоизмерительном резисторе становится достаточным для открывания аналога диодистора. Вслед за ним открывается транзистор VT5 и шунтирует эмиттерный переход транзистора VT4. В результате этого закрываются транзисторы VT4 и VT3, отключая нагрузку от источника питания. Ток нагрузки резко уменьшается, но аналог

динистора остается открытым. В этом состоянии предохранитель может находиться неограниченно долго. Через нагрузку протекает остаточный ток, определяемый сопротивлением резистора R1, т.е. в десятки раз меньше номинального. Падение напряжения на закрытом транзисторе VT3 включает светодиод HL1 «Авария». Для того чтобы возобновить работу нагрузки в номинальном режиме после устранения причины, вызвавшей перегрузку, необходимо на короткое время либо выключить источник питания, либо отключить нагрузку. Для указанных на схеме типонаминалах деталей **предохранитель имеет следующие характеристики:**

Номинальное напряжение питания, В 12;
 Номинальный ток нагрузки, А 1;
 Ток срабатывания, А 1,2;
 Остаточное напряжение на нагрузке
 после срабатывания предохранителя, В 1,2;
 Падение напряжения на предохранителе
 в номинальном режиме, мВ 750.

Устройство легко размещается на печатной плате размерами 45×45 мм (рис. 7.33). Транзистор VT3 лучше всего применять указанный на схеме. Попытки заменить его другими мощными транзисторами приводили к увеличению падения напряжения на предохранителе. Включать предохранитель в защищаемую цепь необходимо в строго определенной полярности. Это требует нанесения соответствующей маркировки его выводов. О работе этого устройства можно прочитать в [137].

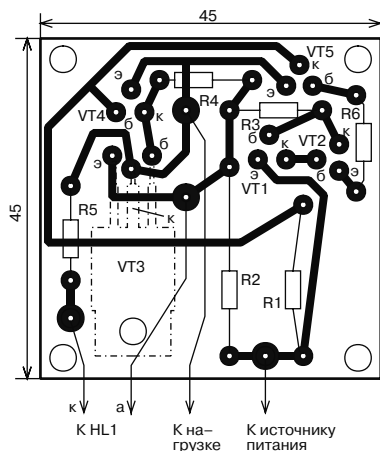


Рис. 7.33.

Глава 8

Нестандартные схемные решения

8.1. Параллельное включение стабилизаторов 142ЕН5

В настоящее время радиолюбители широко используют интегральные стабилизаторы К142ЕН5А с фиксированным выходным напряжением. При конструировании любительской радиоаппаратуры на микросхемах транзисторно-транзисторной логики в некоторых случаях значение выходного тока этого стабилизатора оказывается недостаточным. Хорошим выходом из положения может быть параллельное включение двух микросхем К142ЕН5А (рис. 8.1).

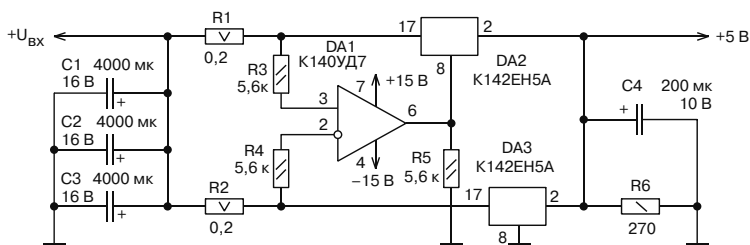


Рис. 8.1.

Операционный усилитель DA1 уравнивает падение напряжения на токоизмерительных резисторах R1, R2. Выходное напряжение ОУ, поданное на вывод 8 микросхемы DA2, так влияет на режим ее работы, что ток, протекающий через нее, будет таким же, как через микросхему DA3. Поэтому общий максимально допустимый

ток устройства увеличивается в два раза. С целью предотвращения повышения выходного напряжения при работе без нагрузки включен балластный резистор R6.

ОУ К140УД7 можно заменить на К140УД6, К153УД6, К157УД2. Необходимо заметить, что резисторы R1 и R2 бесполезно рассеивают мощность около 2 Вт. Поэтому описанным выше устройством целесообразно пользоваться лишь тогда, когда нельзя разделить нагрузку на две части (например, на две группы микросхем) с потребляемым током не более 3 А и питать каждую часть от отдельной микросхемы, включенной по типовой схеме.

8.2. Два напряжения от одной обмотки трансформатора

Иногда бывает необходимо в уже имеющемся блоке питания получить удвоенное напряжение. Если выпрямитель выполнен по однополупериодной схеме или трансформатор имеет вторичную обмотку с отводом от середины, то решение поставленной задачи не вызывает у радиолюбителя затруднений. А как быть, если выпрямитель собран по мостовой схеме? Как получить удвоенное напряжение в этом случае, показано на рис. 8.2.

Положительная полуволна напряжения через диод V5 заряжает конденсатор C2, а отрицательная — конденсатор C3 через диод V1, общий провод и конденсатор C2. В результате напряжение на конденсаторе C3 будет равно удвоенному выпрямленному напряжению. При выборе диодов нужно учесть, что через диод V1 будет течь ток нагрузки как основного выпрямителя, так и дополнительного.

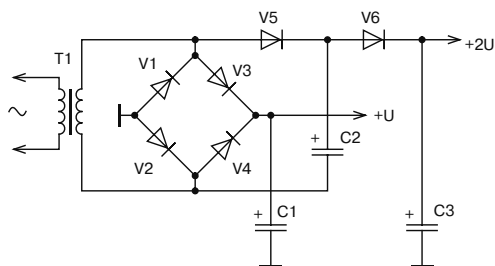


Рис. 8.2.

8.3. Двуполярное напряжение от одной обмотки трансформатора

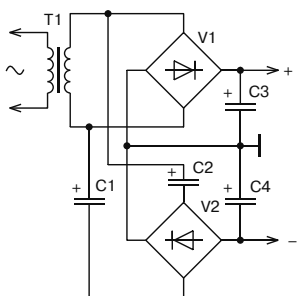


Рис. 8.3.

Как быть, если имеющийся однополярный выпрямитель необходимо дополнить выпрямителем противоположной полярности, а перемотка сетевого трансформатора нежелательна? Выход из этого положения предложили английские радиолюбители (см. рис. 8.3). Дополнительный выпрямитель (мост V2 и сглаживающий конденсатор C4) подключен к вторичной обмотке трансформатора через дополнительные разделительные конденсаторы C1 и C2.

8.4. Двуполярное напряжение из однополярного

При конструировании различных устройств радиолюбители довольно часто сталкиваются с проблемой отсутствия двуполярного источника питания. Схема, изображенная на рис. 8.4, позволяет получить из обыкновенного питания двуполярное, кроме того, она сама по себе является стабилизатором. На вход можно подавать напряжение как переменное, так и постоянное, в последнем случае диоды VD1...VD4 можно исключить, но при этом при подключении придется соблюдать полярность.

Рассмотрим работу устройства. Схема состоит из трех простейших стабилизаторов напряжения. При подключении к источнику питания на коллектор транзистора VT2 поступает +27 В, с его эмиттера относительно минуса снимается стабилизированное напряжение +12 В, следовательно, между коллектором и эмиттером VT2 разница напряжений составляет 15 В. Именно это напряжение и использует транзистор VT1, на его эмиттере относительно эмиттера VT2 также стабилизированное +12 В, а относительно минуса напряжение +24 В.

Однако в случае короткого замыкания выхода верхнего по схеме плеча эмиттер транзистора VT2 окажется замкнутым с эмиттером

VT1, на общем проводе относительно минуса окажется напряжение +24 В, проще говоря, на нижнем по схеме плече относительно «общего» провода будет -24 В. Это может привести к выводу из строя питаемой аппаратуры. Чтобы этого не произошло и установлен стабилизатор по минусу, собранный на VT3.

Все детали стабилизатора, кроме транзисторов, установлены на печатной плате (рис. 8.5) из одностороннего фольгированного текстолита размером 35×95 мм. Транзисторы установлены на теплоотводы из дюралюминия и соединены с печатной платой отрезками многожильного провода. Номиналы конденсаторов и сопротивления резисторов могут быть изменены на 20...25%. Если все детали исправны, правильно собранная схема в наладке не нуждается и начинает работать сразу. Подробное описание этого устройства приводится в [110].

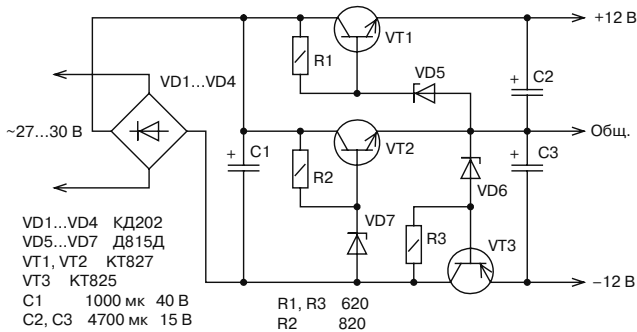


Рис. 8.4.

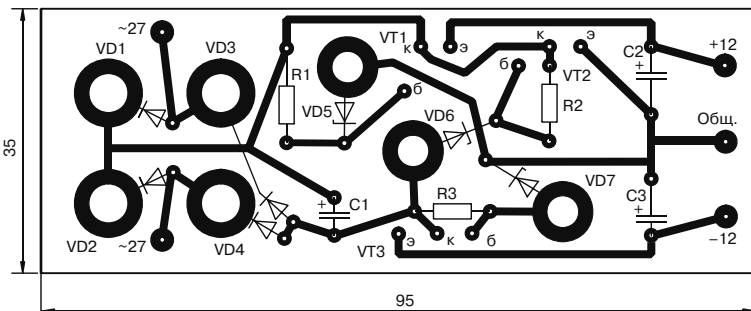


Рис. 8.5.

8.5. Двуполярный блок питания с обычной обмоткой трансформатора

Предлагаемая схема содержит небольшое число деталей, но несмотря на это, обеспечивает довольно высокие характеристики. А простота и не критичность к используемым деталям делает доступным ее повторение даже для малоопытных радиолюбителей.

Принципиальная схема блока питания показана на рис. 8.6. В ее основе лежит интегральный стабилизатор КР142ЕН5А, что позволило достичь высоких параметров всего устройства. Операционный усилитель сравнивает напряжения плеч по абсолютной величине (идет сравнение напряжения в точке соединения резисторов R4 и R5 с напряжением на общем проводе, т.е. с нулем) и, действуя как компаратор, усиливает сигнал ошибки (разницу между напряжением в точке соединения R4 и R5 и общим проводом) и подает его на базу транзистора VT1. Таким образом, симметрия плеч стабилизатора поддерживается с большой точностью. Выпрямитель выполнен на диодах VD1 и VD2 по схеме с удвоением напряжения, что дает возможность использовать трансформатор с одной вторичной обмоткой. В устройстве можно использовать трансформатор со вторичной обмоткой на напряжение 13...15 В при токе нагрузки до 3 А. Диоды VD1 и VD2 — любые выпрямительные, рассчитанные на ток не менее 2,5 А. Транзистор VT1, кроме указанного на схеме, может быть типа КТ818, КТ816, он нуждается в теплоотводе площадью поверхности не менее 100 см². Вместо операционного усилителя К140УД6 можно применить К140УД7, К544УД1. Интегральный стабилизатор DA1 нужно установить на такой же радиатор, как и транзистор VT1. Полное описание блока питания приведено в [111].

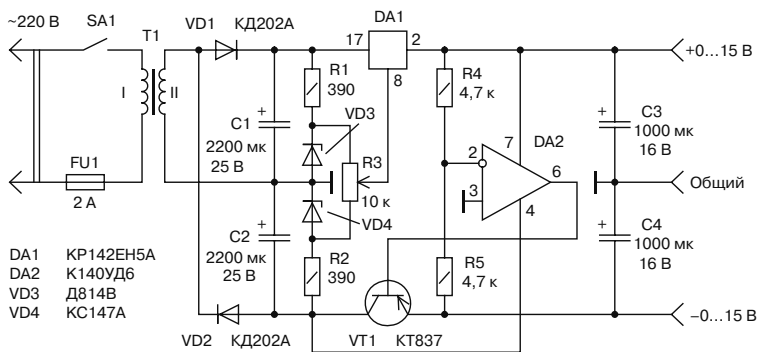


Рис. 8.6.

Глава 9

Стабилизаторы сетевого напряжения

9.1. Стабилизатор напряжения переменного тока

При питании радиоэлектронной аппаратуры от сети нередко приходится стабилизировать напряжение переменного тока. Большую сложность при проектировании таких стабилизаторов представляет получение синусоидального выходного напряжения с малыми нелинейными искажениями. С точки зрения практической реализации этого требования, а также повышения быстродействия и коэффициента стабилизации наиболее предпочтительны стабилизаторы с транзисторным регулирующим элементом.

В описываемом стабилизаторе (рис. 9.1) регулирующим элементом составлен из транзисторов VT1 и VT2, диодов VD2, VD3 и резисторов R1...R5. При изменении значения постоянного тока, протекающего через диагональ выпрямительного моста VD1, изменяется значение переменного тока, текущего через секцию I.1 обмотки автотрансформатора. В результате изменяется значение переменного напряжения на секции I.2 обмотки. Такое включение регулирующего элемента уменьшает его влияние на форму синусоиды выходного напряжения. Резисторы R1...R4, шунтирующие регулирующий элемент, уменьшают мощность, рассеиваемую транзисторами VT1, VT2.

Основные технические характеристики стабилизатора:

Напряжение питающей сети, В.....220 \pm 22;
Выходное напряжение переменного тока, В 220;
Мощность нагрузки, Вт 130...220;

Нестабильность выходного напряжения при указанных изменениях напряжения сети и мощности нагрузки, %, не более 0,5;
Коэффициент нелинейных искажений, %, не более 6.

Трансформатор Т2 служит для питания усилителя постоянного тока и одновременно входит в цепь отрицательной обратной связи. Напряжение обмотки II, выпрямленное диодным мостом VD5, поступает на делитель R12...R14. При повышении напряжения сети или уменьшении тока нагрузки, подключенной к выходу стабилизатора, увеличивается напряжение на базе транзистора VT5, а значит, и его коллекторный ток. Примерно в той же мере уменьшается и ток коллектора транзистора VT4.

Падение напряжения же на резисторе R10 остается практически неизменным, поскольку напряжение на базе транзистора VT4 стабилизировано. При этом напряжение на коллекторе VT4 увеличивается и ток, текущий через транзистор VT3, уменьшается. Вследствие уменьшения напряжения на базе транзистора VT2 он начинает закрываться, напряжение на его коллекторе увеличивается. Это приводит к закрыванию и транзистора VT1, так как напряжение на его базе фиксировано делителем R1, R2, R3, R4, VD2, R5. Диод VD3 исключает влияние этого делителя на базу транзистора VT2.

В результате увеличения сопротивления транзисторов VT1, VT2 регулирующего элемента, уменьшается постоянный ток в диагонали выпрямительного моста VD1 и, следовательно, переменный ток в секции I.1 обмотки автотрансформатора Т1, что эквивалентно увеличению падения напряжения на секции I.2. Поэтому выходное напряжение сохраняет свое первоначальное значение. При уменьшении напряжения сети или увеличении тока нагрузки ток через транзистор VT3 увеличивается и транзисторы VT1 и VT2, наоборот, еще более открываются. Диод VD2 в этом случае закрывается напряжением с резистора R7. Диод VD3 обеспечивает полное открывание транзистора VT1.

Транзистор VT6, резистор R11 и конденсатор С2 образуют электронный фильтр, задерживающий подачу напряжения питания на усилитель постоянного тока. Задержка необходима для устранения броска выходного напряжения в момент включения стабилизатора. Ограничение минимальной мощности нагрузки значением 130 Вт обусловлено тем, что при меньшей мощности и сетевом напря-

жении более 220...225 В исходное напряжение повышается сверх установленного допуска из-за уменьшения падения напряжения на индуктивном сопротивлении секции I.2 сетевого трансформатора. Выпрямитель КЦ405А (VD1) можно заменить четырьмя диодами с обратным напряжением не менее 600 В и выпрямленным током 1 А; КД906А (VD5) — диодами с прямым током не менее 30 мА; транзисторы КТ809А (VT1, VT2) — аналогичными им, например, КТ812А, КТ812Б.

Транзисторы VT3...VT6 могут быть любыми маломощными соответствующей структуры. Резисторы R1...R4 смонтированы на отдельной плате, которая размещена под выключателем SB1. Мощность, рассеиваемая каждым из транзисторов VT1, VT2, равна 8 Вт, поэтому они установлены на отдельные теплоотводы с площадью поверхности по 500 см². Габаритная мощность автотрансформатора T1 — около 22 Вт. Можно использовать автотрансформатор от магнитофона «Маяк-202» (магнитопровод ШЛ20×20, секция I.1 обмотки содержит 1364 витка провода ПЭВ-2-0,31, секция I.2 — 193 витка провода ПЭВ-2-0,63). Трансформатор T2 выполнен на магнитопроводе ШЛ16×16. Обмотка I содержит 2560 витков провода ПЭВ-0,1, обмотка II — 350 витков провода ПЭВ-2-0,2 с отводом от 70-го витка (для питания индикаторной лампы HL1).

Кожух стабилизатора лучше всего изготовить из изоляционного материала. В панелях кожуха надо предусмотреть вентиляционные отверстия. Если кожух металлический, необходимо позаботиться о надежной изоляции от него всех токоведущих деталей и проводов.

При налаживании сначала подборкой резистора R11 устанавливают напряжение 12 В на эмиттере транзистора VT6 (общим проводом устройства служит отрицательный вывод диодного моста VD5). При этом на базе транзистора VT4 должно установиться напряжение около 8 В. К выходу стабилизатора подключают нагрузку. Ею может служить лампа накаливания мощностью 150...200 Вт. С лабораторного автотрансформатора на вход стабилизатора подают напряжение 220 В и резистором R13 устанавливают на выходе номинальное сетевое напряжение 220 В.

Падение напряжения на каждом из транзисторов регулирующего элемента должно быть 80...100 В. При изменении входного напряжения на ± 22 В напряжение на выходе стабилизатора должно оставаться практически неизменным. Отсутствие стабилизации свидетельствует об ошибке в монтаже или неисправности той или

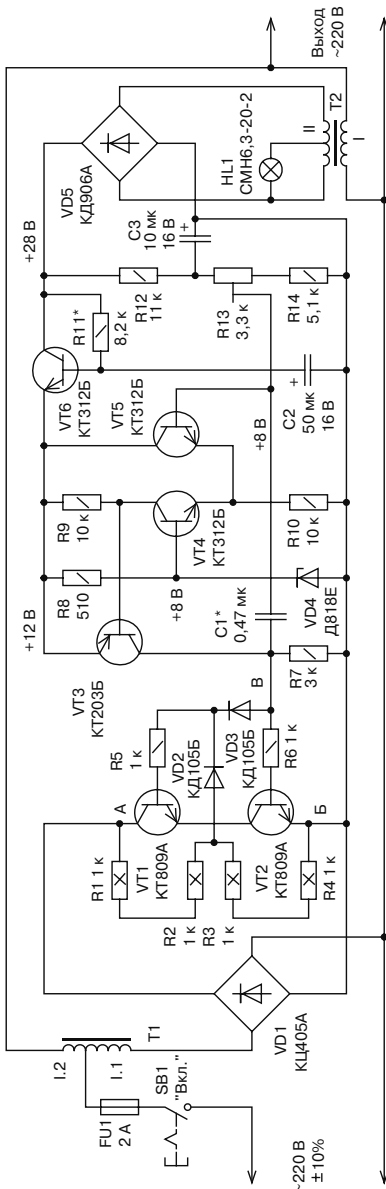


Рис. 9.1.

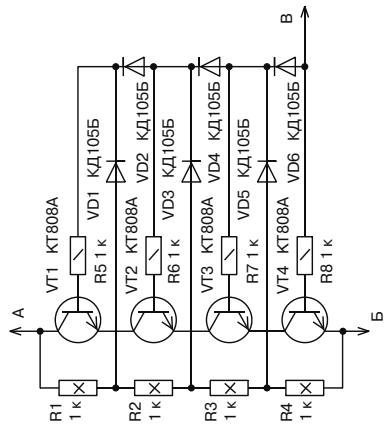


Рис. 9.2.

иной детали. Возбуждение стабилизатора устраняют подборкой конденсатора С1. Мощность стабилизатора можно увеличить до 450 Вт, если его регулирующий элемент смонтировать по схеме, показанной на рис. 9.2. Для этого случая автотрансформатор Т1 нужно выполнить на магнитопроводе ШЛ20×25. Секция I.1 обмотки должна содержать 1300 витков провода ПЭВ-2-0,36, секция I.2 — 180 витков провода ПЭВ-2-0,9.

Наиболее важные преимущества описанного стабилизатора по сравнению с феррорезонансным — малые нелинейные искажения выходного напряжения и почти полное отсутствие магнитного поля, отрицательно влияющего на работу цветных телевизоров. Полное описание монтажа и настройки стабилизатора приводится в [112], печатная плата устройства показана на рис. 9.3.

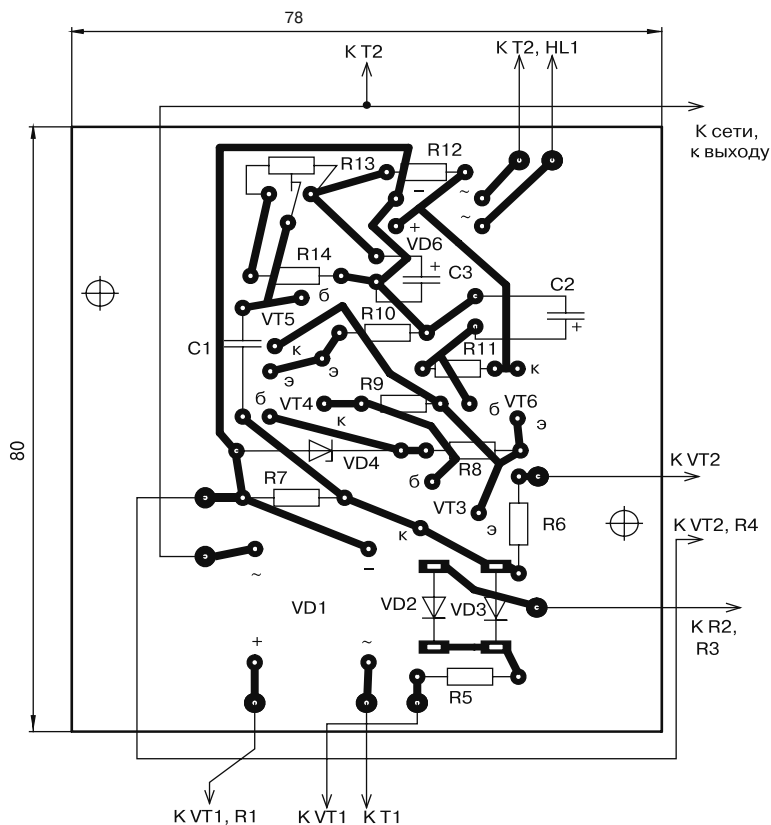


Рис. 9.3.

9.2. Релейный стабилизатор напряжения

Нередко для питания, например, телевизоров, особенно в сельской местности, необходим стабилизатор, который обеспечивает номинальное выходное напряжение при глубоком снижении напряжения в сети. Кроме этого, для питания многих видов бытовой электронной аппаратуры предпочтителен стабилизатор, не вносящий искажений синусоидальной формы выходного напряжения. Стабилизатор имеет четыре ступени регулирования выходного напряжения. Это позволило существенно расширить зону стабилизации — 160...250 В. При этом выходное напряжение остается в пределах нормативов на напряжение питания телевизионных приемников цветного изображения.

Схема стабилизатора представлена на рис. 9.4. В электронный блок прибора входят два ключа на транзисторах VT1 и VT2, коммутирующие реле K1 и K2 и три пороговых устройства, каждое из которых представляет собой делитель напряжения из резисторов и стабилитрона. Первое пороговое устройство — R2, VD3, R3, второе — VD5, R4, R6, третье — R5, VD6, R6. Блок управления питается от выпрямителя на диодах VD1 и VD2 с фильтрующим конденсатором C2. Конденсаторы C3 и C4 устраняют кратковременные изменения (выбросы) сетевого напряжения. Резистор R1 и конденсатор C1 — «искрогасительная» цепь. Диоды VD4 и VD7 защищают транзисторы от напряжения самоиндукции обмоток реле, которое возникает при закрывании транзисторного ключа.

В случае идеальной работы пороговых устройств и трансформатора каждая из четырех ступеней регулирования обеспечивала бы интервал значений напряжения 198...231 В, а допустимое сетевое напряжение могло бы быть в пределах от 140 до 260 В. Однако на практике необходимо учитывать разброс параметров деталей и узлов и изменение коэффициента передачи трансформатора при изменении его нагрузочного режима. Поэтому у всех трех пороговых устройств интервалы выходного напряжения выбраны суженными — по выходному напряжению 215 ± 10 В (в идеальном случае 215 ± 15 В), из-за этого, соответственно, сужается и интервал изменения сетевого напряжения до 160...250 В (рис. 9.5).

При сетевом напряжении менее 185 В напряжения с выпрямителя на диодах VD1 и VD2 недостаточно, чтобы открылось хотя бы одно пороговое устройство — все три стабилитрона закрыты, а положение контактов реле соответствует показанному на схеме.

При входном сетевом напряжении 160 В выходное напряжение будет равно 198 В. Напряжение на нагрузке равно напряжению сети плюс напряжение вольтодобавки, снимаемое с обмоток II и III трансформатора T1. В интервале сетевого напряжения 185...205 В открыт стабилитрон VD5. При этом вступает в работу второе пороговое устройство. Ток протекает через обмотку реле K1, стабилитрон VD5 и резисторы R4 и R6. Этот ток недостаточен для срабатывания реле K1.

Падение напряжения на резисторе R6 открывает транзистор VT2. В результате этого срабатывает реле K2 и контактами K2.1 переключает обмотки трансформатора так, что теперь источником вольтодобавки служит только обмотка II. При сетевом напряжении в пределах 205...225 В открывается стабилитрон VD3, то есть ток протекает через первое пороговое устройство. Открывается транзистор VT1, вследствие чего закрывается второе пороговое устройство, а значит, и транзистор VT2, реле K2 отпускает якорь. Срабатывает реле K1 и переключает контакты K1.1. При таком состоянии контактов реле ток нагрузки минует обмотки II и III трансформатора, то есть вольтодобавка равна нулю. На нагрузке повторяется сетевое напряжение — 205...225 В.

В интервале сетевого напряжения 225...245 В открывается стабилитрон VD6. Это означает, что вступает в работу третье пороговое устройство и оказываются открытыми оба транзисторных ключа; включены оба реле — K1 и K2. Теперь в цепь тока нагрузки оказывается включенной обмотка III трансформатора T1, но в противофазе с сетевым напряжением («минусовая» вольтодобавка). На нагрузке в этом случае также будет напряжение в пределах 205...225 В. При сетевом напряжении 250 В выходное напряжение стабилизатора увеличится до 230 В, не превышая допустимого предела 220 В +5%.

Из предыдущего описания видно, что границы напряжения ступеней регулирования определяет напряжение стабилизации стабилитронов, входящих в пороговые устройства. При налаживании границы ступеней регулирования необходимо устанавливать подборкой стабилитронов, которые, как известно, отличаются значительным разбросом напряжения стабилизации. Если окажется, что подходящего экземпляра подобрать не удастся, можно использовать последовательное включение стабилитрона с одним-двумя диода-

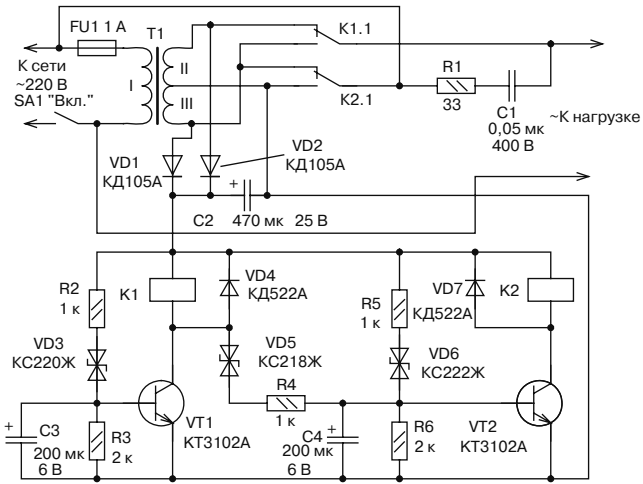


Рис. 9.4.

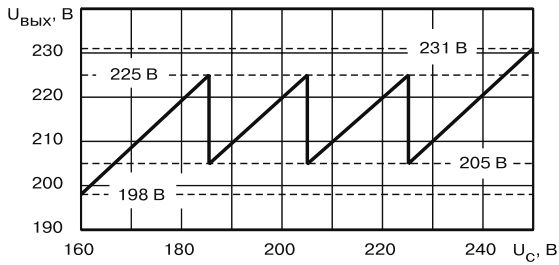
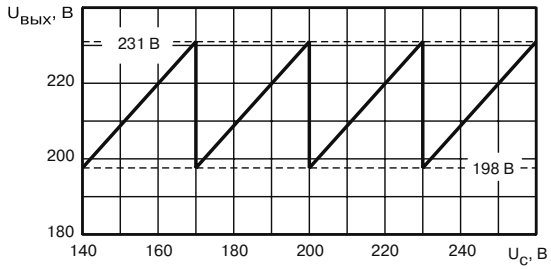


Рис. 9.5.

ми (в прямом включении). Вместо КС218Ж (VD5) можно использовать стабилитрон КС220Ж. Этот стабилитрон обязательно должен быть двуханодным. Дело в том, что в интервале сетевого напряжения 225...245 В, когда открывается стабилитрон VD6 и оказываются открытыми оба транзисторных ключа, цепь R4, VD5 шунтирует резистор R6 порогового устройства R5, VD6, R6.

Для устранения шунтирующего действия стабилитрон VD5 должен быть двуханодным. Напряжение стабилизации стабилитрона VD5 не должно превышать 20 В. Стабилитрон VD3 следует подбирать из серии КС220Ж (напряжение стабилизации равно 22 В); можно использовать цепь из двух стабилитронов — Д810 и Д811. Стабилитрон КС222Ж (VD6) — на 24 В — можно заменить цепью из стабилитронов Д810 и Д813. Транзисторы в стабилизаторе могут быть любыми из серии КТ3102. Диоды — также любые из указанных серий. Реле К1 и К2 — РЭН34, паспорт ХП4.500.000-01.

Трансформатор выполнен на магнитопроводе ОЛ50/80-25 из стали Э350 (или Э360), толщина ленты — 0,08 мм. Обмотка I (для номинального напряжения 220 В) должна содержать 2400 витков провода ПЭТВ-2-0,355. Обмотки II и III — одинаковые, по 300 витков провода ПЭТВ-2-0,9 (13,9 В). Налаживать стабилизатор нужно при включенной реальной нагрузке, чтобы была учтена реакция трансформатора Т1 на нагрузку, поскольку коэффициент передачи незначительно уменьшается при переходе от режима холостого хода к режиму полной нагрузки.

При работе только одной обмотки II коэффициент передачи будет меньше, чем на холостом ходу, и еще меньше, когда работают обмотки II и III одновременно. Когда работает только обмотка III, коэффициент передачи близок к режиму холостого хода, так как при этом происходит компенсация потерь из-за «встречного» тока в ней в интервале значений сетевого напряжения 225...250 В. Изменение коэффициента передачи вызывает незначительное — на доли вольта — изменение напряжения включения пороговых устройств. Это небольшое изменение, умноженное на коэффициент трансформации трансформатора Т1, сдвигает пределы выходного напряжения уже на несколько вольт. Вот почему необходимо установку границ ступеней регулирования проводить только с нагрузкой. Полное описание монтажа и настройки стабилизатора приводится в [113].

9.3. Мощный регулятор сетевого напряжения

В последнее время в нашем быту все чаще применяются электронные устройства для плавной регулировки сетевого напряжения. С помощью таких приборов управляют яркостью свечения ламп, температурой электронагревательных приборов, частотой вращения электродвигателей.

подавляющее большинство регуляторов напряжения, собранных на тиристорах, обладают существенными недостатками, ограничивающими их возможности. Во-первых, они вносят достаточно заметные помехи в электрическую сеть, что нередко отрицательно сказывается на работе телевизоров, радиоприемников, магнитофонов. Во-вторых, их можно применять только для управления нагрузкой с активным сопротивлением — электролампой или нагревательным элементом, и нельзя использовать совместно с нагрузкой индуктивного характера — электродвигателем, трансформатором.

Между тем все эти проблемы легко решить, собрав электронное устройство, в котором роль регулирующего элемента выполнял бы не тиристор, а мощный транзистор.

Транзисторный регулятор напряжения (рис. 9.6) содержит минимум радиоэлементов, не вносит помех в электрическую сеть и работает на нагрузку как с активным, так и индуктивным сопротивлением. Его можно использовать для регулировки яркости свечения люстры или настольной лампы, температуры нагрева паяльника или электроплитки, скорости вращения электродвигателя вентилятора или дрели, напряжения на обмотке трансформатора. Устройство имеет следующие параметры: диапазон регулировки напряжения — от 0 до 218 В; максимальная мощность нагрузки при использовании в регулирующей цепи одного транзистора — не более 100 Вт.

Регулирующий элемент прибора — транзистор VT1. Диодный мост VD1...VD4 выпрямляет сетевое напряжение так, что к коллектору VT1 всегда приложено положительное напряжение. Трансформатор T1 понижает напряжение 220 В до 5...8 В, которое выпрямляется диодным блоком VD6 и сглаживается конденсатором C1.

Переменный резистор R1 служит для регулировки величины управляющего напряжения, а резистор R2 ограничивает ток базы тран-

зистора. Диод VD5 защищает VT1 от попадания на его базу напряжения отрицательной полярности. Устройство подсоединяется к сети вилкой XP1. Розетка XS1 служит для подключения нагрузки.

Регулятор действует следующим образом. После включения питания тумблером S1 сетевое напряжение поступает одновременно на диоды VD1, VD2 и первичную обмотку трансформатора T1. При этом выпрямитель, состоящий из диодного моста VD6, конденсатора C1 и переменного резистора R1, формирует управляющее напряжение, которое поступает на базу транзистора и открывает его. Если в момент включения регулятора в сети оказалось напряжение отрицательной полярности, ток нагрузки протекает по цепи VD2 — эмиттер-коллектор VT1, VD3. Если полярность сетевого напряжения положительная, ток протекает по цепи VD1 — коллектор-эмиттер VT1, VD4.

Значение тока нагрузки зависит от величины управляющего напряжения на базе VT1. Вращая движок R1 и изменяя значение управляющего напряжения, управляют величиной тока коллектора VT1. Этот ток, а следовательно, и ток, протекающий в нагрузке, будет тем больше, чем выше уровень управляющего напряжения, и наоборот. При крайнем правом по схеме положении движка переменного резистора транзистор окажется полностью открыт и «доза» электроэнергии, потребляемая нагрузкой, будет соответствовать номинальной величине. Если движок R1 переместить в крайнее левое положение, VT1 окажется запертым и ток через нагрузку не потечет.

Управляя транзистором, мы фактически регулируем амплитуду переменного напряжения и тока, действующих в нагрузке. Транзистор при этом работает в непрерывном режиме, благодаря чему такой регулятор лишен недостатков, свойственных тиристорным устройствам.

Теперь перейдем к конструкции прибора. Диодные мостики, конденсатор, резистор R2 и диод VD6 устанавливаются на монтажной плате размером 55×35 мм, выполненной из фольгированного гетинакса или текстолита толщиной 1...2 мм (рис. 9.7).

В устройстве можно использовать следующие детали. Транзистор — КТ812А(Б), КТ824А(Б), КТ828А(Б), КТ834А(Б,В), КТ840А(Б), КТ847А или КТ856А. Диодные мосты: VD1...VD4 — КЦ410В или КЦ412В, VD6 — КЦ405 или КЦ407 с любым буквенным индексом; диод VD5 — серии Д7, Д226 или Д237. Переменный резистор — типа

СП, СПО, ППБ мощностью не менее 2 Вт, постоянный — ВС, МЛТ, ОМЛТ, С2-23. Оксидный конденсатор — К50-6, К50-16. Сетевой трансформатор — ТВ3-1-6 от ламповых телевизоров, ТС-25, ТС-27 — от телевизора «Юность» или любой другой маломощный с напряжением вторичной обмотки 5...8 В. Предохранитель рассчитан на максимальный ток 1 А. Тумблер — ТЗ-С или любой другой сетевой. ХР1 — стандартная сетевая вилка, ХС1 — розетка.

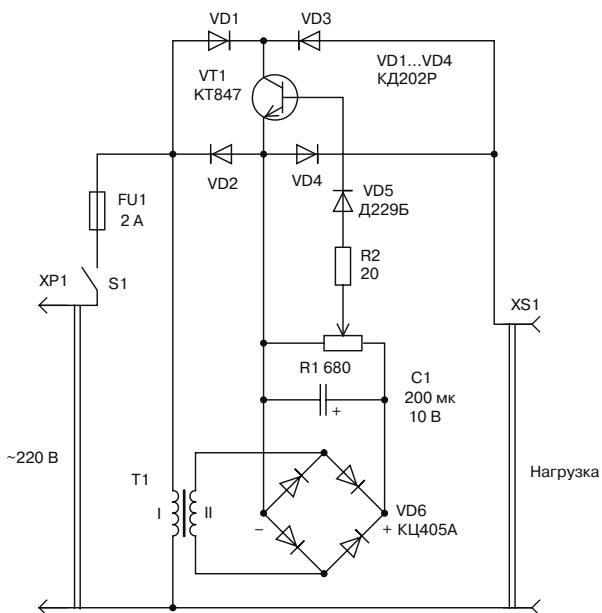


Рис. 9.6.

Все элементы регулятора размещаются в пластмассовом корпусе с габаритами 150×100×80 мм. На верхней панели корпуса устанавливаются тумблер и переменный резистор, снабженный декоративной ручкой. Розетка для подключения нагрузки и гнездо предохранителя крепятся на одной из боковых стенок корпуса. С той же стороны сделано отверстие для сетевого шнура. На дне корпуса установлены трансистор, трансформатор и монтажная плата. Транзистор необходимо снабдить радиатором с площадью рассеяния не менее 200 см² и толщиной 3...5 мм. Регулятор не

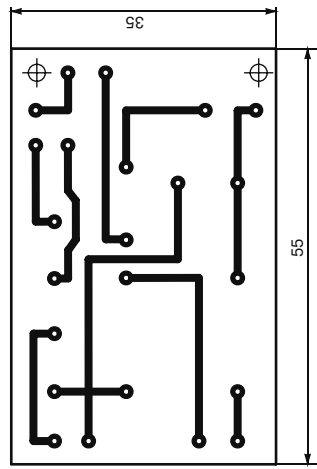
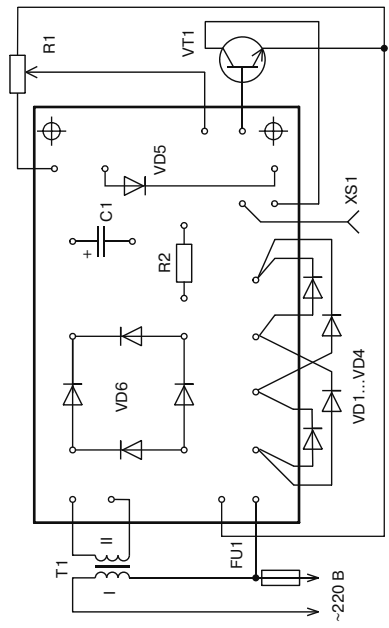


Рис. 9.7.

нуждается в налаживании. При правильном монтаже и исправных деталях он начинает работать сразу после включения в сеть.

Теперь несколько рекомендаций тем, кто захочет усовершенствовать устройство. Изменения в основном касаются увеличения выходной мощности регулятора. Так, например, при использовании транзистора КТ856 мощность, потребляемая нагрузкой от сети, может составлять 150 Вт, для КТ834 — 200 Вт, а для КТ847 — 250 Вт. Если необходимо еще больше увеличить выходную мощность прибора, в качестве регулирующего элемента можно применить несколько параллельно включенных транзисторов, соединив их соответствующие выводы.

Вероятно, в этом случае регулятор придется снабдить небольшим вентилятором для более интенсивного воздушного охлаждения полупроводниковых приборов. Кроме того, диодный мост VD1...VD4 потребует замены на четыре более мощных диода, рассчитанных на рабочее напряжение не менее 600 В и величину тока в соответствии с потребляемой нагрузкой. Для этой цели подойдут приборы серий Д231...Д234, Д242, Д243, Д245...Д248. Необходимо будет также заменить VD5 на более мощный диод, рассчитанный на ток до 1 А. Также больший ток должен выдерживать предохранитель. Более подробное описание устройства приведено в [114].

Приложение

Упрощенный расчет трансформаторов питания

Чтобы первые радиолюбительские конструкции обеспечить постоянным напряжением, нужен маломощный блок питания, работающий от сети переменного тока. Но готовый блок не всегда удастся найти в магазине, поэтому зачастую приходится думать о самодельной конструкции. Чтобы облегчить эту задачу и были разработаны простейшие методы расчета, которые позволят подобрать нужные детали для блока питания в зависимости от предъявляемых к нему требований.

Схема предполагаемого блока питания, обеспечивающего нужное выходное напряжение постоянного тока, приведена ниже. В нем использован трансформатор питания, включаемый первичной обмоткой (I) в осветительную розетку и понижающий напряжение (оно снимается с обмотки II) до заданного значения, двухполупериодный выпрямитель на диодах VD1...VD4 и конденсатор C1, сглаживающий пульсации выпрямленного напряжения. Полученное в итоге почти постоянное напряжение (пульсации его при подключении нагрузки все же будут) снимают с выходных гнезд XS1 и XS2 (рис. П.1).

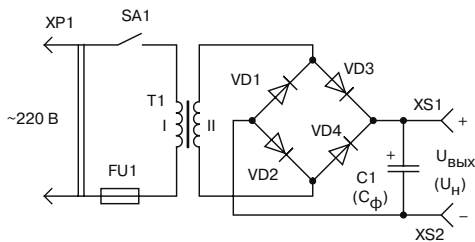


Рис. П.1.

Расчет блока питания начинают с выпрямителя. Задача расчета — правильно выбрать выпрямительные диоды и конденсатор фильтра, а также определить необходимое переменное напряжение, снимаемое для выпрямления со вторичной (II) обмотки сетевого трансформатора.

Исходными данными для расчета выпрямителя служат требуемое напряжение на нагрузке (U_n) и потребляемый ею максимальный ток (I_n). Порядок расчета следующий. Сначала определяют переменное напряжение U_{II} , которое должно быть на вторичной обмотке трансформатора:

$$U_{II} = BU_n,$$

где U_n — постоянное напряжение на нагрузке, вольт; B — коэффициент, зависящий от тока нагрузки, который определяют по табл. П.1.

Таблица П.1

Коэффици- ент	Ток нагрузки, А					
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
B	0,8	1	1,2	1,4	1,5	1,7
C	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,8

По току нагрузки определяют максимальный ток, протекающий через каждый диод выпрямительного моста:

$$I_d = 0,5C I_n,$$

где I_d — ток через диод, А; I_n — максимальный ток на грузки, А; C — коэффициент, зависящий от тока нагрузки и определяемый из табл. П.1.

Далее подсчитывают обратное напряжение, которое будет приложено к каждому диоду выпрямителя:

$$U_{обр} = 1,5U_n,$$

где $U_{обр}$ — обратное напряжение, В; U_n — напряжение на нагрузке, В.

Теперь надо выбрать диоды, у которых значения выпрямленного тока и допустимого обратного напряжения равны или превышают

полученные вами расчетные значения. В заключение можно определить емкость конденсатора фильтра:

$$C_{\phi} = 3200 I_n / (U_n K_{\pi}),$$

где C_{ϕ} — емкость конденсатора фильтра, мкФ; I_n — максимальный ток нагрузки, А; U_n — напряжение на нагрузке, В; K_{π} — коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения (отношение амплитудного значения переменной составляющей частотой 100 Гц на выходе выпрямителя к среднему значению выпрямленного напряжения).

Коэффициент пульсаций выбирают самостоятельно в зависимости от предполагаемой нагрузки, допускающей питание постоянным током вполне определенной «чистоты». К примеру, для питания малогабаритных транзисторных радиоприемников и магнитофонов коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения может достигать $10^{-3} \dots 10^{-2}$, усилителей радио и промежуточной частоты — $10^{-4} \dots 10^{-3}$, предварительных каскадов усилителей звуковой частоты и микрофонных усилителей — $10^{-5} \dots 10^{-4}$. В дальнейшем, когда вы будете строить подобные выпрямители с последующей стабилизацией выпрямленного напряжения транзисторным стабилизатором, расчетную емкость фильтрующего конденсатора можно будет уменьшить в 5...10 раз. Следующий этап — это расчет трансформатора питания.

Данные на него у вас уже есть — необходимое напряжение на вторичной обмотке (U_{II}) и максимальный ток нагрузки (I_n). Здесь тоже существует определенная последовательность расчета. Сначала определяют максимальное значение тока, протекающего через вторичную обмотку:

$$I_{II} = 1,5 I_n,$$

где I_{II} — ток через обмотку II трансформатора, А; I_n — максимальный ток нагрузки, А.

Далее определяют мощность, потребляемую выпрямителем от вторичной обмотки трансформатора:

$$P_{II} = U_{II} I_{II},$$

где P_{II} — максимальная мощность, потребляемая от вторичной обмотки, Вт; U_{II} — напряжение на вторичной обмотке, В;

I_{II} — максимальный ток через вторичную обмотку, А.

Затем подсчитывают мощность трансформатора:

$$P_{тр} = 1,25 P_{II},$$

где $P_{тр}$ — мощность трансформатора, Вт; P_{II} — максимальная мощность, потребляемая от вторичной обмотки трансформатора, Вт. Если изготавливают трансформатор с несколькими вторичными обмотками, то сначала подсчитывают максимальную мощность, потребляемую от каждой вторичной обмотки, потом их суммарную мощность, а затем и мощность самого трансформатора.

Теперь можно подсчитать ток, протекающий через первичную обмотку:

$$I_1 = P_{тр}/U_1,$$

где I_1 — ток через обмотку I, А; $P_{тр}$ — подсчитанная мощность трансформатора, Вт; U_1 — напряжение на первичной обмотке трансформатора (сетевое напряжение).

После этого рассчитывают необходимую площадь сечения сердечника магнитопровода:

$$S = 1,3 P_{тр},$$

где S — сечение сердечника магнитопровода, см²; $P_{тр}$ — мощность трансформатора, Вт.

Определяют число витков первичной (сетевой) обмотки:

$$W_1 = 50U_1 / S,$$

где W_1 — число витков обмотки; U_1 — напряжение на первичной обмотке, В; S — сечение сердечника магнитопровода, см².

Подсчитывают число витков вторичной обмотки:

$$W_{II} = 55U_{II} / S,$$

где W_{II} — число витков вторичной обмотки; U_{II} — напряжение на вторичной обмотке, В; S — сечение магнитопровода, см².

В заключение определяют диаметр провода обмоток:

$$d = 0,02 I,$$

где d — диаметр провода, мм; I — ток через обмотку, мА. Иногда диаметр провода удобнее выбрать по табл. П.2.

Таблица П.2

$I_{\text{обм}},$ мА	25	25...60	60...100	100...160	160...250	250...400	400...700	700...1000
$d,$ мм	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6

По полученным данным можно подбирать подходящее железо и провод и изготавливать трансформатор. Правда, нелишне сначала прикинуть, разместится ли весь провод на каркасе будущего трансформатора при данных Ш-образных пластинах — ведь однотипные (по ширине средней части) пластины имеют неодинаковую площадь окна. Для приблизительной оценки достаточно подсчитанную ранее мощность трансформатора $P_{\text{тр}}$ умножить на 50 и сравнить полученный результат (это необходимая площадь окна в мм²) с измеренной площадью окна имеющихся пластин. При выборе сердечника магнитопровода следует придерживаться и еще одного правила — отношение ширины средней части сердечника к толщине набора (отношение сторон сердечника) должно быть в пределах 1...2. Полностью методика расчета описывается в [139].

Список литературы

1. И. Нечаев. Сверхэкономичный стабилизатор напряжения 9 В; 50 мА / Радио. 1984. № 12. С. 53.
2. В. Бегунов. Экономичный стабилизатор / Радио. 1980. № 8. С. 46.
3. С. Федосин. Стабилизатор напряжения / Радио. 1986. № 2. С. 57.
4. В. Яковлев. СН с полевым транзистором / Радио. 1974. № 6. С. 49.
5. В. Борисов. Простой БП 0-12 В / Радио. 1976. № 6. С. 49.
6. В. Козлов. Стабилизатор напряжения с защитой от КЗ и перегрузок по току / Радио. 1998. № 5. С. 52.
7. О. Сидорович. Стабилизированный, на шесть значений выходного напряжения / Радио. 1997. № 7. С. 43, 44.
8. В. Будяков. Стабилизатор напряжения на ОУ +27 В; 0,2 А / Радио. 1976. № 6. С. 44.
9. С. Каныгин, Е. Янушенко. Микросхема КР142ЕН19 / Радио. 1994. № 4. С. 45, 46.
10. А. Черномырдин. Простой импульсный стабилизатор напряжения / Радио. 2003. № 7. С. 26.
11. В. Попович. СН с защитой от КЗ / Радио. 1977. № 9. С. 56.
12. А. Межлумян. Стабилизатор напряжения к автомобильному аккумулятору / Радио. 1985. № 1. С. 55.
13. И. Александров. Стабилизатор напряжения / Радио. 1988. № 2. С. 61.
14. Ю. Ахтямов. СН с защитой от КЗ / Радио. 1974. № 4. С. 46.
15. М. Литвин, В. Чиркин. БП для мини-АТС +60 В; 0,1 А / Радио. 1988. № 6. С. 41.
16. В. Янцев. Комбинированный блок питания / Радио. 1991. № 9. С. 32.
17. Ю. Гусев. Транзисторный фильтр в телевизоре / Радио. 1987. № 9. С. 30.
18. С. Скулаченко. Блок питания для телевизора / Радио. 1976. № 7. С. 47.
19. В. Борисов. Частотомер с цифровой индикацией / Радио. 1985. № 11. С. 51.
20. С. Андрушкевич. Источник питания для электрофицированных игрушек / Радио. 1988. № 7. С. 41.
21. Е. Фурманский. Сетевая «Крона» / Радио. 1974. № 11. С. 31.
22. О. Шмелев. Источник питания предварительного усилителя НЧ / Радио. 1979. № 1. С. 63.
23. А. Жаронкин. Блок питания для УМЗЧ / Радио. 1988. № 5. С. 61.
24. В. Алексеев. СН с логическими элементами / Радио. 1983. № 12. С. 37.
25. А. Талалов. Полевой транзистор в стабилизаторе / Радио. 1983. № 1. С. 59.
26. А. Талалов. Регулируемый двуполярный источник питания 12 В, 6 В; 1 А / Радио. 1979. № 10. С. 41.
27. Блок питания на ТВК-110ЛМ, 0...25 В; 1 А / Радио. 1991. № 12. С. 74.
28. А. Щербина, С. Благий, В. Иванов. Применение микросхем серии КР142 / Радио. 1991. № 3. С. 47, Радио. 1991. № 5. С. 69, Радио. 1989. № 12. С. 66.
29. О. Голубев. Источник резервного питания для АОН / Радио. 1995. № 6. С. 38.
30. Источник питания с плавным изменением полярности / Радиоконструктор. 2000. № 1. С. 25.
31. И. Семенов. Блок питания «Ступенька» / Радиолюбитель. 2001. № 4.
32. С. Филин. Стабилизированный источник питания 1,2 А; 40 В / Радио. 1983. № 1. С. 61.
33. И. Нечаев. Комбинированный лабораторный блок питания 4...15 В; 1,5 А / Радио. 1991. № 6. С. 62.
34. А. Григорьев. Блок питания 1...29 В; 2 А / Радио. 1984. № 3. С. 37.
35. Регулятор напряжения с ограничителем тока / Wireless World. 1980. № 1, Радио. 1981. № 4. С. 59.
36. Н. Чубинский. Транзисторный стабилизатор с защитой от КЗ / Радио. 1974. № 10. С. 46.
37. Ю. Солнцев. Блок питания для усилителя НЧ / Радио. 1984. № 12. С. 44.

38. А. Евсеев. Регулируемый стабилизатор тока / Радио. 1987. № 8. С. 56.
39. Гвоздицкий. Источник питания повышенной мощности / Радио. 1992. № 4. С. 43.
40. С. Бирюков. Блок питания «Радио-86РК» / Радио. 1990. № 7. С. 58.
41. Шелестов. И. П. Радиолюбителям — полезные схемы. Часть 3. — М. Солон-Р. 1999.
42. Петр Горецки. Стабилизатор напряжения. Elektronika dla Wszystkich. 2001. № 9. С. 49, 52.
43. Стабилизатор 13 В 10 А. Валерий Резвяков. UA3NBW. Кострома.
44. В. Сажин. Источник питания 12 В, 20 А / Радиолюбитель. 1997. № 7.
45. И. Нечаев. Стабилизатор напряжения на мощном полевом транзисторе / Радио. 2003. № 8. С. 53.
46. R. Ravetti. Radiotecnica. 1990. № 2, Радиолюбитель. № 9. 1993. С. 36.
47. И. Коротков. Стабилизатор тока на 150 А / Радио. 2002. № 10. С. 33.
48. А. Онышко, В. Кичатов. Обратимый преобразователь напряжения. Russian Hamradio (www.qzх.narod.ru).
49. В. Зайцев. Низковольтный преобразователь напряжения / Радио. 2000. № 8. С. 43.
50. Стабилизированный сетевой преобразователь напряжения / Радио. 1989. № 7. С. 93.
51. А. Тагнирядно. Преобразователь напряжения для авометра Ц20 / Радио. 1984. № 5. С. 54.
52. Дж. Вилкинсон. Преобразователь напряжения 9 В — 400 В / Electronics and Beyond. April 1997. p. 26.
53. Н. Вотинцев. Преобразователь напряжения с ШИ стабилизацией / Радио. 1985. № 10. С. 27.
54. Мощный преобразователь напряжения / Радио. 1998. № 10. С. 79.
55. Funkshau. 1973. № 4, Бестрансформаторный преобразователь напряжения / Радио. 1974. № 4. С. 63.
56. Hawker P. Technical Topics. / Radio Communication, 1997, February, p. 78.
57. М. Пожидаев. Преобразователь напряжения на ИМС / Моделист- конструктор. 1987. № 5.
58. Шелестов И. П. Радиолюбителям — полезные схемы. Часть 2. — М. Солон-Р. 1999.
59. Е. Коновалов. Квазирезонансный преобразователь / Радио. 1996. № 2. С. 53.
60. В. Днищенко. Преобразователь напряжения для радиоуправляемой модели / Радио. 2003. № 2. С. 29.
61. Е. Яковлев. Тринисторный преобразователь / Радио. 1978. № 5. С. 56.
62. Е. Ходаковский. Преобразователь полярности напряжения / Радио. 1984. № 7. С. 49.
63. И. Александров. Инвертор полярности напряжения / Радио. 1993. № 11. С. 39.
64. А. Калюжный, В. Лахно. Регулируемый преобразователь напряжения / Радио. 1978. № 8. С. 59.
65. В. Карлашук, С. Карлашук. Преобразователь напряжения для электробритвы / Радио. 1989. № 11. С. 69.
66. Преобразователь напряжения 12 В— 220 В / Радио Телевизия Электроника. 1998. № 6. С. 12.
67. Преобразователь 12 В в 220 В для походов / Радиоконструктор. 1999. № 5. С. 27.
68. И. Нечаев. Преобразователь напряжения для автомобиля / Радио. 1992. № 4. С. 45.
69. Несложный преобразователь 12 В — 220 В / Электрик. 2000. № 9.
70. О. Локсеев. Преобразователь 12 В — 220 В на полевых транзисторах / Радиолюбитель. 2000. № 7. С. 14, 15.
71. А. Захаров. Двухтактные импульсные преобразователи / Радиолюбитель. 2001. № 4. С. 22.
72. В. Скурихин. Источник питания для часов на БИС (резервируемый) / Радио. 1988. № 11. С. 37.
73. И. П. Шелестов. Импульсный преобразователь 12 В — 220 В 50 Hz, 100 W.
74. И. Нечаев. Мощный малогабаритный преобразователь напряжения / Радио. 2003. № 2.

75. А. Колганов. Мощный импульсный блок питания 50 В, 10 А / Радио. 2000. № 2.
76. Д. Безик. Резервный источник питания / Радио. 2000. № 2. С. 38.
77. В. Пышкин. Трехфазный инвертор / Радио. 2000. № 2. С. 35.
78. В. Соломыков. Преобразователь однофазного напряжения в трехфазное / Радио. 1987. № 12. С. 22. Радиолобитель. 2000. № 1. С. 17.
79. Солонин В. Ю. Преобразователь напряжения. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 1368950 / Бюллетень «Открытия, изобретения, ...». 1988. № 3.
80. А. Цыгуштанов. Миниатюрный импульсный сетевой блок питания / Радио. 1986. № 4. С. 48.
81. А. Миронов. Сетевой источник питания с высокими удельными параметрами / Радио. 2002. № 12. С. 23.
82. В. Цибульский. Экономичный блок питания / Радио. 1981. № 10. С. 56.
83. Н. Якименко. Блок питания УНЧ / Радио. 1987. № 7. С. 60.
84. Ю. Кондратьев. Стабилизатор напряжения с высоким КПД / Радио. 1982. № 4. С. 25.
85. В. Селезнев. Стабилизатор напряжения на компараторе / Радио. 1986. № 3. С. 46.
86. В. Смирнов. Импульсный стабилизатор напряжения / Радио. 1986. № 11. С. 52.
87. А. Миронов. Импульсный стабилизатор напряжения 5 В; 2 А / Радио. 1987. № 4. С. 35.
88. О. Ховайко. Пятивольтовый ШИ стабилизатор 5 В (15 В), 3 А / Радио. 1995. № 3. С. 43.
89. И. П. Шелестов. Импульсный сетевой блок питания. — Радиолобителям — полезные схемы. Часть 2. — М. Солон-Р. 1999.
90. М. Дыцков. Простой импульсный источник питания / Радио. № 5. 2003. С. 30.
91. А. Москвин. Компромиссный импульсный стабилизатор / Радио. 2003. № 7. С. 27.
92. С. Горшенин. Импульсный источник питания с полумостовым преобразователем. — Russian Hamradio Site. www.qrx.narod.ru
93. А. Петров. Импульсный источник питания УМЗЧ / Радиолобитель. № 3. 1993. С. 24.
94. В. Жучков, О. Зубов, И. Радутный. Импульсный блок питания УМЗЧ / Радио. 1987. № 1. С. 36.
95. Д. Барабошкин. Экономичный импульсный блок питания / Радио. 1985. № 6. С. 51, 52, Радио. 1990. № 2. С. 55.
96. А. Миронов. Простой ключевой стабилизатор напряжения 5 В; 4 А / Радио. 1985. № 8. С. 43.
97. А. Миронов. Релейный стабилизатор напряжения / В помощь радиолобителю. № 97. ДОСААФ СССР. 1987. С. 69.
98. И. П. Шелестов. Простейший импульсный блок питания на 15 Вт. — Радиолобителям — полезные схемы. Часть 2. — М. Солон-Р. 1999.
99. О. Николайчук. Простой импульсный блок питания на ИМС / Схемотехника. 2001. № 7. С. 8.
100. О. Ховайко. Источники питания с конденсаторным делителем напряжения / Радио. 1997. № 11. С. 56.
102. Л. Машкинов. Выпрямитель с малым уровнем пульсаций / Радио. 2003. № 12. С. 40. 103. И. Нечаев. Защита БП от КЗ полевым транзистором КП903А / Радио. 1989. № 7. С. 78.
104. Регулятор напряжения с ограничителем тока / Wireless World. England. 1980. № 1529.
105. Индикатор потребляемой мощности / Радио. 1986. № 2. С. 49.
106. К. Мовсум-Заде. Электронный предохранитель / Радио. 2003. № 9. С. 39.
107. Н. Есаулов. Регулируемый электронный предохранитель / Радио. 1988. № 5. С. 31. Радио. 1990. № 5. С. 73.
108. А. Миронов. Импульсный стабилизатор напряжения с повышенным КПД / Радио. 2000. № 11. С. 44.
109. А. Евсеев. Автоматический ограничитель переменного тока / Радио. 1980. № 12. С. 54.

110. С. В. Прус. Двуполярное напряжение из обыкновенного / Радиоаматор. 1999. № 6.
111. А. С. Уваров. Двуполярный блок питания с обычной обмоткой трансформатора / Радио-конструктор. 2000. № 10. С. 23.
112. Стабилизатор напряжения переменного тока 220 В / Радио. 1986. № 6. С. 57.
113. А. Каган. Релейный стабилизатор напряжения / Радио. 1991. № 8. С. 34.
114. Д. А. Шандаренко. Транзисторный регулятор сетевого напряжения / Радиоаматор-электрик. 2000. № 10. С. 11.
115. Industry Standard Analog IC Databook, SGS-Thomson Microelectronics, 1989, p. 346.
116. Тиристорный преобразователь 12 В – 60 В 0,3 А. – Радио. 1978. № 5. С. 56.
117. Linear Applications Handbook, National Semiconductor, 1986, p. 456.
118. Siemens Components 1/ 83 / Funkshau, 1983. 6. p. 248.
119. С. Сафонов. 4Х11М. / Радио-Дизайн. 2000. № 13. С. 33.
120. Л. Машкинов. Выпрямитель с малым уровнем пульсаций / Радио. 2003. № 12. С. 40.
121. Н. Казаков, А. Петров. Конденсаторный преобразователь напряжения с умножением тока / Радио. 1999. № 1. С. 42.
122. Н. Цесарук. Регулировка $U_{\text{вых}}$ бестрансформаторного блока питания / Радиолюбитель. 1999. № 5. С. 17.
123. С. Алексеев. Симметричный диностор в бестрансформаторном блоке питания / Радио. 1998. № 10.
124. А. Писакин. АЗ16 вместо батарейки / Радиолюбитель. 1994. № 4.
125. Hobby Elektronika. 1997. № 7.
126. В. Вилков. Зажигалка для газа / Радиолюбитель. 1993. № 1.
127. Л. Толованов. Эликсир жизни / Техника и наука. 1974. № 6. С. 20...22.
128. О. Семенов. Импульсный понижающий стабилизатор. / www.qrx.narod.ru.
129. P. Horinek. / Prakticka elektronika A Radio. 2003. № 9.
130. Т. ГизбертС. «Elektor Electronics». 2001. № 6. С. 36...39.
131. Ю. Клюев, С. Абашев. Стабилизатор напряжения / Радио. 1975. № 2. С. 23.
132. Ю. Бурштейн, Ю. Колесников. Автоматический выключатель бытовой радиоаппаратуры / Радио. 1988. № 12. С. 36.
133. В. Бутев. Индикатор отклонений сетевого напряжения / Радио. 1985. № 6. С. 39.
134. И. Нечаев. Автомат защиты от перенапряжения / Радио. 1993. № 7. С. 26.
135. Н. Заглядин. Блок защиты аппаратуры / Радиолюбитель. № 7. 1996.
136. Электронный сетевой предохранитель. / <http://lavr30.narod.ru>
137. Н. Сыч. Электронный предохранитель / Радиолюбитель. 1999. № 6. С. 24.
138. С. Струганов (UA9XCN). Электронный предохранитель. / www.qrx.narod.ru.
139. Упрощенный расчет трансформатора для блока питания / Радио. 1992. № 4. С. 53.
140. В. Семенов. Электростимулятор для рыб / Радиолюбитель. 2001. № 4. С. 20.
141. С. Потупчик, И. П. Шелестов. Электроника для рыбака. — М.: Солон-Р. 2001.
142. Д. Рубцов. Преобразователь (AC/DC/AC) 12 — 220 вольт. / www.chem.net
143. А. Хабаров. Миниатюрный блок питания 5 — 12 В / Радио. 2001. № 9. С. 43.
144. www.shems.h1.ru
145. В. Федоров. Безроссельный преобразователь напряжения / Радиолюбитель. 2001. № 5.
146. D. Fisher. Funkamateur. 1999. № 6.