

Как отремонтировать СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ своими руками

В.Я. Володин



В. Я. Володин

Как отремонтировать сварочные аппараты своими руками



**Наука и Техника
Санкт-Петербург**

2011

Володин В. Я.

Как отремонтировать сварочные аппараты своими руками. — СПб.: Наука и техника, 2011. — 304 с.: ил.

ISBN 978-5-94387-831-2

Серия «Домашний мастер»

Перед вами новая книга одного из ведущих разработчиков инверторных сварочных источников нашей страны Валентина Володина. Книгу отличает знание автором вопроса, четкая систематизация информации, хороший язык изложения, качественные и верные схемы и иллюстрации. Это первая в СНГ массовая книга по ремонту инверторных сварочных источников.

В книге приводятся принципиальные электрические схемы, подробные описания работы, а также методики ремонта и испытания инверторных сварочных источников, получивших наибольшее распространение.

Кроме этого, в книге проводится методики проверки электронных компонентов, нагрузочная характеристика балластного реостата, а также описание самодельных дифференциальных осциллографических пробников.

Книга предназначена для ремонтников и разработчиков сварочного оборудования, но может быть полезной для широкого круга домашних мастеров и радиолюбителей, интересующихся вопросами электросварки.



9 785943 878312

ISBN 978-5-94387-831-2

Автор и издательство не несут ответственности за возможный ущерб, причиненный в результате использования материалов данной книги.

Контактные телефоны издательства
(812) 412-70-25, 412-70-26
(044) 516-38-66

Официальный сайт: www.nit.com.ru

© Володин В. Я.

© Наука и Техника (оригинал-макет), 2011

ООО «Наука и Техника».

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

Подписано в печать. Формат 60х88 1/16.

бумага газетная. Печать офсетная. Объем 19 п. л.

Тираж 2500 экз. Заказ № 776.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ПП Ю «Псковская областная типография»
184004, г. Псков, ул. Ротная, 34

Содержание

От редактора	9
Глава 1. Устройство, работа и методика ремонта инверторных сварочных источников	12
1.1. Уменьшение габаритов сварочного источника	12
Влияние рабочей частоты на габариты трансформатора	12
Однотактный прямоходовый преобразователь	14
Косой мост	17
Двухтактный мостовой преобразователь	19
Двухтактный полумостовой преобразователь	22
1.2. Общая методика осмотра и ремонта инверторных сварочных источников	25
Перед ремонтом инверторного сварочного источника	25
Очистка сварочного источника	25
Осмотр сварочного источника	26
Проверка электронных компонентов	28
Испытание сварочного источника	33
Испытание тепловой защиты	34
Глава 2. Сварочные источники семейства BRIMA	35
2.1. Особенности устройства источников	35
Состав семейства сварочных источников BRIMA	35
Выбор источника для рассмотрения	36
Технические характеристики BRIMA ARC-160	36
2.2. Состав сварочного источника и назначение плат	37
2.3. Выпрямитель №1	38
Принципиальная электрическая схема платы	38
Блок питания 24 В	41
2.4. Преобразователь	44
2.5. Выпрямитель №2	46
Принципиальная электрическая схема	46
Цели управления на плате преобразователя	48
2.6. Плата управления	50
Назначение	50
Принципиальная электрическая схема	51
2.7. Плата драйверов	56
2.8. Методика проверки сварочного источника BRIMA	58
Необходимые приборы и оборудование	58
Электрические измерения при выключенном аппарате	59
Включение и проверка цепей управления и драйвера	60

2.9. Испытания сварочного источника	62
Электрические измерения при работе источника	
на холостом ходу	62
Испытание источника при работе на нагрузку	64
Проверка напряжения на диодах VD21—VD23	68
Проверка тепловой защиты	70
Рабочее испытание	70
Глава 3. Сварочные источники семейства COLT	71
3.1. Назначение	71
3.2. Сварочный источник COLT 1300	72
Силовая часть сварочного источника COLT 1300	72
Данные монтажных узлов	79
3.3. Блок управления	81
3.4. Ремонт и проверка сварочного источника COLT 1300	85
Необходимые приборы и оборудование	85
Визуальный осмотр	86
Проверка электронных компонентов	86
Проверка схемы управления	86
Испытание на холостом ходу	88
Испытание при номинальной нагрузке	89
Проверка тепловой защиты	90
Рабочее испытание	90
Глава 4. Сварочные источники семейства RANGER	91
4.1. Первое знакомство	91
Состав семейства RANGER	91
Технические параметры и разновидности источники	
Ranger WELDER inverter-160DC	92
4.2. Силовые цепи	92
4.3. Плата управления	96
Назначение платы управления	96
Принципиальная электрическая схема платы управления	96
4.4. Ремонт и проверка сварочного источника	106
Необходимые приборы и оборудование	106
Методика осмотра инверторного сварочного источника	106
Проверка платы управления	106
Полная проверка сварочного источника	111
4.5. Испытания сварочного источника	113
Подготовка к испытанию	113
Испытание на холостом ходу	113
Испытание при номинальной нагрузке	114
Проверка тепловой защиты	115
Рабочее испытание	115

Глава 5. Сварочные источники семейства TECNICA	116
5.1. Состав семейства TECNICA.....	116
5.2. Сварочный источник TELWIN TECNICA-164/144	117
5.2.1. Технические параметры источника TELWIN TECNICA-164/144 ..	117
5.2.2. Силовые цепи источника TELWIN TECNICA-164/144	118
Принципиальная схема.....	118
Работа силовых цепей источника TELWIN TECNICA-164 (144)...	118
5.2.3. Устройство управления сварочного источника TELWIN TECNICA-164 (144)	122
Назначение	122
Цепи управления сварочного источника	122
5.2.4. Проверки сварочного источника TELWIN TECNICA-164 (144)	130
Необходимые приборы и оборудование	130
Электрические измерения при выключенном аппарате.....	130
5.2.5. Испытание на холостом ходу источника TELWIN TECNICA-164 (144).....	131
Меры безопасности	131
Порядок подготовки к измерениям	132
Включение и проверка драйвера.....	132
5.2.6. Ремонт источника TELWIN TECNICA-164 (144) с заменой элементов	137
Ремонт, замена печатной платы.....	137
Замена транзисторов IGBT	137
Замена диодов VD32—VD34	138
5.2.7. Испытание источника TELWIN TECNICA-164 (144) при работе на нагрузку	139
Необходимые приборы и материалы	139
Меры безопасности	140
Подготовка к испытанию	140
Последовательность испытаний сварочного источника TELWIN TECNICA-164/144	141
Проверка напряжения на диодах VD32—VD34	144
5.2.8. Проверка тепловой защиты	145
5.2.9. Рабочее испытание источника TELWIN TECNICA-164 (144).....	146
5.3. Сварочный источник TELWIN TECNICA-161/141	146
5.3.1. Технические характеристики источника TELWIN TECNICA-161 ..	146
5.3.2. Силовые цепи источника TELWIN TECNICA-161/141	147
Принципиальная схема цепей питания сварочного источника TELWIN TECNICA-161/141.....	147
Работа схемы сварочного источника TELWIN TECNICA-161/141 ..	147
5.3.3. Цепи управления источника TELWIN TECNICA-161/141.....	151
Принципиальная электрическая схема платы управления	151
Работа схемы платы управления.....	151

5.3.4. Преобразователь и выпрямитель источника	
TELWIN TECNICA-161/141	156
Принципиальная электрическая схема преобразователя и выпрямителя	156
Работа схемы преобразователя и выпрямителя	156
5.3.5. Проверки сварочного источника TELWIN TECNICA-161/141	158
Необходимые приборы и материалы	158
Электрические измерения при выключенном аппарате	159
5.3.6. Испытание источника TELWIN TECNICA-161/141	
на холостом ходу	159
Меры безопасности	159
Порядок подготовки к измерениям	160
Включение и проверка служебного источника питания	160
5.3.7. Ремонт, замена печатной платы источника	
TELWIN TECNICA-161/141	164
5.3.8. Замена транзисторов IGBT в источнике	
TELWIN TECNICA-161/141	165
5.3.9. Замена диодов VD21—VD23 в источнике	
TELWIN TECNICA-161/141	166
5.3.10. Извлечение платы управления источника	
TELWIN TECNICA-161/141	167
5.3.11. Испытание источника TELWIN TECNICA-161/141	
при работе на нагрузку	167
Эквиваленты нагрузки	167
Меры безопасности	168
Подготовка к испытанию	168
Испытание сварочного источника TELWIN TECNICA-161/141 при	
средней нагрузке	169
Испытание сварочного источника TELWIN TECNICA-161/141 при	
номинальной нагрузке	170
Проверка напряжения на диодах VD21—VD23	171
5.3.12. Проверка тепловой защиты	172
5.3.13. Рабочее испытание источника TELWIN TECNICA-161/141	172
Глава 6. Сварочные источники семейства TOPUS	173
6.1. Состав семейства TOPUS	173
6.2. Технические параметры источника TOPUS-200	174
6.3. Силовые цепи источника TOPUS-200	176
Принципиальная электрическая схема силовых цепей	
сварочного источника TOPUS-200	176
6.4. Работа мостового преобразователя источника TOPUS	180
Принципиальная схема преобразователя	180
Работа схемы преобразователя в различные	
интервалы времени	180

6.5. Устройство управления сварочного источника ТОРУС	187
Назначение устройства управления	187
Плата управления	188
Микросхема драйвера IR2110	190
Регулятор тока	192
Защита сварочного источника от перегрева	197
6.6. Ремонт сварочного источника ТОРУС	199
Необходимые приборы и оборудование	199
Начало ремонта	199
Ремонт платы управления сварочного источника ТОРУС	199
6.7. Испытание сварочного источника ТОРУС на холостом ходу	206
6.8. Испытание сварочного источника ТОРУС при номинальной нагрузке	207
6.9. Проверка тепловой защиты	208
6.10. Рабочее испытание сварочного источника ТОРУС	208
Глава 7. Сварочный источник RytmArc	209
7.1. Особенности ремонта источников, выпуск которых прекращен ..	209
7.2. Общее описание источника RytmArc	211
7.3. Блок управления сварочного источника RytmArc	217
7.4. Формирование нагрузочной характеристики сварочного источника RytmArc	224
7.5. Настройка блока управления сварочного источника RytmArc	227
7.6. Использование альтернативного ШИМ-контроллера	229
Глава 8. Сварочные источники семейства Etalon	236
8.1. Состав семейства и технические характеристики	236
Состав семейства	236
Технические характеристики сварочного источника Etalon ZX7-180R	237
8.2. Силовые цепи	238
8.3. Плата управления	241
8.4. Методика проверки сварочного источника Etalon	245
Необходимые приборы и оборудование	245
Электрические измерения при выключенном аппарате	246
Включение и проверка цепей управления	247
8.5. Практические рекомендации по усовершенствованию сварочного источника	249
Основные причины неисправностей сварочных источников семейства ETALON	249
Простой способ организация зарядки конденсаторов фильтра	250
Замена модуля IGBT на дискретные элементы	251
8.6. Испытания сварочного источника	255

Электрические измерения при работе источника на холостом ходу	255
Испытание источника при работе на нагрузку	257
8.7. Проверка тепловой защиты	258
8.8. Рабочее испытание	259
Глава 9. Справочник по элементной базе	
инверторных сварочных источников	260
9.1. ШИМ-контроллеры	260
Микросхема TDA4718A	260
Микросхема TL494	265
Микросхема UC3525	271
Микросхема UC3845A	276
9.2. Транзисторы	282
Принцип замены элемента	282
MOSFET транзисторы	283
IGBT транзисторы	284
9.3. Мощные диоды	285
Глава 10. Полезные самодельные устройства	
для ремонта инверторов	287
10.1. Самодельные щупы для осциллографа	287
10.2. Использование балластного реостата РБ-315 в качестве эквивалента нагрузки	291
Приложение	294
1. Основные характеристики источников питания сварочной дуги	294
2. Термины и определения, использованные в книге	296
Обзор ресурсов сети Интернет	
по сварочному оборудованию и его ремонту	300

ОТ РЕДАКТОРА

Рад представить читателям новую книгу одного из ведущих разработчиков сварочных источников нашей страны Валентина Володина. Как и предыдущие его книги, эту отличает четкая систематизация информации, хороший язык изложения, качественные и верные иллюстрации. Это первая в СНГ книга по ремонту инверторных сварочных источников.

По сравнению с классическими трансформаторными источниками, инверторные сварочные источники имеют меньшую массу и объем, а также обладают превосходными нагрузочными характеристиками. Постоянное удешевление силовой элементной базы привело к тому, что в настоящее время инверторные источники стали дешевле и практически начали вытеснять с рынка сварочных источников источники, построенные по классической схеме с использованием сварочного трансформатора, работающего на частоте питающей сети.

Сейчас во всех сварочных салонах, строительных магазинах и магазинах инструментов мы можем видеть широкий перечень инверторных источников на все вкусы.

Но с увеличением доли инверторного сварочного оборудования обострилась проблема его ремонта. Ситуация усугубляется тем, что зачастую производители не комплектуют свои изделия подробными принципиальными схемами и методиками ремонта.

В этой книге приводятся подробные описания, принципиальные электрические схемы и инструкции по ремонту и проверке инверторных сварочных источников:

- ♦ BlueWeld PRESTIGE-161/141
- ♦ BlueWeld PRESTIGE-164/144
- ♦ BRIMA ARC-160/180/200
- ♦ COLT
- ♦ COLT 1300

- ♦ Etalon ZX7-180R
- ♦ FoxWeld Macrep-162
- ♦ Gero Welder ZX7-160/180/200/250S
- ♦ GIANT Welder MMA-160/180/200
- ♦ Hammer TIG-180R
- ♦ Intertool MMA 200
- ♦ Kaiserism TIG-160R
- ♦ Kaiser TOP-100ES
- ♦ Kende Inverter ZX7-200R
- ♦ MaxPower WT-130/180S
- ♦ Mishel sz st200
- ♦ NSAX-180
- ♦ Nutool NTW160/200INV
- ♦ Profhelper Solution 180A
- ♦ PUMA 150
- ♦ Ranger WELDER inverter-160/200/250DC
- ♦ Rytmarc
- ♦ SELMA БД-162
- ♦ SOLDADORA ARC140/160/200
- ♦ SONSCN ARC100P/160P/180P/200P
- ♦ SONGSHI
- ♦ Sturm AW97I22
- ♦ TCC CAI-200
- ♦ Telwin TECNICA-161/141
- ♦ Telwin TECNICA-164/144
- ♦ VITA MMA-200/250
- ♦ XINGYI ZX7-200M
- ♦ ДУГА-165/200/250
- ♦ Кувалда.ру MMA-160/180/200M
- ♦ ПЕСАНТА CAI-160
- ♦ Русич Red Welder i2100
- ♦ РУСЬ-2005
- ♦ СВАРОГ ARC-120/130/140/160/200
- ♦ Спецмаш АИС-22160/22200

- ♦ Темп ИСА-180/200
- ♦ ТОРУС-165/200/250
- ♦ УРАЛЭЛЕКТРО ЭИСА-140/200

**Внимание.**

Если вашего источника нет в этом списке, не расстраивайтесь! Очень вероятно, что он лишь очередной стереотипный клон одного из рассмотренных в книге источников.

Учитывая тот факт, что очень часто аналогичные сварочные источники выпускаются под различными торговыми марками, было введено их разделение на условные семейства.

Кроме этого, в книге проводится методики проверки электронных компонентов, нагрузочная характеристика балластного реостата, а также описание самодельных дифференциальных осциллографических пробников.

Книга предназначена для ремонтников и разработчиков сварочного оборудования, но может быть полезной для широкого круга домашних мастеров и радиолюбителей, интересующихся вопросами электросварки.

*С уважением, Сергей Корякин-Черняк,
главный редактор*

УСТРОЙСТВО, РАБОТА И МЕТОДИКА РЕМОНТА ИНВЕРТОРНЫХ СВАРОЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Эта вводная глава ознакомит читателя с достоинствами и работой инверторных сварочных источников. Читатели познакомятся с основами схемотехники инверторов.

Существует большое конструктивное разнообразие среди инверторных сварочных источников. Но при ремонте к ним можно применить определенный подход, который 80% случаев обеспечит обнаружение и устранение неисправности даже при отсутствии какой-то технической документации.

1.1. Уменьшение габаритов сварочного источника

Влияние рабочей частоты на габариты трансформатора

Рассмотрим влияние рабочей частоты на габариты трансформатора. Трансформатор является необходимым элементом любого сварочного источника. Трансформатор понижает напряжение сети до уровня напряжения дуги, а также осуществляет гальваническую развязку сети и сварочной цепи. Известно, что размеры трансформатора определяются его рабочей частотой, а также качеством магнитного материала сердечника.

**Примечание.**

При понижении частоты габариты трансформатора возрастают, а при повышении — уменьшаются.

Трансформаторы классических источников работают на относительно низкой частоте сети. Поэтому вес и габариты этих источников в основном определялись массой и объемом сварочного трансформатора.

В последнее время были разработаны различные высококачественные магнитные материалы, позволяющие несколько улучшить массогабаритные параметры трансформаторов и сварочных источников. Однако существенное улучшение этих параметров можно добиться только за счет увеличения рабочей частоты трансформаторов. Так как частота сетевого напряжения является стандартом и не может быть изменена, то повысить рабочую частоту трансформатора можно, используя специальный электронный преобразователь.

Упрощенная блок-схема инверторного сварочного источника (ИСИ) изображена на рис. 1.1. Рассмотрим схему. Сетевое напряжение выпрямляется и сглаживается, а затем подается на электронный преобразователь. Он преобразует постоянное напряжение в переменное высокой частоты. Переменное напряжение высокой частоты трансформируется при помощи малогабаритного высокочастотного трансформатора. Затем напряжение выпрямляется и подается в сварочную цепь.

Рассмотрим типы трансформаторов. Работа электронного преобразователя тесно связана с циклами перемагничивания

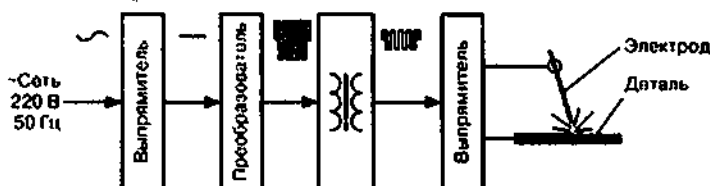


Рис. 1.1. Упрощенная блок-схема инверторного сварочного источника

трансформатора. Так как ферромагнитный материал сердечника трансформатора обладает нелинейностью и насыщается, то индукция в сердечнике трансформатора может расти лишь до какого-то максимального значения B_m .

После достижения этого значения сердечник необходимо размагнитить до нуля или перемагнитить в обратном направлении до значения $-B_m$. Энергия может передаваться через трансформатор:

- ♦ в цикле намагничивания;
- ♦ в цикле перемагничивания;
- ♦ в обоих циклах.



Определение.

Преобразователи, обеспечивающие передачу энергии в одном цикле перемагничивания трансформатора, называются одноктактными.

Соответственно, преобразователи, обеспечивающие передачу энергии в обоих циклах перемагничивания трансформатора, называются двухтактными.

Одноктактный прямоходовый преобразователь

Одноктактные преобразователи получили наибольшее распространение в дешевых и маломощных инверторных сварочных источниках, рассчитанных на работу от однофазной сети. В условиях резко переменной нагрузки, каковой является сварочная дуга, одноктактные преобразователи выгодно отличаются от различных двухтактных преобразователей:

- ♦ они не требуют симметрирования;
- ♦ они не подвержены такой болезни, как сквозные токи.

Следовательно, для управления этим преобразователем требуется более простая схема управления по сравнению с той, которая потребуется для двухтактного преобразователя.

Рассмотрим классификацию одноктных преобразователей. По способу передачи энергии в нагрузку, одноктные преобразователи делятся на прямоходовые и обратноходовые (рис. 1.2). В прямоходовых преобразователях энергия в нагрузку передается в момент замкнутого состояния, а в обратноходовых в момент разомкнутого состояния ключевого транзистора VT. При этом, в обратноходовом преобразователе, энергия запасается в индуктивности трансформатора Т во время замкнутого состояния ключа и ток ключа имеет форму треугольника с нарастающим фронтом и крутым спрезом.



Примечание.

При выборе типа преобразователя ИСИ между прямоходовым и обратноходовым, предпочтение отдается прямоходовому одноктному преобразователю.

Ведь, не смотря на его большую сложность, прямоходовой преобразователь, в отличие от обратноходового, имеет боль-

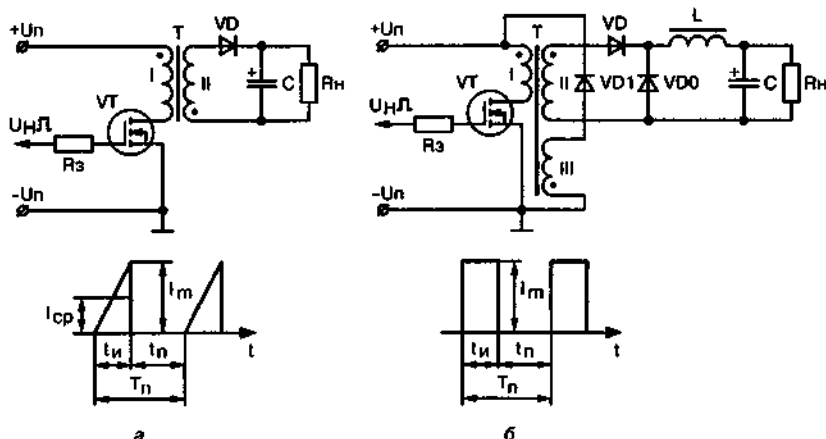


Рис. 1.2. Типы одноктного преобразователя и соответствующие им формы тока ключа:
а — обратноходовой преобразователь;
б — прямоходовой преобразователь

шую удельную мощность. Это объясняется тем, что в обратногоходовом преобразователе через ключевой транзистор протекает ток треугольной формы, а в прямоходовом — прямоугольной. Следовательно, при одном и том же максимальном токе ключа, среднее значение тока у прямоходового преобразователя получается в два раза выше.

Основными достоинствами обратногоходового преобразователя является:

- ♦ отсутствие дросселя в выпрямителе;
- ♦ возможность групповой стабилизации нескольких напряжений.

Эти достоинства обеспечивают преимущество обратногоходовым преобразователям в различных маломощных применениях, каковыми являются источники питания различной бытовой теле- и радиоаппаратуры, а также служебные источники питания цепей управления самих сварочных источников.

Трансформатор однотоноисторного прямоходового преобразователя (ОПП), изображенного на рис. 1.2, б, имеет специальную размагничивающую обмотку III. Эта обмотка служит для размагничивания сердечника трансформатора Т, который намагничивается во время замкнутого состояния транзистора VT.

В это время напряжение на обмотке III прикладывается к диоду VD3 в запирающей полярности. Благодаря этому размагничивающая обмотка не оказывает никакого влияния на процесс намагничивания.

После закрытия транзистора VT:

- ♦ напряжение на обмотке III меняет свою полярность;
- ♦ диод VD3 отпирается;
- ♦ энергия, накопленная в трансформаторе Т, возвращается в первичный источник питания Уп.



Примечание.

Однако на практике, из-за недостаточной связи между обмотками трансформатора, часть энергии намагни-

чивания не возвращается в первичный источник. Эта энергия обычно рассеивается в транзисторе VT и демпфирующих цепочках (на рис. 1.2 не показаны), ухудшая общую эффективность и надежность преобразователя.

Косой мост

Указанный недостаток отсутствует в двухтранзисторном прямоходовом преобразователе (ДПП), который зачастую называют «косой мост» (рис. 1.3, а). В этом преобразователе (благодаря введению дополнительного транзистора и диода) в качестве размагничивающей обмотки используется первичная обмотка трансформатора. Так как эта обмотка сама с собою полностью связана, то проблемы не полного возврата энергии намагничивания совершенно исключаются.

Рассмотрим подробнее процессы, происходящие в момент перемагничивания сердечника трансформатора.



Примечание.

Общей особенностью всех одноктных преобразователей является то, что их трансформаторы работают в условиях с односторонним намагничиванием.

Магнитная индукция B (в трансформаторе с односторонним намагничиванием) может изменяться только в пределах от максимальной B_m до остаточной B_r , описывая частную петлю гистерезиса.

Когда транзисторы VT1, VT2 преобразователя открыты, энергия источника питания U_n через трансформатор Т передается в нагрузку. При этом сердечник трансформатора намагничивается в прямом направлении (участок а-б на рис. 1.3, б).

Когда транзисторы VT1, VT2 заперты, ток в нагрузке поддерживается за счет энергии запасенной в дросселе L. При этом

ток замыкается через диод VD0. В этот момент, под действием ЭДС обмотки I, открываются диоды VD1, VD2. При этом через них протекает ток размагничивания сердечника трансформатора в обратном направлении (участок б-а на рис. 1.3, б).

Изменение индукции ΔB в сердечнике происходит практически от B_m до B_r и значительно меньше значения $\Delta B = 2 \cdot B_m$, возможного для двухтактного преобразователя. Некоторый прирост ΔB можно получить с помощью введения немагнитного зазора в сердечник. Если сердечник имеет немагнитный зазор δ , то остаточная индукция становится меньше, чем B_r . В случае наличия немагнитного зазора в сердечнике, новое значение остаточной индукции можно найти в точке пересечения прямой, проведенной из начала координат под углом θ , к кривой перемагничивания (точка B1 на рис. 1.3, б).

$$\operatorname{tg} \theta = \mu_0 \cdot l_c / \delta.$$

где μ_0 — магнитная проницаемость;

l_c — длина средней силовой магнитной линии магнитного сердечника, м;

δ — длина немагнитного зазора, м.

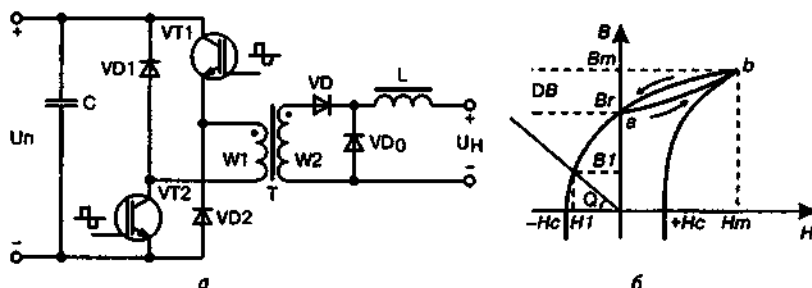


Рис. 1.3. Двухтранзисторный прямоходовый преобразователь (ДТП):

а — принципиальная электрическая схема;

б — процесс перемагничивания сердечника

**Определение.**

Магнитная проницаемость — это отношение индукции B к напряженности H для вакуума (также справедливо и для немагнитного воздушного зазора) и является физической постоянной, численно равной $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Величину $\operatorname{tg}\theta$ можно рассматривать как проводимость немагнитного зазора, приведенную к длине сердечника. Таким образом, введение немагнитного зазора эквивалентно введению отрицательной напряженности магнитного поля:

$$H_1 = -B_1/\operatorname{tg}\theta.$$

Двухтактный мостовой преобразователь

Двухтактные преобразователи содержат большее количество элементов и требуют более сложных алгоритмов управления. Однако эти преобразователи обеспечивают меньшую пульсацию входного тока, а также позволяют получить большую выходную мощность и эффективность, при одинаковой мощности дискретных ключевых компонентов.

На рис. 1.4, а изображена схема двухтактного мостового преобразователя. Если сравнивать этот преобразователь с однотактными, то он ближе всего к двухтранзисторному прямоходовому преобразователю (рис. 1.3). Двухтактный преобразователь легко в него преобразуется, если убрать пару транзисторов и пару диодов, расположенных по диагонали (VT_1 , VT_4 , VD_2 , VD_3 или VT_2 , VT_3 , VD_1 , VD_4).

**Примечание.**

Таким образом, двухтактный мостовой преобразователь является комбинацией двух однотактных преобразователей, работающих поочередно. При этом энергия в нагрузку передается в течение всего периода работы

преобразователя, а индукция в сердечнике трансформатора может меняться от $-B_m$ до $+B_m$.

Как и в ДПП, диоды VD1—VD4 служат для возврата энергии, накопленной в индуктивности рассеяния L_s трансформатора Т, в первичный источник питания U_n . В качестве этих диодов могут быть использованы внутренние диоды MOSFET.

Рассмотрим подробнее процессы, происходящие в момент перемагничивания сердечника трансформатора.



Примечание.

Общей особенностью всех двухтактных преобразователей является то, что их трансформаторы работают в условиях с симметричным перемагничиванием.

Магнитная индукция B , в сердечнике трансформатора с симметричным перемагничиванием, может изменяться в пределах от отрицательно $-B_m$ до положительной $+B_m$ максимальной индукции.

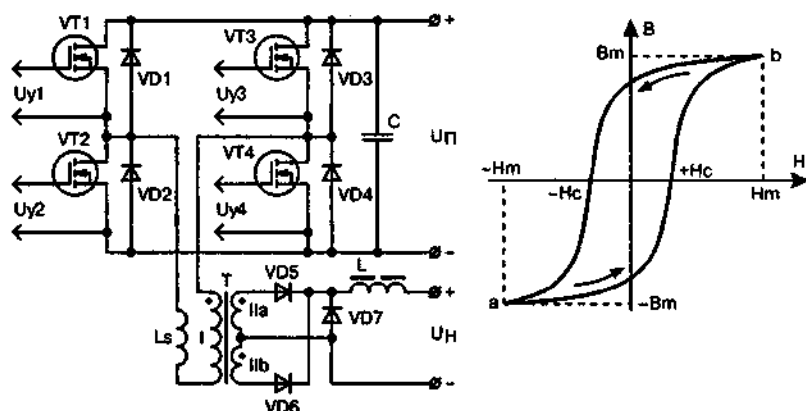


Рис. 1.4. Двухтактный мостовой преобразователь (ДМП):
а — принципиальная схема; б — процесс перемагничивания сердечника

В каждом полупериоде работы ДМП открыты два ключа, расположенные по диагонали. В паузе все транзисторы преобразователя обычно закрыты, хотя существуют режимы управления, когда некоторые транзисторы преобразователя остаются открытыми и в паузе.

Сосредоточимся на режиме управления, при котором в паузе все транзисторы ДМП закрыты.

Когда транзисторы VT1, VT4 преобразователя открыты, энергия источника питания U_p , через трансформатор Т, передается в нагрузку. При этом сердечник трансформатора намагничивается в условном обратном направлении (участок б-а на рис. 1.4, б).

В паузе, когда транзисторы VT1, VT4 закрыты, ток в нагрузке поддерживается за счет энергии запасенной в дросселе L. При этом ток замыкается через диод VD7. В этот момент одна из вторичных обмоток (Па или Pb) трансформатора Т замкнута накоротко через открытый диод VD7 и один из выпрямительных диодов (VD5 или VD6). В результате этого индукция в сердечнике трансформатора практически не меняется.

После завершения паузы открываются транзисторы VT2, VT3 преобразователя, и энергия источника питания U_p , через трансформатор Т, передается в нагрузку.

При этом сердечник трансформатора намагничивается в условном прямом направлении (участок а-б на рис. 1.4, б). В паузе, когда транзисторы VT2, VT3 закрыты, ток в нагрузке поддерживается за счет энергии запасенной в дросселе L. При этом ток замыкается через диод VD7. В этот момент индукция в сердечнике трансформатора практически не меняется и фиксируется на достигнутом положительном уровне.



Примечание.

Из-за фиксации индукции в паузах сердечник трансформатора Т способен перемагничиваться только в моменты открытого состояния диагонально расположенных транзисторов.

Чтобы в этих условиях избежать одностороннего насыщения необходимо обеспечить равное время открытого состояния транзисторов, а также симметричность силовой схемы преобразователя.

Двухтактный полумостовой преобразователь

На рис. 1.5 изображена схема двухтактного полумостового преобразователя. При сравнении можно заметить, что двухтактный полумостовой преобразователь похож на мостовой (ДМП). Отличие заключается в том, что транзисторы одной из стоек мостового преобразователя заменены емкостным делителем напряжения $C1$, $C2$. В результате в полумостовом преобразователе, по сравнению с мостовым, используется в два раза меньше транзисторов.



Примечание.

При необходимости, емкостный делитель напряжения $C1$, $C2$ можно заменить на двухполярный источник питания $U1$, $U2$ или просто на конденсатор C .

Этот преобразователь обладает всеми достоинствами и недостатками мостового преобразователя. Однако не может обеспечить некоторые режимы работы, возможные для мостового преобразователя. Например, фазосдвигающий режим.

Ключевые транзисторы $VT1$ и $VT2$ поочередно открываются при помощи управляющих сигналов U_{y1} и U_{y2} . При этом энергия в нагрузку передается в течении всего периода работы преобразователя, а индукция в сердечнике трансформатора может меняться от $-B_m$ до $+B_m$.

Как и в ДМП, диоды $VD1$ и $VD2$ служат для возврата энергии, накопленной в индуктивности рассеяния L_s трансформатора T , в первичный источник питания U_p . В качестве этих диодов могут быть использованы внутренние диоды MOSFET.

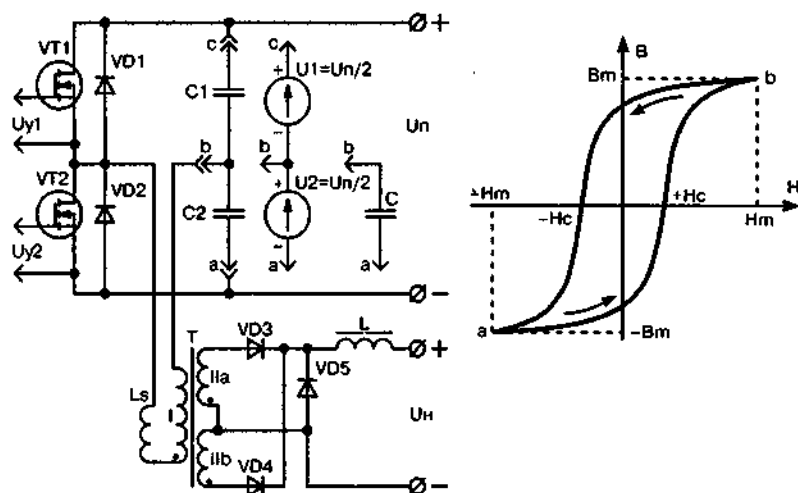


Рис. 1.5. Двухтактный полумостовой преобразователь (ДПМП)

Рассмотрим подробнее процессы, происходящие в момент перемагничивания сердечника трансформатора.

Общей особенностью всех двухтактных преобразователей является то, что их трансформаторы работают в условиях с симметричным перемагничиванием. Магнитная индукция B , в сердечнике трансформатора с симметричным перемагничиванием, может изменяться в пределах от отрицательно $-B_m$ до положительной $+B_m$ максимальной индукции.

В каждом полупериоде работы ДПМП открыт только один ключ. В паузе оба транзистора преобразователя закрыты. Когда транзистор VT1 преобразователя открыт, происходит зарядка конденсатора C2 и разрядка конденсатора C1 через первичную обмотку трансформатора T.

При этом к первичной обмотке трансформатора прикладывается примерно половина напряжения питания U_n . На этом этапе сердечник трансформатора намагничивается в условном обратном направлении (участок b-a на рис. 1.5).

В паузе, когда транзисторы закрыты, ток в нагрузке поддерживается за счет энергии запасенной в дросселе L. При этом ток

замыкается через диод VD5. В этот момент одна из вторичных обмоток (IIa или IIб) трансформатора Т замкнута накоротко через открытый диод VD5 и один из выпрямительных диодов (VD3 или VD4).



Примечание.

В результате этого индукция в сердечнике трансформатора практически не меняется.

После завершения паузы открывается транзистор VT2 преобразователя и происходит зарядка конденсатора C1 и разрядка конденсатора C2 через первичную обмотку трансформатора Т. При этом к первичной обмотке трансформатора прикладывается примерно половина напряжения U_n .

На этом этапе сердечник трансформатора намагничивается в условном прямом направлении (участок а-б на рис. 1.5). В паузе, когда транзисторы закрыты, ток в нагрузке поддерживается за счет энергии запасенной в дросселе L. При этом ток замыкается через диод VD5. В этот момент индукция в сердечнике трансформатора практически не меняется и фиксируется на достигнутом положительном уровне.

Так же как и в ДМП, сердечник трансформатора ДПМП способен перемagnetиваться только в моменты открытого состояния транзисторов. Чтобы в этих условиях избежать одностороннего насыщения необходимо обеспечить равное время открытого состояния транзисторов, а также симметричность силовой схемы преобразователя.



Примечание.

Особенностью ДПМП является то, что, по сравнению с ДМП, транзисторы в нем коммутируют удвоенные токи нагрузки.

1.2. Общая методика осмотра и ремонта инверторных сварочных источников

Перед ремонтом инверторного сварочного источника



Внимание.

Полное обслуживание и ремонт сварочных источников должно производиться только опытным и квалифицированным персоналом.

Зачастую сварочный аппарат в ремонт сдают люди, которые в той или иной мере являются свидетелями его гибели. Не пожалейте времени и разузнайте все обстоятельства, в результате которых сварочный аппарат вышел из строя.

Обычно подобные расспросы не вызывают особых затруднений, т. к. его хозяева сами горят желанием предоставить такую свидетельскую информацию ремонтнику. Не смотря на обычно непрофессиональное толкование причин и процесса повреждения аппарата, полученная информация может помочь в выявлении и локализации истинных причин повреждения сварочного аппарата.

Очистка сварочного источника



Внимание.

Перед тем как снимать защитный кожух сварочного источника, убедитесь, что источник не подключен к электрической сети.

Обычно внутри сварочного источника, бывшего в эксплуатации, присутствует различный мусор и пыль. Поэтому после снятия защитного кожуха нужно произвести чистку сварочного источника. Чистка производится при помощи струи осушенного сжатого воздуха.

**Совет.**

Особенно тщательно очистите узлы силового блока находящиеся под высоким напряжением. Наличие грязи в этих узлах может привести к нарушению изоляции и электрическому пробое между цепями, находящимися под различными потенциалами.

Чистку узлов и плат управления, содержащих более мелкие компоненты, нужно производить с большой осторожностью, при меньшем давлении воздуха. Это предотвратит случайные механические повреждения этих узлов.

С особой осторожностью нужно осуществлять чистку вентиляторов охлаждения. Если вентилятор имеет поврежденные лопасти, то его необходимо заменить.

Осмотр сварочного источника

Далее стоит произвести внешний осмотр узлов, проводов и разъемных соединений источника. Удостоверьтесь, что кабеля, провода, разъемы, платы и электронные компоненты не имеют никаких механических деформаций, повреждений и подгораний. Все разъемные соединений должны быть собранными. После устранения внешних повреждений, вооружившись мультиметром, внимательно осмотрим и «прозвоним» все силовые цепи сварочного источника, двигаясь по цепочки, начиная с сетевой розетки и соединительного кабеля.

**Примечание.**

Перед проверкой, каждый проверяемый компонент необходимо отключить от общей схемы, чтобы избежать ее шунтирующего действия.

Мультиметр необходимо перевести в режим «прозвонки», установив переключатель пределов измерения мультиметра на символ диода и звукового сигнала (рис. 1.6).

Убедимся в том, что розетка и кабель не имеют механических повреждений, замыканий, а также нормально «прозваниваются» до сетевого выключателя. Осматриваем на предмет отсутствия повреждений сетевой выключатель и проверяем его электрическую функциональность. В случае неисправности сетевой выключатель необходимо заменить.

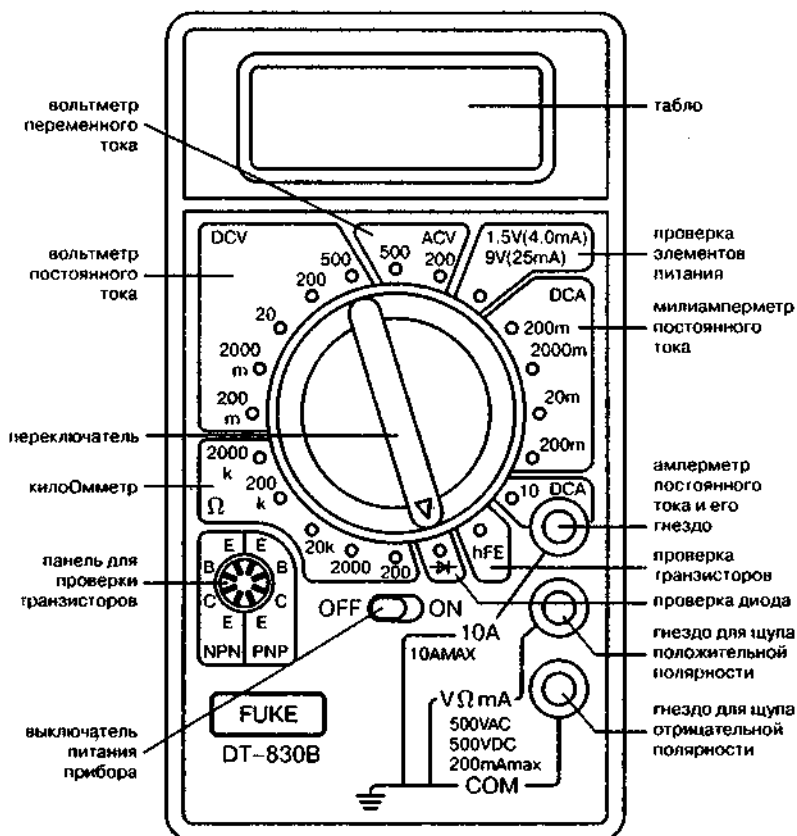


Рис. 1.6. Переключение мультиметра в режим «прозвонки»

Закончив с выключателем, проверяем зарядный резистор и контакты реле, шунтирующее этот резистор. Сопротивление зарядного резистора должно соответствовать его номиналу, указанному на корпусе, а контакты реле должны находиться в разомкнутом состоянии.

**Совет.**

Если контакты реле залипли, то не стоит заниматься их ремонтом. В этом случае реле следует просто заменить.

Проверка электронных компонентов

После зарядной цепочки, переходим к выпрямительному диодному мосту. Проверка диодов обычно особых проблем не вызывает. Все знают, что исправный диод в прямом направлении проводит, а в обратном — не проводит электрический ток. Прямым считается направление, когда к катоду диода приложен минус (–), а к аноду плюс (+) испытательного напряжения.

В режиме «прозвонки» мультиметра минус обычно находится на его клемме «COM», а плюс на клемме «V/Ω/f» (рис. 1.7). В зависимости от типа и мощности диода, в прямом направлении на диоде падает напряжение 0,1—0,3 В для диодов Шоттки и 0,3—0,7 В для кремниевых диодов.

**Примечание.**

Меньшие значения падающего напряжения соответствуют более мощным и низковольтным диодам, а большие значение — более высоковольтным и менее мощным.

В обратном направлении диод ток не пропускает и ведет себя, как оборванная цепь.

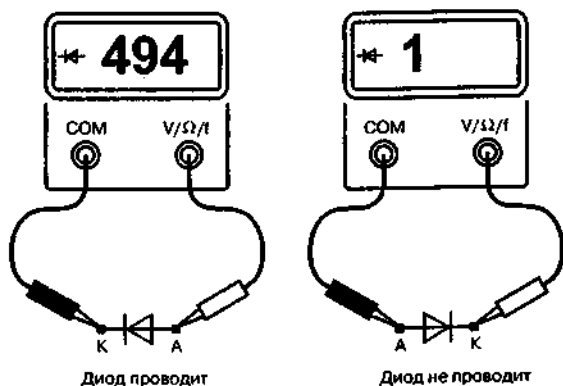


Рис. 1.7. Проверка полупроводниковых диодов

После выпрямительного моста следуют электролитические конденсаторы сглаживающего фильтра. Конденсаторы не должны иметь внешних механических повреждений и соединительных контактов. Корпуса конденсаторов должны иметь нормальную цилиндрическую форму. Вздутие корпуса конденсатора, говорит о его неисправности. Электролитические конденсаторы, имеющие перечисленные дефекты, необходимо заменить на аналогичные.

Конденсатор сглаживающего фильтра инверторного источника имеет значительную емкость, которая обычно находится в пределах 470—2000 мкФ. Даже если ваш прибор и позволяет измерять электрическую емкость, то скорей всего, не такую большую.

**Примечание.**

Однако нам не требуется точного измерения этой емкости. Достаточно убедиться в том, что конденсаторы не оборваны и обладают некоторой емкостью.

Как ни странно, внутренние обрывы сглаживающего конденсатора не являются редкостью. Это происходит достаточно часто при обрыве зарядного резистора. К примеру, на источниках ВДУЧ-160 в качестве зарядного используется проволочный

резистор, который обрывается после пребывания сварочного источника на небольшом морозе. В результате, после нескольких включений без предварительной зарядки, конденсаторы сглаживающего фильтра приходили в негодность.

Перед проверкой конденсатора необходимо убедиться в том, что он полностью разряжен. Для этого, на 10—20 с необходимо закоротить выводы конденсатора с помощью резистора МЛТ-2, или аналогичным, сопротивлением 100 Ом.

Для проверки функциональности конденсатора достаточно с помощью мультиметра перезарядить его в обоих направлениях. Для этого, с помощью мультиметра, находящегося в режиме проверки диодов, необходимо «прозвонить» конденсатор сначала в прямом направлении, а затем в обратном. Если конденсатор исправен, то при этом мы будем наблюдать процесс его перезарядки длительностью в несколько секунд.

Перезарядка проявляется в плавном изменении на нем величины и полярности напряжения, при каждом изменении направления зарядки. Оборванный конденсатор ни как не реагирует на смену полярности подключения к мультиметру.

При внешнем осмотре транзисторов преобразователя, необходимо убедиться в том, что они не имеют дефектов корпуса и выводов. Обычно в преобразователях современных инверторных сварочных источников используются MOSFET или IGBT транзисторы. Транзисторы MOSFET имеют внутренний паразитный диод подложки, подключенный катодом к стоку транзистора, а анодом — к истоку. Соответственно, этот диод прекрасно «прозванивается» между стоком и истоком транзистора. Однако исправность этого диода не гарантирует того, что транзистор также исправен. Например, у транзисторов MOSFET с пробитым затвором паразитные диоды обычно нормально «прозваниваются». Поэтому, чтобы гарантировать исправность транзисторов, их необходимо проверить, предварительно выпаяв из схемы.

В отличие от диодов и конденсаторов, MOSFET и IGBT транзисторы преобразователя требуют более сложного алгоритма

проверки. Рассмотрим, для примера, алгоритм проверки IGBT транзистора, который во много справедлив и для MOSFET. Перед тем, как приступить к проверке транзистора, необходимо воспользоваться справочником, чтобы определить его расположение выводов. Для примера, на рис. 1.8 приведено типичное расположение выводов IGBT, расположенного в корпусе TO-247AC.

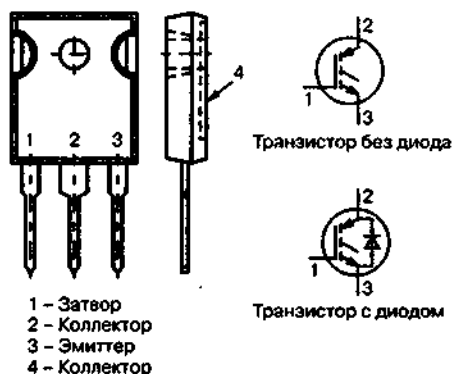


Рис. 1.8. Расположение выводов IGBT в корпусе TO-247AC

Порядок проверки IGBT и MOSFET такой.

- ♦ Шаг 1. Необходимо убедиться в отсутствии коротких замыканий между затвором и эмиттером IGBT (затвором и истоком MOSFET), прозвонив сопротивления между соответствующими выводами в обоих направлениях.
- ♦ Шаг 2. Необходимо убедиться в отсутствии коротких замыканий между коллектором и эмиттером IGBT (истоком и стоком MOSFET), прозвонив сопротивления между соответствующими выводами в обоих направлениях. Перед этим необходимо перемычкой закоротить выводы затвора и эмиттера транзистора. Но лучше будет не закорачивать затвор и эмиттер транзистора, а просто зарядить входную емкость затвор-эмиттер отрицательным напряжением. Для этого кратковременно и одновременно прикасаемся щупом «COM» мультиметра к затвору, а щупом «V/Ω/b» к эмиттеру.



Примечание.

Некоторые IGBT транзисторы, как и MOSFET, имеют встроенный встречно-параллельный диод, подключенный

катодом к коллектору транзистора, а анодом к эмиттеру (рис. 1.8). Если транзистор имеет такой диод, то последний должен соответствующим образом прозвониться между эмиттером и коллектором транзистора.

- ♦ Шаг 3. Теперь убедимся в функциональности транзистора. Для этого необходимо зарядить входную емкость затвор-эмиттер положительным напряжением. Для этого кратковременно и одновременно прикасаемся щупом «V/ Ω /f» мультиметра к затвору, а щупом «COM» к эмиттеру. После этого проверяем состояние перехода коллектор-эмиттер транзистора, подключив щуп «V/ Ω /f» мультиметра к коллектору, а щуп «COM» к эмиттеру. На переходе коллектор-эмиттер должно падать небольшое напряжение величиной 0,5—1,5 В.



Примечание.

Меньшее значение напряжения соответствует низковольтным транзисторам, а большее высоковольтным.

Величина падения напряжения должна быть стабильной, по крайней мере, в течение нескольких секунд, что говорит об отсутствии утечки входной емкости транзистора.

Иногда напряжения мультиметра может не хватить для того чтобы полностью открыть IGBT транзистор (характерно для высоковольтных IGBT). В этом случае входную емкость транзистора можно зарядить от источника постоянного напряжения величиной 9—15 В. Зарядку лучше производить через резистор величиной 1—2 кОм.

Проверенные и исправные транзисторы необходимо установить на место. Предварительно место установки очищается от следов старой теплопроводной пасты при помощи растворителя. Затем наносится слой свежей теплопроводной пасты и транзистор, при помощи штатных средств, прижимается к охладителю.

Испытание сварочного источника

Чтобы убедиться в том, что сварочный источник соответствует техническим условиям, определенным производителем, необходимо произвести его испытание при работе на нагрузку. Обычно при испытаниях, в качестве такой нагрузки, используют сварочный балластный реостат типа РБ-315 или подобный.

Для производства испытаний необходимо собрать соответствующую схему (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Схема испытания сварочного источника

Перед включением сварочного источника все рычажки балластного реостата необходимо перевести в нижнее положение, чтобы обеспечить режим холостого хода. После включения сварочного источника необходимо измерить его выходное напряжение холостого хода на клеммах балластного реостата. Значение этого напряжения должно быть в пределах, гарантируемых производителем.

С помощью задатчика тока установим минимальный сварочный ток. С помощью рычажков балластного реостата установим выходное напряжение сварочного источника, соответствующее значению, найденному по формуле:

$$U_{\text{мин}} = 20 + 0,04 \times I_{\text{мин}}$$

При этом выходной ток источника должен соответствовать заданному. В противном случае произвести его подстройку соответствующими органами подстройки, установленными на плате управления БУ сварочного источника.

Далее с помощью задатчика тока установим максимальный сварочный ток. С помощью рычажков балластного реостата

установим выходное напряжение сварочного источника соответствующее значению, найденному по формуле:

$$U_{\max} = 20 + 0,04 \times I_{\max}$$

При этом выходной ток источника должен соответствовать заданному. В противном случае произвести его подстройку соответствующими органами подстройки, установленными на плате управления БУ сварочного источника.

Ток, потребляемый сварочным источником из сети, при максимальном сварочном токе не должен превышать значения, гарантируемого производителем.

Испытание тепловой защиты

Источники питания для сварки должны выдерживать повторяющиеся циклы нагрузки без повреждения или функциональных отказов [ГОСТ Р МЭК 60974-1-2004]. Соответствие должно проверяться путем последующих испытаний и проверки отсутствия повреждения или функциональных отказов источников питания для сварки в ходе испытаний/проверок.

При запуске из холодного состояния сварочный источник нагружают номинальным сварочным током, пока не произойдет срабатывание тепловой защиты. После автоматического сброса тепловой защиты необходимо убедиться в функциональности сварочного источника. Для этого необходимо установить максимальный сварочный ток и провести 60 коротких замыканий продолжительностью 2 с каждое на внешнее сопротивление величиной 8 - 10 мОм, с паузой между замыканиями 3 с.

СВАРОЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЕМЕЙСТВА BRIMA

Так как инверторные источники BRIMA первыми попали в поле зрения автора книги, то именно они дали название этому семейству, которое относится к наиболее многочисленным. В этой главе рассматриваются источники, используемые для технологий MMA. Однако эта информация будет полезна и при ремонте TIG источников, которые во многом подобны MMA источникам.

2.1. Особенности устройства источников

Состав семейства сварочных источников BRIMA

К многочисленному семейству BRIMA относятся сварочные источники:

- ♦ Brima ARC 160/200
- ♦ FoxWeld Macrep-162
- ♦ Gero Welder ZX7-160/180/200/250S
- ♦ GIANT Welder MMA-160/180/200
- ♦ Mishel sz st200
- ♦ MMA 200 Intertool
- ♦ Nutool NTW160/200INV
- ♦ SELMA БД-162
- ♦ SOLDADORA ARC140/160/200
- ♦ Sturm AW97I22

- ♦ TCC САИ-200
- ♦ XINGYI ZX7-200M
- ♦ ИСКРА ММА-161/200/250
- ♦ СВАРОГ ARC-120/130/140/160/200.

Не смотря на то, что эти источники выпускаются различными производителями под различными торговыми марками, они имеют весьма похожие схемные и компоновочные решения. Похоже, что это семейство самое массовое на рынке инверторных сварочных источников.

Выбор источника для рассмотрения

Различия между этими источниками не существенны, поэтому достаточно рассмотреть какой-то один из них, чтобы получить полное представление о семействе. Остановим свой выбор на сварочном источнике BRIMA ARC-160, который получил наибольшее распространение на рынке.

Этот источник выпускается под торговой маркой компании Brima Welding International [<http://www.brima.ru>]. Существующие версии этого источника ARC-140, ARC-160, ARC-200, соответственно рассчитанные на максимальный сварочный ток 140, 160 и 200 А.

Технические характеристики BRIMA ARC-160

Эти три версии различаются между собой лишь мощностью и количеством силовых элементов. Рассмотрим сварочный источник BRIMA ARC-160, имеющий следующие технические характеристики:

- ♦ напряжение питающей сети, В 220;
- ♦ частота питающей сети, Гц 50/60;
- ♦ потребляемая мощность, кВт 5,3;
- ♦ максимальный входной ток сети, А 24;
- ♦ диапазон сварочного тока, А 30—160;

- ♦ цикл работы (ЦР), % 60;
- ♦ напряжение холостого хода, В 56;
- ♦ потери на холостом ходу, Вт 40;
- ♦ КПД, % 85;
- ♦ коэффициент мощности, $\cos\varphi$ 0,93;
- ♦ класс изоляции F;
- ♦ класс защиты IP23;
- ♦ вес, кг. 8;
- ♦ размеры (ширина×высота×длина), мм 160×290×370.

2.2. Состав сварочного источника и назначение плат

Конструктивно электрическая схема сварочного источника выполнена на трех платах:

- ♦ плата выпрямителя №1;
- ♦ плата преобразователя;
- ♦ плата выпрямителя №2.



Внимание.

Позиционные обозначения, присвоенные в этом описании электронным компонентам, могут отличаться от позиционных обозначений, указанных в оригинальной документации производителей или нанесенных на платах различных версий сварочных источников семейства BRIMA.

На плате выпрямителя №1 находится выпрямитель, преобразующий переменное напряжение сети в постоянное напряжение.

На плате преобразователя расположен мостовой инвертор, преобразующий выпрямленное постоянное напряжение в переменное напряжение частотой 100 кГц. На этой же плате расположен блок управления, блок драйверов и блок питания 24 В.

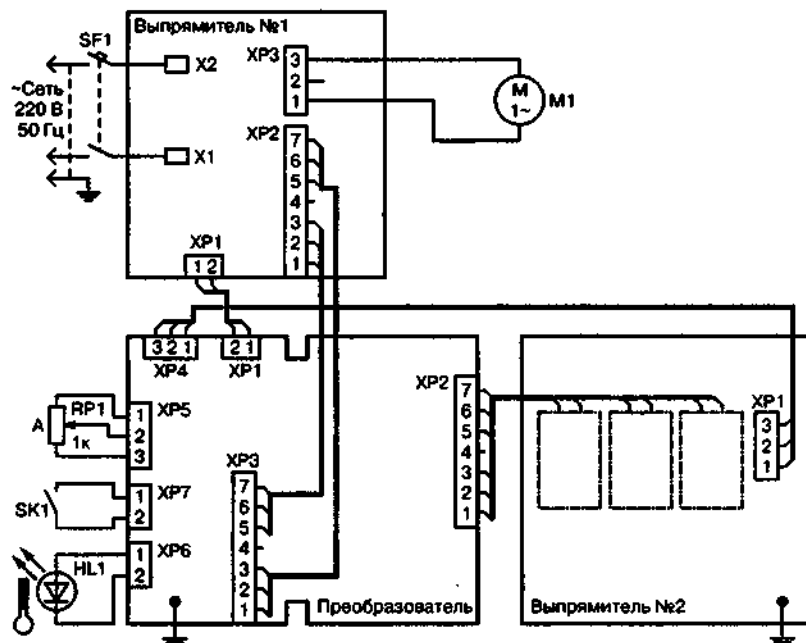


Рис. 2.1. Схема электрических связей между платами сварочного источника

На плате выпрямителя №2 расположены силовые трансформаторы, выпрямители и дроссели фильтра.

Схема электрических связей между платами источника изображена на рис. 2.1.

Переменное напряжение сети через штепсельный разъем, гибкий кабель, выключатель SF1 и соединители X1, X2 поступает на плату выпрямителя №1.

2.3. Выпрямитель №1

Принципиальная электрическая схема платы

Принципиальная электрическая схема платы выпрямителя №1 изображена на рис. 2.2.

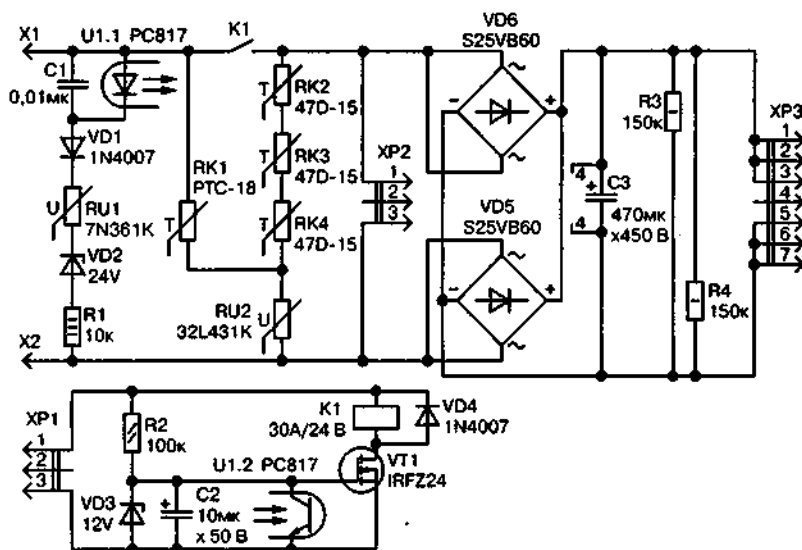


Рис. 2.2. Принципиальная электрическая схема платы выпрямителя №1

С соединителей X1, X2 переменное напряжение сети, через цепочку терморезисторов RK1—RK4 поступает на двухполупериодные выпрямители VD5, VD6. Эти выпрямители преобразуют переменное напряжение в пульсирующее постоянное.

Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения используется конденсатор фильтра C3, состоящий из четырех электролитических конденсаторов, включенных параллельно. Этот конденсатор имеет емкость, достаточную для снижения пульсации выпрямленного напряжения до приемлемого уровня.

Терморезисторы RK2—RK4, имеющие отрицательный температурный коэффициент сопротивления (ТКС), используются для ограничения зарядного тока конденсатора C3 на безопасном уровне.



Примечание.

В противном случае, большой зарядный ток может повредить выключатель SF1, выпрямительные мосты VD5, VD6, а также конденсатор C3.

Сразу после включения сварочного источника контакты реле K1 разомкнуты, и батарея конденсаторов C3 заряжается через цепочку RK1—RK4. После завершения времени зарядки контакт реле K1 замыкается и шунтирует зарядную цепочку.

Время зарядки конденсатора C3 определяется задержкой срабатывания электронного реле времени, собранного на элементах K1, VT1, VD3, C2, R2. Задержка срабатывания этого реле составляет примерно 0,2 с и определяется временем зарядки конденсатора C2.

Резисторы R3 и R4 служат для разрядки конденсатора C3 после отключения сварочного источника от сети.

Плата выпрямителя №1 оборудована защитой от повышенного напряжения сети. Защита выполнена на элементах RU1, VD2, VD1, U1, R1, C1 и способна предотвратить повреждения источника при не правильном подключении или аварийно высоком сетевом напряжении.

Порог срабатывания защиты от повышенного напряжения составляет примерно 290 В переменного напряжения и определяется напряжением пробоя цепочки, состоящей из варистора RU1 и стабилитрона VD2.

Если напряжение сети превышает указанный порог, то эта цепочка пробивается, и через светодиод оптрона U1.1 начинает протекать ток. Транзистор оптрона U1.2 открывается, и сбрасывает электронное реле времени, разряжая конденсатор C2. При этом контакт реле K1 размыкается, выпрямитель переходит в режим зарядки, когда его входной ток ограничивается зарядной цепочкой RK1—RK4. В результате этого выходной ток сварочного источника резко падает.

При дальнейшем росте напряжения сети включается узел защиты конденсатора фильтра, построенный на позисторе RK1 и варисторе RU2. Порог срабатывания этого узла определяется варистором RU2 и составляет примерно 310 В переменного напряжения. При превышении этого порога варистор RU2 пробивается, и через него начинает протекать дополнительный

Транзистор VT1 открывается, и через обмотку I трансформатора T1 начинает протекать линейно нарастающий ток. При этом на обмотке II трансформатора T1 генерируется напряжение с полярностью удерживающей диоды VD1 и VD2 в закрытом состоянии.



Примечание.

Благодаря этому энергия не расходуется в нагрузке, а накапливается в индуктивности обмотки I трансформатора T1. Накопленная энергия пропорциональна току обмотки.

Открытый транзистор VT1 шунтирует свою цепь запуска, но продолжает удерживаться напряжением, генерируемом на обмотке III T1. Это напряжение прикладывается между истоком и затвором транзистора VT1 по цепи:

исток VT1 → R7 → -DC → обмотка III T1 →
→ VD6 → R8 → затвор VT1.

Ток, протекающий через открытый транзистор VT1 и обмотку I трансформатора T1, контролируется при помощи резистора R7 и порогового узла, собранного на элементах VT2, R8, C6. Как только падение напряжение на резисторе R7 превысит 0,6 В, транзистор VT2 откроется и зашунтирует входную транзистора VT1. В результате этого транзистора VT1 закрывается.



Примечание.

После закрытия транзистора VT1 полярность напряжения на обмотках трансформатора T1 изменяется на противоположную.

В результате этого диоды VD1 и VD2 открываются. При этом энергия, накопленная в трансформаторе T1, передается в конденсатор C2 и нагрузку. Конденсатор C2 служит для уменьшения пульсации напряжения на выходе преобразователя.

Как только блок питания включается, а на входе DA1 появляется напряжение, через резистор R1 загорается светодиод HL1, который сигнализирует о готовности сварочного источника к работе.

Некоторые сварочные источники снабжены отличным блоком питания, выполненным на микросхеме TOP222. Схема такого блока питания изображена на рис. 2.4.

Схема этого блока питания соответствует схеме, рекомендуемой в документации по применению, и поэтому в особых пояснениях не нуждается.

2.4. Преобразователь

Принципиальная электрическая схема платы преобразователя изображена на рис. 2.5.

Выпрямленное и сглаженное напряжение с выхода выпрямителя №1 через соединитель XP3 поступает на мостовой двухтактный преобразователь, выполненный на транзисторах VT3—VT14. Он преобразует постоянное напряжение в переменное частотой 100 кГц.



Примечание.

Устройство и работа двухтактного мостового преобразователя рассматривались в главе 1.

Переменное напряжение с выхода преобразователя, через конденсаторы C10, C12, C13 и соединитель XP2, поступает на плату выпрямителя №2.

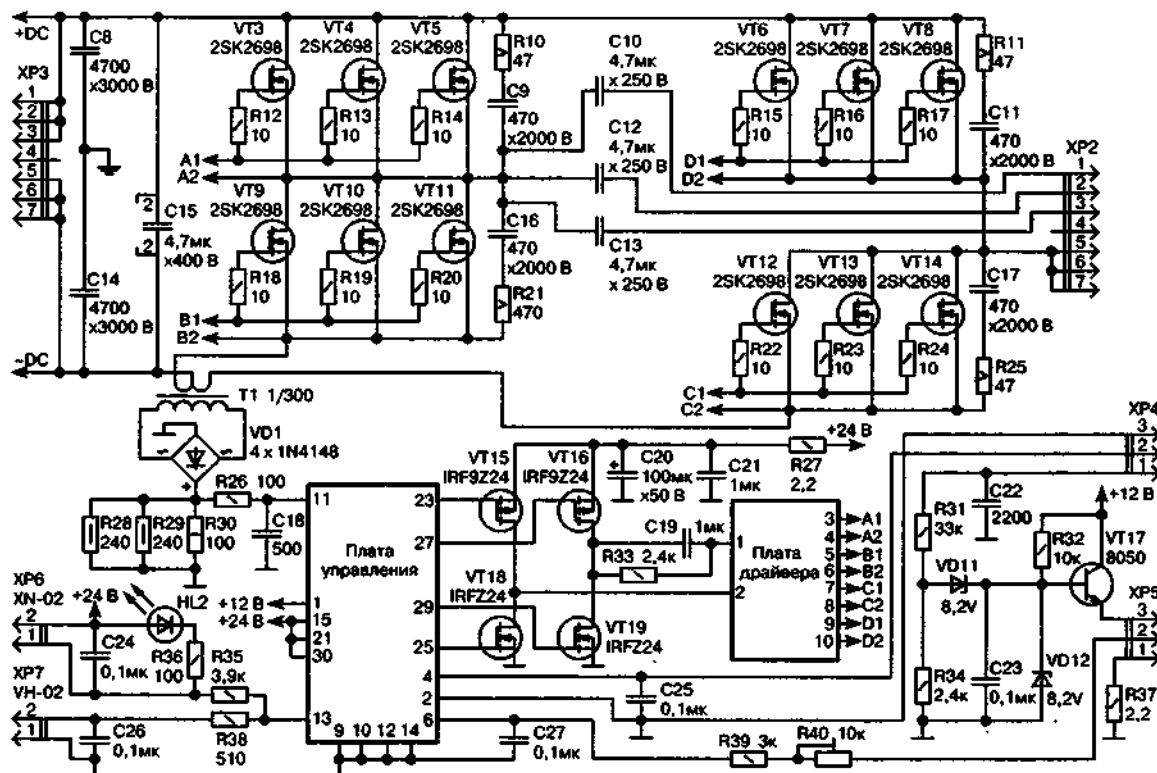


Рис. 2.5. Принципиальная электрическая схема платы преобразователя

2.5. Выпрямитель №2

Принципиальная электрическая схема

Принципиальная электрическая схема платы выпрямителя №2 изображена на рис. 2.6.

На плате выпрямителя расположено несколько аналогичных трансформаторно-выпрямительных модулей (ТВМ), соответствующие выходы и входы которых соединены параллельно. Таким образом, за счет совместного использования нескольких относительно слабых ТВМ, удастся увеличить их общую мощность. Обычно таких модулей три, но в маломощных версиях источников может использоваться два ТВМ.



Примечание.

Так как модули аналогичны, то достаточно рассмотреть устройство и работу одного из них.

Переменное напряжение с платы преобразователя через соединитель XS1 поступает на обмотку I силового высокочастотного трансформатора T1 ТВМ, который:

- ♦ снижает величину переменного напряжения до требуемого уровня;
- ♦ служит для осуществления гальванической развязки сварочной цепи от питающей сети.

Трансформатор T1 имеет две вторичные обмотки (II и III), выполненные с отводом от средней точки. Вторичные обмотки подключаются к двухполупериодным выпрямителям, выполненным на диодах VD1—VD4.

Выходы выпрямителей объединены через дроссели L1 и L2, которые служат для сглаживания пульсации сварочного тока. Демпфирующие цепочки R1C1, R2C2, R3C3, R4C4 включены параллельно диодам выпрямителей и служат для подавления паразитных ВЧ колебаний, возникающих в моменты смены полярности переменного напряжения.

Конденсаторы C5, C6, совместно с индуктивностью дросселей L1, L2, образуют низкочастотный фильтр эффективно подавляющий радиопомехи, проникающие из преобразователя в сварочную цепь.

С помощью шунта R6 формируется сигнал пропорциональный выходному току. При помощи резистора R5 формируется сигнал, пропорциональный выходному напряжению. Эти сигналы, через соединители XP1 и XP4 (рис. 2.5), поступают на плату преобразователя.

Цепи управления на плате преобразователя

Величина сварочного тока устанавливается при помощи потенциометра RP1 (рис. 2.1), расположенного на передней панели сварочного источника. К плате преобразователя потенциометр RP1 подключается при помощи соединителя XP5. При вращении ручки потенциометра, напряжение на его движке меняется в диапазоне от 0 до максимума.

Это напряжение, через цепочку R39, R40 поступает на плату управления. Подстроечный резистор R40 служит для установки максимального сварочного тока.

Величина напряжения на верхнем (по схеме) выводе потенциометра RP1 обратно пропорциональна выходному напряжению сварочного источника и определяется при помощи узла Arc Force (Форсирование дуги). Узел собран на элементах VT17, VD11, VD12, C23, R31, R32, R34, R5 (рис. 2.6). Часть выходного напряжения источника, через делитель R34, R31, R5 (рис. 2.6) приводится к аноду стабилитрона VD11.

При K3 на выходе источника выходное напряжение узла определяется напряжением стабилизации VD12 и составляет примерно 7,5 В.

При увеличении выходного напряжения источника потенциал анода VD11 опускается ниже потенциала общего провода, и выходное напряжение узла уменьшается. В общем случае, при

изменении выходного напряжения источника от 0 до U_{xx} , напряжение на выходе узла Arc Force меняется от 7,5 до 5,3 В, соответственно.

В результате выходная вольтамперная характеристика (ВАХ) источника получает наклон, который позволяет в некоторых пределах регулировать выходной ток сварочного источника изменением длины сварочной дуги.



Примечание.

Т. е. при необходимости сварщик может увеличить (форсировать) сварочный ток, просто сократив длину дуги. Эта особенность позволяет облегчить начальное зажигание, а также устойчивость горения сварочной дуги.

При удлинении дугового промежутка сварочный ток падает, и дуга быстро гаснет. Это позволяет избежать эффекта трудно разрываемой («резиновой») дуги, характерной для сварочных источников с вертикальной («штыковой») внешней ВАХ.

Выходной ток сварочного источника контролируется при помощи шунта R6 (рис. 2.6), сигнал с которого заводится непосредственно на плату управления. Конденсатор C25 шунтирует высокочастотные помехи, которые наводятся на измерительные цепи шунта.

Защита преобразователя осуществляется при помощи трансформатора тока (ТТ), имеющего первичную обмотку с отводом от середины. Причем средний вывод обмотки подключен к шине –DC, а крайние выводы — к истокам транзисторов разных стоек мостового преобразователя.

Благодаря такому включению, при помощи одного трансформатора тока можно контролировать сквозные токи в обеих стойках мостового преобразователя. Вторичная обмотка ТТ через мостовой выпрямитель VD18 подключена к шунту R28—R30. На этом шунте формируется сигнал напряжения, пропорциональный току нагрузки. Этот сигнал, через низкочастотный фильтр

R26, C18 поступает на плату управления. Благодаря контролю сквозных токов, схема управления имеет возможность ограничить размеры аварии, быстро закрыв исправные транзисторы преобразователя.

В плате управления сигнал установки сварочного тока сравнивается с реальным значением сварочного тока. На основе этого сравнения формируется двухтактный ШИМ сигнал управления мостовым преобразователем. ШИМ сигнал усиливается при помощи усилителя мощности, собранного на транзисторах VT15, VT16, VT18, VT19 и, через цепочку C19, R33, поступает на плату драйвера. На плате драйвера формируются гальванически развязанные сигналы A1—A2, B1—B2, C1—C2, D1—D2, предназначенные для управления транзисторами преобразователя.

Температура транзисторов преобразователя контролируется при помощи термостата SK1 (рис. 2.1), который через соединитель XP7 и резистор R38 подключается к плате управления. Конденсатор C26 шунтирует высокочастотные помехи, которые наводятся на соединительных проводах термостата.

Светодиод HL1 (рис. 2.1), расположенный на передней панели сварочного источника, загорается при срабатывании защиты. Этот светодиод подключен к плате преобразователя при помощи соединителя XP6. Светодиод HL2, расположенный на плате преобразователя, дублирует светодиод HL1 (рис. 2.1).

2.6. Плата управления

Назначение

На плате управления расположены основные цепи устройства управления сварочного источника. Устройство осуществляет управление транзисторами преобразователя, формируя внешнюю падающую вольтамперную характеристику. ВАХ необходима для сварочной технологии ММА.

Кроме этого, устройство управления осуществляет защиту основных узлов преобразователя от перегрузки и перегрева. С помощью устройства управления осуществляется плавная установка сварочного тока в диапазоне от минимального до максимального уровня.

Принципиальная электрическая схема

Принципиальная электрическая схема платы управления изображена на рис. 2.7.

Устройство управления сварочного источника BRIMA ARC-160 построено на базе ШИМ контроллера SG3525A). Это микросхема является полным аналогом микросхемы UC3525.

Питание цепей управления осуществляется стабилизированным напряжением +12 В, которое формируется при помощи стабилизатора DA1 (рис. 2.3).

На операционном усилителе DA1 построен узел сумматора, который суммирует два сигнала:

- ♦ сигнал токовой обратной связи, поступающий через соединитель X1.4;
- ♦ сигнал установки сварочного тока, который поступает через соединитель X1.6.

По своей сути сумматор является пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором, который управляет ШИМ-контроллером DA2 таким образом, чтобы выходной ток сварочного источника соответствовал заданному. Параметры ПИ регулятора определяются элементами обратной связи C1, C2, R4, R7, R8.

Цепочка R1, HL1, HL2 служит для индикации аварии измерительных цепей. Обычно напряжение на выходе сумматора не превышает 4 В, что является признаком нормальной работы. Однако в аварийной ситуации, например, при обрыве шунта R6 (рис. 2.6), напряжение на выходе сумматора возрастает до максимума, и светодиоды HL1 и HL2 загораются.

На элементах VT4, VD3, R12, R16, R21, C8, C9, C11 собран узел функции Hot Start (Горячий старт), который кратковременно повышает величину сварочного тока над установленным значением в момент начального зажигания дуги.

Пока сварочный источник находится в режиме холостого хода, выходное напряжение сумматора равно 0 В. При этом транзистор VT4 закрыт, а конденсатор C8 экспоненциально заряжается до напряжения 8,7 В.

Одновременно на вход сумматора через резистор R12 поступает ток смещения, который частично компенсирует сигнал, поступающий с измерительного шунта R6 (рис. 2.6). После начала сварки, благодаря току смещения, сварочный источник формирует повышенное значение сварочного тока.

Напряжение на выходе сумматора возрастает до нормального значения, и в базу транзистора VT4, через резистор R21, поступает ток. Транзистор VT4 открывается и шунтирует цепь заряда конденсатора C8.

Конденсатор C8 разряжается. Одновременно до нуля снижается смещение, вызывающее повышенное значение сварочного тока. После прекращения сварки процесс опять повторяется. Функция горячего старта включается, если процесс сварки прерывается на время большее, чем 1—2 секунды. В противном случае увеличение сварочного тока не производится.

Выходной сигнал сумматора через резистор R13 и узел инвертора, собранный на элементах VT3, R14, R18, R19, C6, подается на вход CPS микросхемы DA2. Эта ИМС на своих выходах OUA и OUB формирует противофазное прямоугольное напряжение с переменным заполнением импульсов или прекращает формирование этих импульсов в аварийной ситуации. Элементы R15, C7 задают частоту ШИМ прямоугольного выходного напряжения, равную 100 кГц.

Прямоугольное напряжение с выходов OUA и OUB поступает на аналогичные друг другу узлы формирователей, собран-

ные на элементах VT1, VT2, VD1, VD2, R9, R10, C4 и VT5, VT8, VD4, VD6, R25, R26, C14.

Эти формирователи используются для управления транзисторами усилителя мощности, расположенного на плате преобразователя (рис. 2.5) и предназначенного для согласования платы управления и драйвера.

На транзисторах VT6, VT7 и тиристоре VS1 построен узел защиты, выключающий преобразователь сварочного источника в аварийной ситуации. В нормальном режиме транзистор VT6 открыт по цепи:

+24V → R22 → VD5 → R27 → переход база-эмиттер VT6.

При этом транзистор VT7 закрыт, и ШИМ-контроллер DA2 «мягко» стартует.



Примечание.

Время «мягкого» старта (Soft Start) определяется емкостью конденсатора C15.

Если ток в одной из стоек мостового преобразователя в какой-то момент времени превысит 50 А, то через стабилитрон VD8 потечет ток, который откроет тиристор VS1. При этом тиристор VS1, через диод VD7, зашунтирует цепь запуска транзистора VT6. Транзистор VT6 закроется, а транзистор VT7 откроется и заблокирует работу DA2, соединив с общим проводом вывод CSS.

Одновременно, через резистор R24, будет разряжен конденсатор C15. В результате этого работа мостового преобразователя будет остановлена, и на передней панели сварочного источника загорится светодиод HL1 «Термозащита» (рис. 2.1).

Для сброса защиты необходимо кратковременно отключить сварочный источник от сети при помощи выключателя SF1 (рис. 2.1). В этом случае тиристор VS1 закроется, и узел защиты вернется в свое нормальное состояние.

Цепочка C12, R17 позволяет заводить сигнал с выхода токовой защиты на вход узла инвертора. Эта цепочка позволяет непосредственно воздействовать на ШИМ-контроллер и уменьшать заполнение управляющих импульсов при резком нарастании тока преобразователя. Подобная ситуация может случиться при одностороннем насыщении сердечника силового трансформатора в блоке выпрямителя №2.

Если температура транзисторов преобразователя превысит максимально допустимое значение, то сработает термостат SK1 (рис. 2.1). Его контакты замкнутся и через цепочку R38 (рис. 2.5), VD7 зашунтируют цепь запуска транзистора VT6. В результате этого транзистор VT6 закроется, а транзистор VT7 откроется и заблокирует работу ШИМ-контроллера.

При этом преобразователь сварочного источника будет выключен, а на передней панели загорится светодиод HL1 «Термозащита» (рис. 2.1). В отличие от токовой защиты, для сброса температурной защиты не требуется отключения сварочного источника от сети. Работа преобразователя будет восстановлена после нормализации температуры транзисторов.

Расположение элементов на плате управления изображено на рис. 2.8.

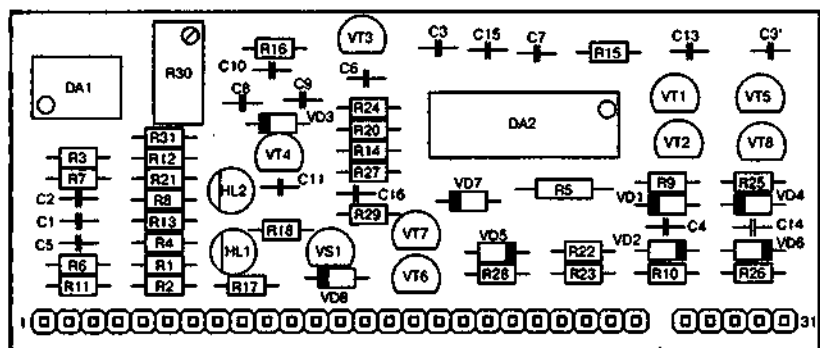


Рис. 2.8. Расположение элементов на плате управления

2.7. Плата драйверов

Принципиальная электрическая схема платы драйверов изображена на рис. 2.9.

На плате драйверов расположен трансформатор гальванической развязки (ТГР), который имеет одну первичную (I) и четыре вторичные (II, III, IV, V) обмотки, которые гальванически развязаны между собой.

К каждой вторичной обмотке подключен формирователь управляющего напряжения. Все формирователи имеют ана-

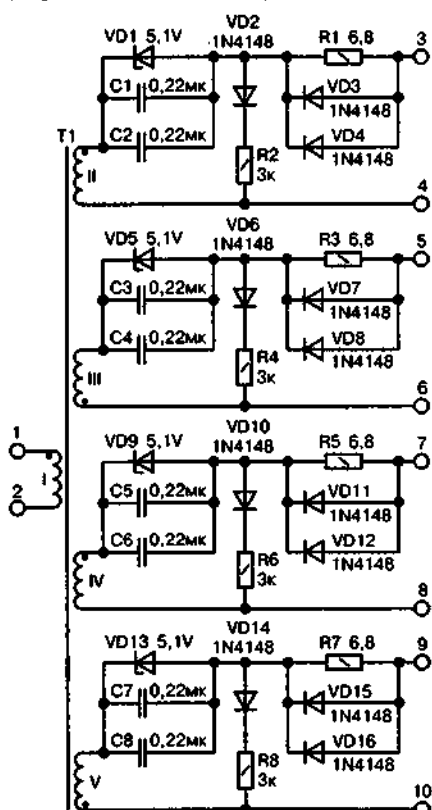


Рис. 2.9. Принципиальная электрическая схема платы драйверов

логичное схемное решение и поэтому достаточно рассмотреть только один из них. Для примера рассмотрим преобразователь, собранный на элементах VD1—VD4, C1, C2, R1, R2.

При помощи усилителя мощности на обмотках ТГР формируются напряжение управления, форма которого изображена на рис. 2.10 (режим измерения: коэффициент канала 5 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел.).

Допустим, в какой-то момент времени, на обмотке II присутствует импульс напряжения приложенный плюсом к началу этой обмотке. В этом случае это напряжение через стабилитрон VD1 и резистор R1

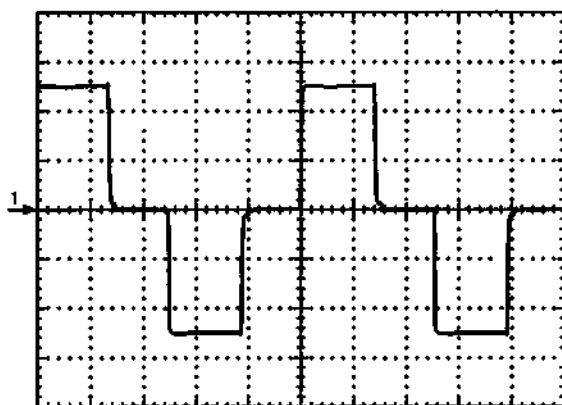


Рис. 2.10. Форма напряжения на вторичной обмотке ТТР

проникает на затвор транзистора преобразователя, и транзистор открывается. Одновременно с этим конденсаторы C1 и C2 заряжаются до напряжения стабилизации стабилитрона VD1 (5,1 В).

При этом напряжение на конденсаторах вычитается из напряжения на вторичной обмотке ТТР. В результате к затворам транзисторов преобразователя прикладывается отпирающее напряжение, амплитуда которого не превышает 7,5 В.



Внимание.

При замене транзисторов преобразователя альтернативными типами транзисторов необходимо учитывать, что к затворам транзисторов прикладывается относительно небольшое отпирающее напряжение величиной 7,5 В. Поэтому альтернативные транзисторы должны гарантированно отпираться таким напряжением.

Так как входные цепи MOSFET транзисторов потребляют основной ток только в момент включения или выключения, то для создания гарантированного тока зарядки конденсаторов C1 и C2 используется цепочка VD2, R2.

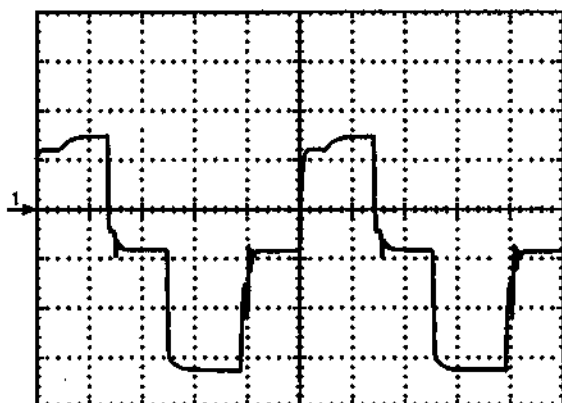


Рис. 2.11. Форма напряжения на выходе канала драйвера

Конденсаторы C1 и C2 используются для создания в паузе между импульсами управления, когда напряжение на обмотке II ТГР равно 0 В, запирающего отрицательного напряжения величиной -5 В на затворе транзистора. Диоды VD3, VD4 позволяют ускоренно закрыть транзистор.

На рис. 2.11 изображена форма управляющего напряжения на выходе драйвера (режим измерения: коэффициент канала 5 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел).

2.8. Методика проверки сварочного источника BRIMA

Необходимые приборы и оборудование

Ремонт сварочного источника необходимо начать с выполнения общей методики осмотра инверторного сварочного источника (раздел 1.2).

Для проведения ремонта нам потребуются следующие приборы и оборудование:

- ♦ осциллограф (желательно двулучевой);
- ♦ цифровой мультиметр;

- ♦ лабораторный автотрансформатор регулируемый (ЛАТР) 0—250 В на ток 5—10 А;
- ♦ регулируемый источник постоянного напряжения 0—30 В, 5 А (например, типа PS-305D);
- ♦ сварочный балластный реостат РБ-315;
- ♦ амперметр постоянного тока 200 А.

Электрические измерения при выключенном аппарате

Во-первых, при помощи мультиметра, переведенного в режим проверки диодов, необходимо проверить:

- ♦ целостность мостовых выпрямителей VD5, VD6 (рис. 2.1);
- ♦ MOSFET транзисторы VT3—VT14. Транзисторы проверяются на отсутствие замыканий между выводами сток-затвор и сток-исток;
- ♦ диоды VD1—VD4 всех ТВМ выпрямителя №2 (рис. 2.6). Диоды выпрямителя можно проверить без выпаивания из платы;
- ♦ транзистор VT1 блока питания 24 В. Транзистор проверяется на отсутствие замыканий между выводами сток-затвор и сток-исток.



Примечание.

Если блок питания выполнен на микросхеме TOP222, то необходимо убедиться в отсутствии короткого замыкания между стоком и истоком внутреннего MOSFET микросхемы.

Во-вторых, переводим мультиметр в режим омметра и проводим проверку следующих компонентов:

- ♦ сопротивление цепочки RK1—RK4 (рис. 2.2). В холодном состоянии сопротивление этой цепочки составляет примерно 60 Ом;

- ♦ демпфирующие резисторы преобразователя R10, R11, R21, R25 ($= 47 \text{ Ом}$) (рис. 2.5);
- ♦ демпфирующие резисторы ТВМ выпрямителя №2 R1—R4 ($= 22 \text{ Ом}$) (рис. 2.6);

Включение и проверка цепей управления и драйвера

Шаг 1. Предварительно установить выходное напряжение источника постоянного напряжения равным $+24 \text{ В} \pm 5\%$. Выключить источник и подключить его на вход стабилизатора DA1 (рис. 2.4) с соблюдением полярности.

Шаг 2. Включить источник постоянного напряжения. При этом необходимо убедиться в том, что:

- ♦ зеленый индикатор HL1 «Питание» на плате преобразователя (рис. 2.4) светится;
- ♦ сработало реле зарядки K1 (рис. 2.2);
- ♦ индикатор HL1 «Термозащита» (рис. 2.1) не светится.

Шаг 3. При помощи мультиметра убедиться в том, что:

- ♦ напряжение на входе стабилизатора DA1 (рис. 2.4) равно $+24 \text{ В} \pm 5\%$;
- ♦ напряжение на выходе стабилизатора DA1 (рис. 2.4) равно $+12 \text{ В} \pm 5\%$.

Шаг 4. Установить на осциллографе коэффициенты 1-го и 2-го каналов вертикального отклонения 1 В/дел. Коэффициент развертки установить 2 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупах обоих каналов перевести в положение 1/10. Щуп 1-го канала подключить к стоку VT18, а щуп второго канала — к стоку VT19. Заземляющие зажимы подключить к корпусу стабилизатора DA1.

Убедиться в том, что сигналы имеют форму, изображенную на рис. 2.12. Режим измерения: коэффициенты обоих каналов 10 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел.

Шаг 5. Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения 0,5 В/дел. Коэффициент развертки

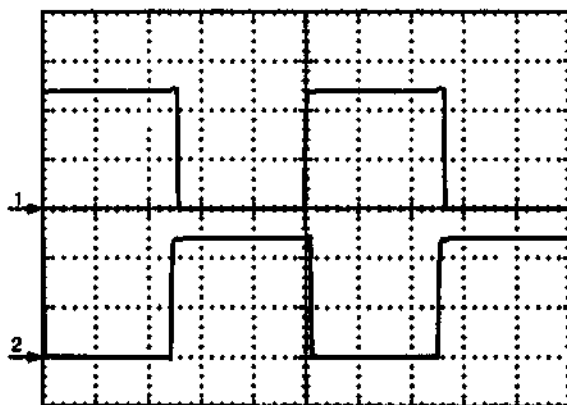


Рис. 2.12. Форма сигналов на стоках транзисторов VT18 (1-й канал) и VT19 (2-й канал)

установить 2 мкс/дел. Входной делитель напряжения щупа 1-го канала перевести в положение 1/10.

Убедитесь в том, что сигнал на выходе каждого канала драйвера имеет форму, изображенную на рис. 2.13. Режим измерения: коэффициент канала вертикального отклонения 5 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел.

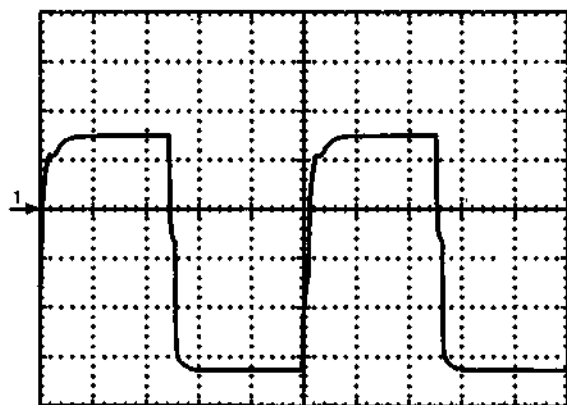


Рис. 2.13. Форма сигналов на выходе драйвера

2.9. Испытания сварочного источника



Внимание.

Помните, что все цепи сварочного источника находятся под высоким постоянным напряжением. Поэтому для исключения получения электрического удара, во время работы нужно проявлять предельную внимательность и осторожность. При этом следует помнить, что металлический корпус осциллографа также находится под напряжением и является источником опасности. Поэтому необходимо избегать электрического контакта с корпусом осциллографа при работающем сварочном источнике. А все манипуляции с его ручками управления и щупами можно производить только при полностью отключенном от сети сварочном источнике.

Электрические измерения при работе источника на холостом ходу

Порядок подготовки к измерениям такой.

Установить потенциометр R7 установки сварочного тока на максимум (повернуть по часовой стрелке до упора). Кабель питания сварочного источника подключить на выход ЛАТР.

Включение и проверка производится следующим образом.

Шаг 1. Установить на осциллографе коэффициент обоих каналов вертикального отклонения 10 В/дел. Коэффициент развертки установить 2 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупах обоих каналов перевести в положение 1/10. Щуп 1-го канала подключить к стоку одного из транзисторов VT9—VT11, а щуп второго канала — к стоку одного из транзисторов VT12—VT14. Заземляющие зажимы подключить к шине -DC (рис. 2.5).

Шаг 2. Включить питание ЛАТР, предварительно установив на его выходе нулевое напряжение (повернув его ручку до предела против часовой стрелки). Включить сетевой выключатель

аппарата и постепенно увеличить напряжение на выходе ЛАТР до 230 В. При этом необходимо убедиться в том, что:

- ♦ зеленый индикатор HL1 «Питание» на плате преобразователя (рис. 2.5) светится;
- ♦ включился вентилятор M1 охлаждения (рис. 2.1);
- ♦ сработало реле зарядки K1 (рис. 2.2);
- ♦ при напряжении близком к номинальному ($230 \text{ В} \pm 15\%$), аппарат не входит в аварийный режим (индикатор HL1 «Термозащита» (рис. 2.1) не светится).

Шаг 3. При помощи мультиметра убедитесь в том, что:

- ♦ напряжение на входе стабилизатора DA1 (рис. 2.4) равно $+24 \text{ В} \pm 5\%$;
- ♦ напряжение на выходе стабилизатора DA1 (рис. 2.4) равно $+12 \text{ В} \pm 5\%$;
- ♦ напряжение холостого хода на выходе сварочного источника равно $+56 \text{ В} \pm 5\%$;

Убедитесь в том, что сигналы имеют форму, изображенную на рис. 2.14. Режим измерения: коэффициенты каналов вертикального отклонения 100 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел.

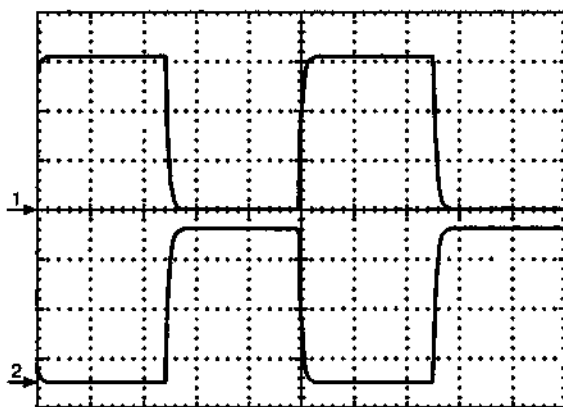


Рис. 2.14. Форма сигналов на стоке VT9—VT11 (1-й канал) и стоке транзисторов VT12—VT14 (2-й канал)

Испытание источника при работе на нагрузку

Для проведения испытаний сварочного источника под нагрузкой необходимо обзавестись эквивалентом нагрузки, роль которого с успехом может выполнить сварочный балластный реостат РБ-315 (табл. 10.1).



Совет.

В крайнем случае, можно использовать несколько мощных проволочных резисторов, изготовленных из толстого ($\varnothing 4\text{—}5\text{ мм}$) нихрома.

Нагрузочные испытания проводятся на исправном аппарате перед его окончательной сборкой в корпус. В ходе испытаний при включенной нагрузке не допускается производить какие-то переключения внутри источника.



Внимание.

Помните, что все цепи сварочного источника находятся под высоким постоянным напряжением. Поэтому, чтобы избежать получения электрического удара, во время работы нужно проявлять предельную внимательность и осторожность. При этом следует помнить, что металлический корпус осциллографа также находится под напряжением и является источником опасности. Поэтому необходимо избегать электрического контакта с корпусом осциллографа при работающем сварочном источнике. А все манипуляции с его ручками управления и щупами нужно производить при отключенном от сети сварочном источнике.

Подготовка к испытанию производится по следующей схеме.

Шаг 1. Подключить сварочный источник к балластному реостату, используя кабели, входящие в комплект изделия. Последовательно с реостатом включить амперметр.

Шаг 2. Установить на осциллографе коэффициент обоих каналов вертикального отклонения 10 В/дел. Коэффициент развертки установить 2 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупах обоих каналов перевести в положение 1/10. Щуп 1-го канала подключить к стоку одного из транзисторов VT9—VT11, а щуп второго канала к стоку одного из транзисторов VT12—VT14. Заземляющие зажимы подключить к шине –DC (рис. 2.5).

Шаг 3. Установить мультиметр в режим измерения постоянного напряжения на пределе 200 В и подключить его щупы к выходам (+) и (–) источника.

Шаг 4. Подключить питающий кабель сварочного источника к сети 230 В и включить сетевой выключатель аппарата.



Внимание.

В течение испытаний оператор должен избегать контакта с металлическими поверхностями измерительных приборов, т. к. они находятся под высоким напряжением.

Последовательность испытаний сварочного источника BRIMA ARC-160 при минимальной нагрузке:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить минимальный сварочный ток 30 А;
- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 30 А;
- ♦ убедиться в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 2.15;
- ♦ убедиться в том, что выходной ток равен $30 \text{ А} \pm 10 \%$. При этом выходное напряжение равно $21,2 \text{ В} \pm 10\%$;
- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.

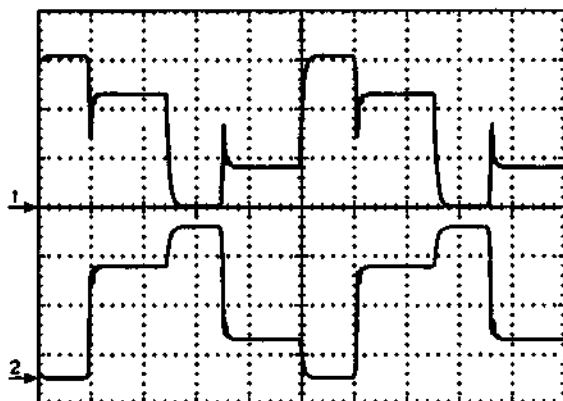


Рис. 2.15. Форма сигналов на стоке VT9—VT11 (1-й канал) и стоке транзисторов VT12—VT14 (2-й канал) при минимальном сварочном токе



Примечание.

Режим измерения (рис. 2.15): коэффициенты каналов вертикального отклонения 100 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел.

Последовательность испытаний сварочного источника BRIMA ARC-160 при средней нагрузке:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить средний сварочный ток 100 А;
- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 100 А;
- ♦ убедиться в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 2.16;
- ♦ выходной ток равен 100 А $\pm 10\%$. При этом выходное напряжение равно 24 В $\pm 10\%$;
- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.

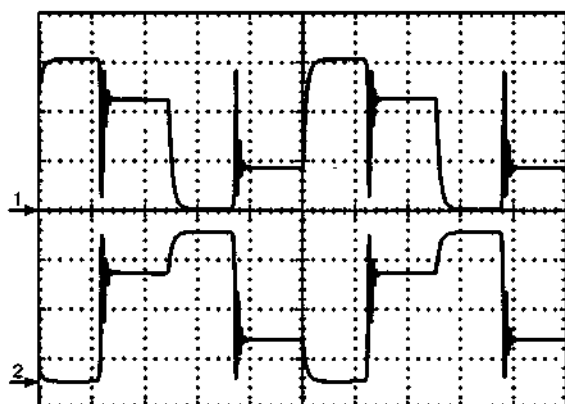


Рис. 2.16. Форма сигналов на стоке VT9—VT11 (1-й канал) и стоке транзисторов VT12—VT14 (2-й канал) при среднем сварочном токе



Примечание.

Режим измерения (рис. 2.16): коэффициенты каналов вертикального отклонения 100 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел.

Последовательность испытаний сварочного источника BRIMA ARC-160 при номинальной нагрузке:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить максимальный сварочный ток 160 А, вращая его по часовой стрелке до упора;
- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного релостата установить ток нагрузки, ближайший к 160 А;
- ♦ убедитесь в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 2.17;
- ♦ убедитесь в том, что выходной ток равен $160 \text{ А} \pm 10 \%$. При этом выходное напряжение равно $26,4 \text{ В} \pm 10\%$. Если выходной ток не соответствует требуемому, то отрегулируйте его, используя подстроечный резистор R40 (рис. 2.5);

- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.

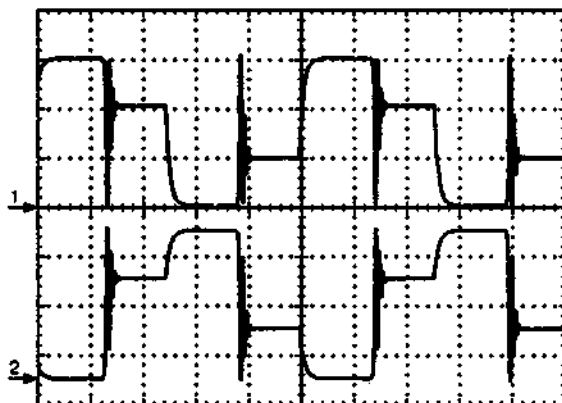


Рис. 2.17. Форма сигналов на стоке VT9—VT11 (1-й канал) и стоке транзисторов VT12—VT14 (2-й канал) при максимальном сварочном токе



Примечание.

Режим измерения (рис. 2.17): коэффициенты каналов вертикального отклонения 100 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел.

Проверка напряжения на диодах VD21—VD23

Установить на осциллографе коэффициент обоих каналов вертикального отклонения 5 В/дел. Коэффициент развертки установить 2 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупах обоих каналов перевести в положение 1/10. Щуп 1-го канала подключить к аноду диода VD1, а щуп второго канала к аноду диода VD2. Заземляющие зажимы подключить к средней точке вторичной обмотки силового трансформатора.

Проверку напряжения на диодах VD21—VD23 производить следующим образом:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить максимальный сварочный ток 160 А, вращая его по часовой стрелке до упора;
- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 160 А;
- ♦ убедиться в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 2.18;
- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.

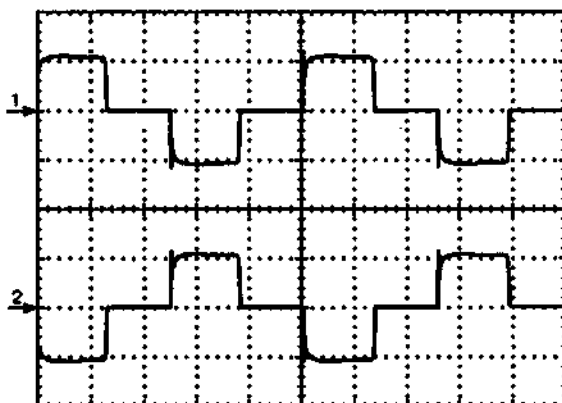


Рис. 2.18. Форма сигнала на аноде диода VD1 (1-й канал) и аноде диода VD2 (2-й канал)



Примечание.

Режим измерения (рис. 2.18): коэффициент каналов вертикального отклонения 50 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел.

Проверка тепловой защиты

С параметрами настройки и нагрузки, используемыми в предыдущем пункте, включаем сварочный источник и оставляем его работать до момента срабатывания тепловой защиты от перегрева силового трансформатора (загорится светодиод HL1 (рис. 2.1) «Термозащита»). После охлаждения и автоматического сброса тепловой защиты, отключаем сварочный источник и проводим тщательный осмотр внутренних силовых цепей на отсутствие дефектов и подгорания. Если всё нормально, то собираем сварочный источник.

Рабочее испытание

Проверенным и настроенным сварочным источником при токе 100 А выполнить пробный сварочный шов (диаметр электрода 2,5 мм).

СВАРОЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЕМЕЙСТВА COLT

Сварочные источники семейства COLT, не смотря на свою простоту, обладают прекрасными техническими характеристиками, а также оборудованы функциями Anty-Stick и Arc Force, улучшающими удобство и повышающими качество сварки.

3.1. Назначение

В этой главе приводится описание популярного инверторного сварочного источника COLT-1300, производимого итальянской фирмой CEMONT [<http://cemont.com>]. Данный источник, благодаря сравнительно не высокой стоимости и хорошему качеству, наряду с источниками COLT и PUMA 150, производимыми фирмой CEMONT, достаточно сильно распространен в СНГ.

Возможно, данное описание окажется полезным для тех, кто занимается ремонтом и эксплуатацией сварочных источников. Источники COLT 1300, COLT и PUMA 150 предназначены для ручной сварки (технология MMA) и имеют похожее схемное и компоновочное решение. Поэтому достаточно рассмотреть один из них — COLT 1300, чтобы читатель получил достаточно полное представление об устройстве других.

3.2. Сварочный источник COLT 1300

Источники COLT 1300, COLT и PUMA 150 рассчитаны на работу от однофазной сети переменного тока напряжением $230 \pm 10\%$ В и частотой 50—60 Гц. Источники имеют одинаковые габариты 110×200×300 мм и различаются мощностью и массой. Более мощные источники COLT 1300 и PUMA 150 имеют массу 3,8 кг, потребляют от сети мощность до 3,8 кВт и позволяют производить сварку электродами диаметром 1,6—3,25 мм.

При этом PUMA 150 обеспечивает максимальный сварочный ток 130 А, при ПВ25%, а COLT 1300 125 А, при ПВ15%. Менее мощный источник COLT имеет массу 2,9 кг, потребляют от сети мощность до 2,1 кВт и позволяют производить сварку электродами диаметром 2,5 мм. При этом COLT обеспечивает максимальный сварочный ток 75 А, при ПВ30%.

Силовая часть сварочного источника COLT 1300

На рис. 3.1 изображена принципиальная электрическая схема силовой части инверторного сварочного источника COLT 1300.

Источник подключается к сети переменного тока при помощи гибкого шнура и «евровилки» XP1. Напряжение сети переменного тока через замкнутый выключатель SA1, фильтры радиопомех L1C1C2, C3L2 и зарядный резистор R1 подается на мостовой выпрямитель VD1.

Фильтр радиопомех обеспечивает подавление синфазной и противофазной помехи.



Примечание.

Для эффективной работы фильтра требуется заземление металлического корпуса источника (заземляется через специальный штырь вилки XP1).

Варистор RU1 защищает источник от кратковременных перенапряжений сети. К выходу выпрямителя VD1 подключен емкостный фильтр C4C5, который служит для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения.

При включении источника заряд конденсаторов фильтра осуществляется через специальный зарядный резистор R1. Это исключает перегрузку сети и диодов мостового выпрямителя VD1 зарядным током конденсаторов фильтра. После истечения интервала времени, достаточного для зарядки конденсаторов фильтра, зарядный резистор шунтируется контактами реле K1.

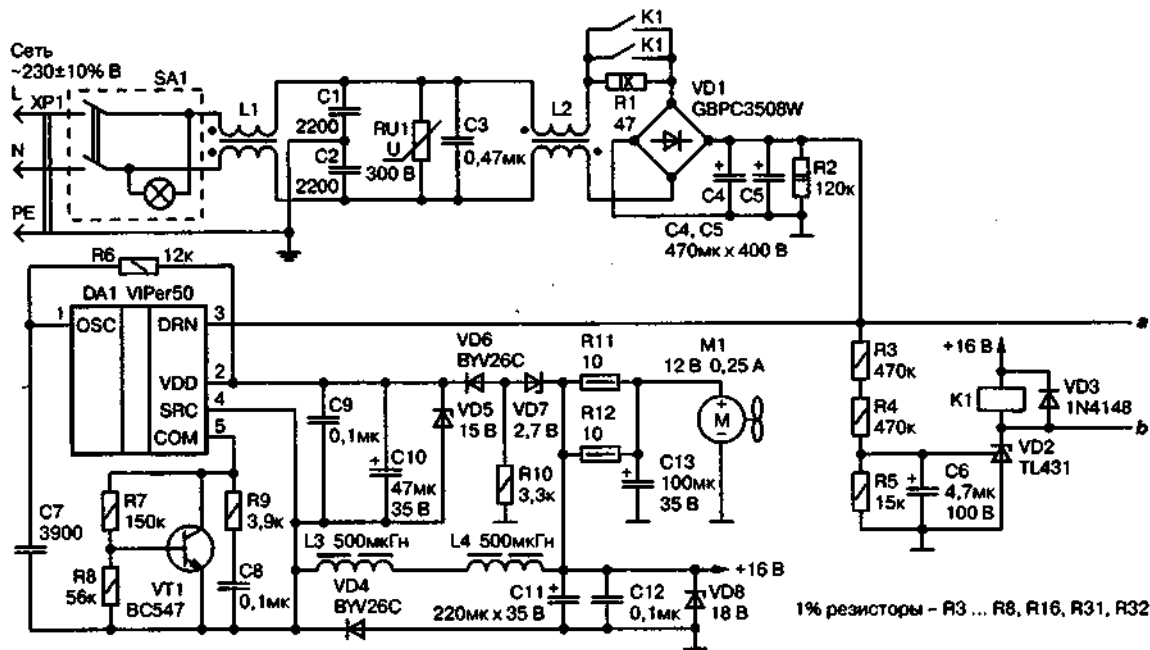
Для формирования зарядного интервала времени используется электронное реле времени, собранное на элементах R3R4R5C6VD2, которое подает питание на обмотку реле K1, с задержкой времени около 0,15 с. Одновременно электронное реле времени формирует сигнал «готов» низкого уровня, который подается на вывод 22 блока управления (БУ).

Получив сигнал готовности, БУ начинает формировать отпирающие импульсы напряжения, которые, через трансформатор гальванической развязки T1, поступают на входы драйверов, управляющих транзисторами инвертора.

Драйверы транзисторов R17R18VD9—VD12VT2 и R21R22VD13—VD16VT5 выполнены по аналогичным схемам. Поэтому достаточно рассмотреть работу только одного драйвера, например, верхнего.

При открытии транзистора VT3 (в блоке управления) к первичной обмотке I трансформатора T1 прикладывается напряжение, которое трансформируется во вторичные обмотки IIa и IIб трансформатора в полярности отпирающей IGBT (плюс на затвор). В этом случае отпирающее положительное напряжение через открытые диоды VD9VD10 (VD13VD14) и резисторы R19R20 (R23R24) поступает на затворы транзисторов VT3VT4 (VT6VT7).

Резисторы R19R20R23R24 подавляют паразитный колебательный процесс в цепи затворов транзисторов инвертора.



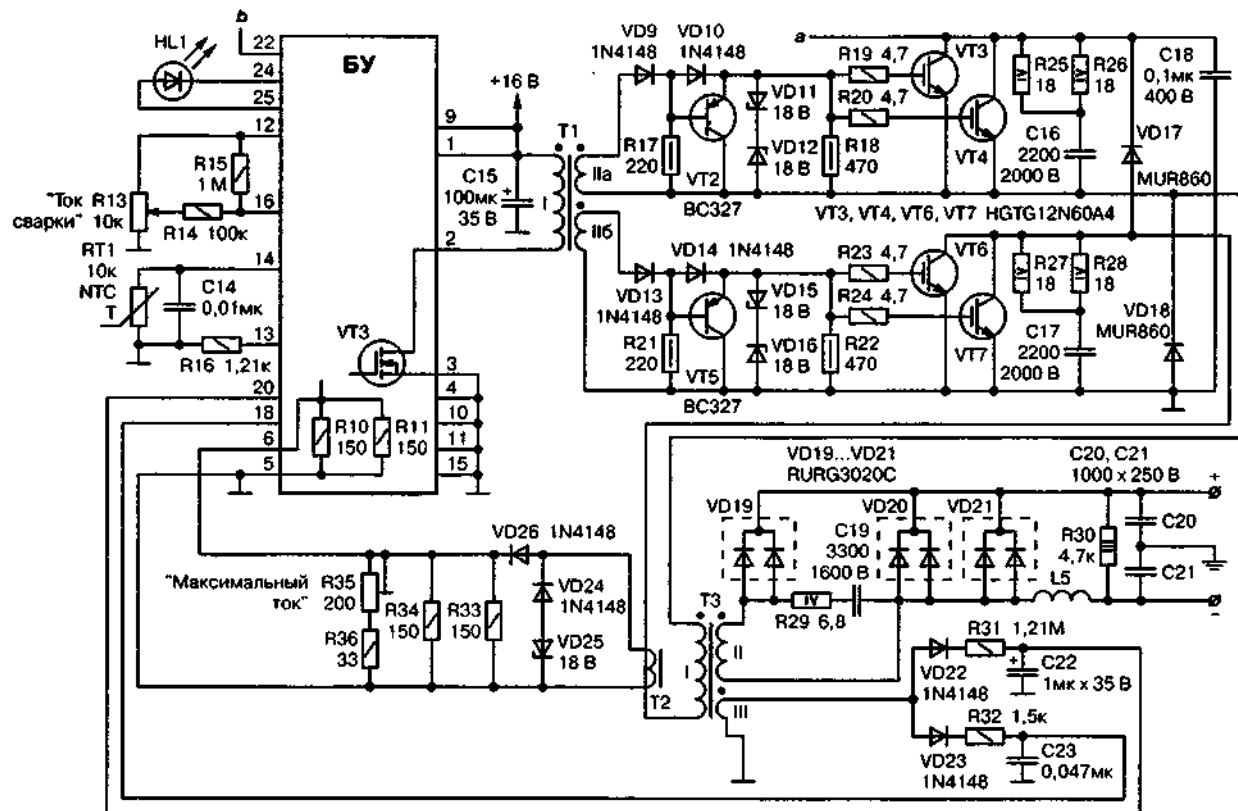


Рис. 3.1. Принципиальная электрическая схема инверторного сварочного источника COLT 1300 (силовая часть)

Нагрузочные резисторы R17R21 демпфируют трансформатор Т1, подавляя колебательный процесс в контуре, образованном его внутренними паразитными индуктивностями и емкостями.

Стабилитроны VD11VD12 (VD15VD16) ограничивают управляющее напряжение транзисторов инвертора на безопасном уровне. При положительном напряжении управления транзистор VT2 (VT5) закрыт, а его переход база-эмиттер шунтирован открытым диодом VD10 (VD14).

При закрытии транзистора VT3 (в блоке управления) полярность напряжения на вторичных обмотках Т1 меняется на противоположную, диоды VD9VD10 (VD13VD14) запираются, а к транзистору VT2 (VT5) прикладывается напряжение заряженной входной емкости затвор-эмиттер транзисторов VT3VT4 (VT6VT7) в отпирающей полярности. Транзистор VT2 (VT5) открывается, входная емкость транзисторов инвертора быстро разряжается, и они запираются.

Инвертор сварочного источника выполнен по уже хорошо знакомой нам схеме ДПП («косой мост») и служит для преобразования постоянного питающего напряжения в переменное выходное напряжение частотой 60 кГц.

Каждый транзистор инвертора состоит из двух IGBT VT3VT4 и VT6VT7, включенных параллельно. Однотактный прямоходовый преобразователь хорошо подходит для работы на такую динамичную нагрузку, как сварочная дуга, что и определило его широкую распространенность в простых маломощных сварочных источниках. Рассмотренный в предыдущем разделе сварочный источник RytmArc, также построен на базе однотактного прямоходового преобразователя.

Все транзисторы инвертора открываются одновременно (каждая пара своим драйвером). При этом энергия первичного источника питания (через трансформатор Т3) передается в выходную сварочную цепь. При этом сердечник трансформатора Т3 перемагничивается в прямом направлении.

После закрытия транзисторов инвертора энергия, накопленная в индуктивности рассеяния и намагничивания трансформатора Т3, через диоды VD17VD18 возвращается в первичный источник (в конденсаторы C4C5). Блокирующий конденсатор C18 находится непосредственно возле инвертора и компенсирует индуктивность соединительных проводов между инвертором и конденсаторами фильтра.

Для контроля выходного тока инверторного источника служит трансформатор тока Т2, который включен последовательно с первичной обмоткой трансформатора Т3. Роль первичной обмотки трансформатора тока выполняет виток провода идущего от инвертора к трансформатору Т3.

В цикле прямого хода инвертора ток во вторичной обмотке Т2 протекает через диод VD26 и шунт R33—R35 (плюс резисторы R10R11 в блоке управления). С помощью подстроечного резистора R35 устанавливают необходимое сопротивление шунта. Сигнал с шунта поступает в блок управления (вывод 6). Там он используется:

- ♦ для формирования крутопадающей нагрузочной вольтамперной характеристики (ВАХ) инверторного сварочного источника, необходимой для технологии MMA;
- ♦ для защиты инвертора от токовых перегрузок.

В цикле обратного хода инвертора на вторичной обмотке Т2 формируется напряжение запирающей для VD26 и отпирающей для VD24 полярности. Диод VD24 отпирается, и ток размагничивания сердечника трансформатора Т2 протекает через стабилитрон VD25. Напряжение стабилизации VD25 имеет величину гарантирующую размагничивание сердечника трансформатора тока Т2 за время обратного хода инвертора.

С вторичной обмотки трансформатора Т3 переменное напряжение поступает на вход однополупериодного выпрямителя VD19, после которого превращается в импульсное однополярное.

Цепочка R29C19 подавляет паразитные высокочастотные колебания на вторичной обмотке трансформатора Т3.

Выпрямленный ток сглаживается дросселем L5. В паузах между импульсами с выхода выпрямителя VD19 выходной ток источника замыкается через диоды VD20VD21.

Резистор R30 является нагрузкой холостого хода источника, а конденсаторы C20C21, совместно с дросселем L5, образуют низкочастотный фильтр, который подавляет высокочастотные помехи, проникающие на выход сварочного источника.

С дополнительной обмотки III трансформатора T3 снимается сигнал необходимый для реализации функций Anti-Stick и Arc Force.

Функция Anti-Stick (Защита от залипания электрода) обеспечивает уменьшение тока источника, при коротком замыкании, если оно длится более 0,8 с.

Функция Arc Force (Форсирование дуги), в случае короткой дуги или короткого замыкания, увеличивает сварочный ток относительно выбранного значения. Эта функция улучшает начальное зажигание и стабильность горения дуги.

Питание блока управления источника осуществляется постоянным стабилизированным напряжением +16 В.

Оно формируется из выпрямленного напряжения питающего инвертор источника с помощью понижающего DC-DC преобразователя, построенного на основе ШИМ контроллера VIPer50.

Узел VT1R7R8 является своеобразным аналогом низковольтного стабилизатора, имеющего напряжение стабилизации 2,5 В. Использование этого стабилизатора позволяет снизить максимальный ток ключевого транзистора контроллера VIPer до 1 А.

Контроллер VIPer поддерживает стабильное напряжение 13 В между выводами 4 (SRC) и 2 (VDD). Для получения необходимого напряжения +16 В используется узел VD6, VD7, R10.

Фильтр L3L4C11C12 сглаживает пульсацию на выходе источника +16 В. Через диод VD4 замыкается ток фильтра в паузах между импульсами напряжения. Стабилизатор VD5 защищает от перенапряжения цепи питания контроллера VIPer, а стабилизатор VD8 цепи питания блока управления инверторного сварочного источника.

Для охлаждения тепловыделяющих поверхностей сварочного источника используется вентилятор М1, который работает непрерывно. Резисторы R11R12 позволяют снизить напряжение на двигателе вентилятора до допустимого значения.

Температура ключевых транзисторов инвертора контролируется с помощью терморезистора RT1, имеющего отрицательный температурный коэффициент.

Ток сварки устанавливается при помощи переменного резистора R13.

Данныемоточных узлов

Дроссель L1 намотан сетевым проводом на ферритовый сердечник размером K32×18×12 и содержит 4 витка.

Дроссель L2 содержит две обмотки по 8 витков, намотанных круглым медным проводом в эмалистой изоляции Ø2 мм на ферритовый сердечник K32×18×12.

Дроссели L3, L4 имеют индуктивность по 500 мкГн и рассчитаны на максимальный ток 1 А.

Дроссель L5 (рис. 3.2) содержит 27 витков круглого медного провода в эмалистой изоляции Ø4 мм, намотанного в два слоя. Дроссель не имеет сердечника. Габаритные размеры дросселя указаны на рис. 3.2.

Трансформатор Т3 намотан на Ш-образном сердечнике Е55/28/25 из феррита N97. Обмотка I намотана проводом Ø2 мм и имеет 17 витков. Обмотка II намотана в два провода Ø2,5 мм и имеет 6 витков.

Обмотка III имеет 2 витка провода Ø1 мм (сечение провода выбрано из соображений механической прочности). Для фиксации немагнитного зазора, в стыки половинок сердечника необходимо встав-

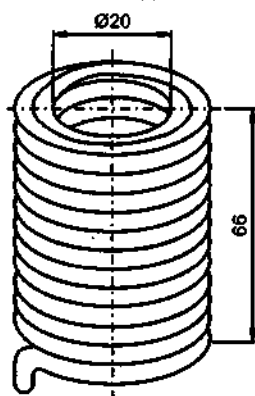


Рис. 3.2. Внешний вид дросселя L5

вить прокладки из немагнитного и непроводящего материала толщиной 0,05—0,075 мм.

Необычностью трансформатора ТЗ является то, что он при достаточно высокой рабочей частоте намотан одиночным медным проводом большого диаметра. Но, не смотря на всю необычность, данное решение, в конкретном случае, видимо имеет определенные преимущества.

Во-первых, трансформатор получается более технологичным, а, во-вторых, намотав обмотки трансформатора литцендратом, который обеспечивает худшее, по сравнению с цельным проводом, заполнение, мы не получили бы существенного выигрыша в сечении обмоток. На максимальном токе, плотность тока в обмотках трансформатора достигает 14—15 А мм², из-за чего ПВ источника составляет всего 15%.

В источнике использованы готовые трансформатор гальванической развязки Т1, типа Т1-116626, и трансформатор тока Т2, типа ТА314200 (1:200), производства фирмы UTK component. В случае самостоятельного изготовления можно рекомендовать следующие данные.

Трансформатор Т1 можно намотать на кольцо К20×10×5 из феррита 2000НМ1. Первичная обмотка содержит 50 витков провода ПЭВ-2 Ø0,2 мм, вторичные обмотки содержат по 40 витков провода ПЭВ-2 Ø0,16 мм.

С помощью лакоткани нужно гарантировано изолировать обмотки друг от друга. Надежность межобмоточной изоляции готового трансформатора желательно проверить мегомметром на напряжение 1000 В.

Трансформатор тока Т2 также можно намотать на кольцо К20×10×5 из феррита 2000НМ1. Вторичная обмотка имеет 200 витков провода ПЭВ-2 Ø0,25 мм.

3.3. Блок управления

Блок управления (БУ) источника COLT-1300 построен на основе ШИМ контроллера SG3525A (см. главу 9).

Принципиальная электрическая схема блока управления изображена на рис. 3.3. Через выводы 6-5 БУ напряжение, пропорциональное выходному току сварочного источника COLT-1300, поступает на вход пикового детектора, который состоит из элементов VT1R12C4. Постоянная времени цепочки R12C4 гораздо больше периода следования импульсов тока. Это гарантирует относительную неизменность сигнала на выходе пикового детектора в течение периода работы инвертора.

Напряжение с выхода пикового детектора поступает на суммирующий усилитель, собранный на элементах DA1.2R14C6. Там оно сравнивается с напряжением, снимаемым с движка переменного резистора R13 «Ток сварки», которое поступает в БУ через вывод 16. Управляющее напряжение с выхода суммирующего усилителя (через корректирующую цепочку R16R17C7) поступает на вход IN+ ШИМ контроллера DA2.

Усилитель ошибки ШИМ контроллера замкнут единичной обратной связью, а к его выходу подключена корректирующая цепочка R20C9C10.

Частота ШИМ сигнала определяется частотоподающими элементами R18R19C8. Резистор R18 задает время зарядки конденсатора C8 (8 мкс), а резистор R19 задает время разрядки конденсатора C8 (0,8 мкс). В результате частота ШИМ сигнала составляет около 57 кГц.

С выхода OUT контроллера DA2 ШИМ сигнал через цепочку R27R28 поступает на затвор транзистора VT3 формирователя импульсов. Нагрузкой формирователя импульсов является первичная обмотка трансформатора T1 (рис. 3.1). Цепочка VD1VD8VD9 обеспечивает размагничивание трансформатора T1.

Порог срабатывания защиты транзисторов инвертора от максимального тока (около 65 А) определяется напряжением

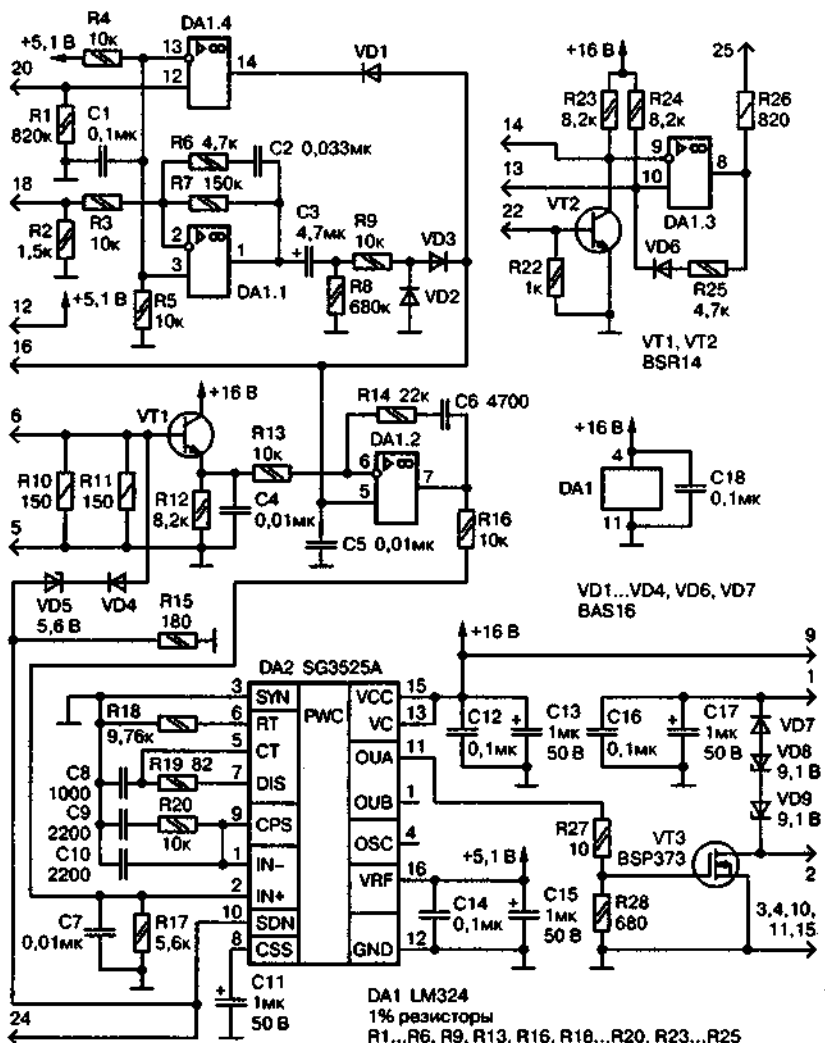


Рис. 3.3. Принципиальная электрическая схема инверторного сварочного источника COLT 1300 (блок управления)

пробоя последовательной цепочки VD4VD5. В случае превышения максимального тока напряжение с шунта R10R11 (через цепочку VD4VD5) поступает на вход выключения SDN ШИМ контроллера. В результате выхода ШИМ контроллера переводятся в неактивное состояние и ключевые транзисторы инвертора закрываются. Многократная перегрузка транзисторов может привести к разрядке конденсатора «мягкого старта» C11 и более длительной паузе в работе ШИМ контроллера, с последующим «мягким стартом».

Защита от перегрева ключевых транзисторов инвертора осуществляется при помощи терморезистора RT1 (рис. 3.1), установленного на охладителе ключевых транзисторов. Резисторы R23R24 (рис. 3.4) вместе с резисторами RT1R16 (рис. 3.1) образуют измерительный мост, сигнал с которого поступает на вход компаратора DA1.3.

Пока температура транзисторов ниже максимальной, сопротивление RT1 высокое и напряжение на выходе компаратора DA1.3 имеет низкий уровень. При повышении температуры сопротивление терморезистора RT1, имеющего отрицательный ТКС, понижается и как только оно станет меньше 1,21 кОм, напряжение на выходе компаратора DA1.3 станет высоким.

Высокое напряжение с выхода DA1.3 через резистор R26 и светодиод HL1 (рис. 3.1) поступит на вход выключения SDN ШИМ контроллера DA2. В результате вывода ШИМ контроллера будут переведены в неактивное состояние. Индикация срабатывания защиты осуществляется при помощи светодиода HL1.

Как уже говорилось ранее, на время зарядки конденсаторов C4, C5 (рис. 3.1) работа ШИМ контроллера блокируется. Для блокирования ШИМ контроллера служит транзистор VT2, который включен параллельно терморезистору RT1. Во время зарядки C4, C5 (рис. 3.1), высокий уровень напряжения с выхода электронного реле времени (катод VD2 на рис. 3.1), через вывод 22 БУ и делитель R21R22, поступает на базу транзистора VT2. Транзистор

открывается и шунтирует терморезистор RT1. В результате происходят действия аналогичные срабатыванию тепловой защиты.

Рассмотрим работу узлов БУ, ответственных за реализацию функций Anty-Stick и Arc Force, о которых говорилось ранее.

Функция Anty-Stick реализуется при помощи обмотки III трансформатора Т3 и первого выпрямительного узла VD22C22 (рис. 3.1), делителя R31 (рис. 3.1) R1, компаратора DA1.4 и диода VD1.

Напряжение обмотки III, пропорциональное выходному напряжению источника, поступает на первый выпрямительный узел, где выпрямляется и усредняется. С выхода первого выпрямительного узла напряжение через делитель поступает на прямой вход компаратора DA1.4. На его инверсный вход с помощью делителя R4R5 подано напряжение +2,55 В (половина от напряжения +5,1 В, формируемого внутренним стабилизатором ШИМ контроллера DA2 на его выводе VRF).

Компаратор переключается при снижении напряжения нагрузки источника ниже 19 В. Пока нагрузкой источника является электрическая дуга, напряжение на прямом входе компаратора DA1.4 преобладает и на его выходе присутствует высокое напряжение, которое запирает диод VD1.

При залипании электрода, напряжение в сварочной цепи снижается и, после разрядки конденсатора C22 (рис. 3.1), снижается напряжение на прямом входе компаратора DA1.4. Высокий уровень на выходе компаратора меняется на низкий, диод VD1 открывается и шунтирует напряжение задания, поступающее с движка резистора R13 «Ток сварки» (рис. 3.1). В результате выходной ток источника снижается до минимума.

Функция Arc Force реализуется при помощи обмотки III трансформатора Т3, второго выпрямительного узла VD23C23 (рис. 3.1), делителя R32 (рис. 3.1) R2 и узла форсирования задания, состоящего из элементов R3, R6—R9, C2, C3, DA1.1, VD2, VD3. На прямой вход ОУ DA1.1 с делителя R4, R5 подано напряжение +2,55 В.

Напряжение обмотки III, пропорциональное выходному напряжению источника, поступает на второй выпрямительный узел, где выпрямляется и усредняется. С выхода второго выпрямительного узла напряжение через делитель поступает на узел форсирования. Узел форсирования активизируется при снижении напряжения нагрузки источника ниже 15 В.

Пока нагрузкой источника является электрическая дуга, напряжение на выходе второго выпрямительного узла преобладает и на выходе DA1.1 присутствует низкий уровень, и форсирование не производится. При падении выходного напряжения источника, что говорит о сокращении длины дуги, на выходе DA1.1 появляется высокий уровень напряжения, который через цепочку C3R9VD3 поступает в цепь задания сварки. Длительность импульса форсирования около 0,5 с и определяется RC цепочкой R14 (рис. 3.1) и C3. Диод VD2 создает цепь для разрядки конденсатора C3.

3.4. Ремонт и проверка сварочного источника COLT 1300

Необходимые приборы и оборудование

Для проведения ремонта нам потребуются следующие приборы и оборудование:

- ♦ осциллограф (желательно двулучевой);
- ♦ цифровой мультиметр;
- ♦ регулируемый источник постоянного напряжения 0—30 В, 5 А (например типа PS-305D);
- ♦ сварочный балластный реостат РБ-315;
- ♦ амперметр постоянного тока на 200 А.

Перед началом ремонта нужно снять защитный кожух со сварочного источника и аккуратно продуть его при помощи сжатого воздуха.

Визуальный осмотр

При визуальном осмотре необходимо оценить общее состояние электронной схемы. Особое внимание следует обратить на то, что:

- ♦ варистор RU1 (рис. 3.1) не имеет разрывов и других признаков повреждения;
- ♦ корпуса конденсаторов C4 и C5 (рис. 3.1) не имеют вздутий и повреждений;
- ♦ отсутствуют повреждения обмотки трансформатора Т3 и дросселя L5;
- ♦ отсутствуют признаки подгорания на печатной плате.

В случае обнаружения дефектов, заменить поврежденные компоненты.

Проверка электронных компонентов

С помощью тестера проверить основные компоненты схемы:

- ♦ проверить отсутствие замыканий внутри выпрямительного моста VD1 и величину зарядного резистора R1 (рис. 3.1);
- ♦ проверить транзисторы VT3, VT4, VT6, VT7 и диоды VD17, VD18 (рис. 3.1) на отсутствие пробоев и межэлементных замыканий;
- ♦ проверить демпферные резисторы R25—R28 (рис. 3.1);
- ♦ проверить диоды выпрямителя VD19—VD21 (рис. 3.1);
- ♦ проверить демпферный резистор R29 (рис. 3.1).

Заменить неисправные элементы, обнаруженные при проверке.

Проверка схемы управления

На этом этапе для питания схемы управления необходимо использовать внешний регулируемый источник, настроенный

на напряжение 15 В. Источник подключается параллельно стабилитрону VD8 (рис. 3.1).

Установить на осциллографе коэффициент канала вертикального отклонения 0,5 В/дел. Коэффициент развертки установить 5 мкс/дел. Входной делитель напряжения перевести в положение 1/10. Щуп подключить к затвору VT6, а заземляющий зажим к эмиттеру VT6.

Проверить наличие управляющего сигнала, изображенного на рис. 3.4. Щуп переключить на VT3, а заземляющий зажим — к эмиттеру VT3. Проверить наличие управляющего сигнала, изображенного на рис. 3.6.



Примечание.

Режим измерения (рис. 3.5): коэффициенты каналов вертикального отклонения 5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

Отсутствие управляющего сигнала говорит о неисправности схемы управления сварочного источника.

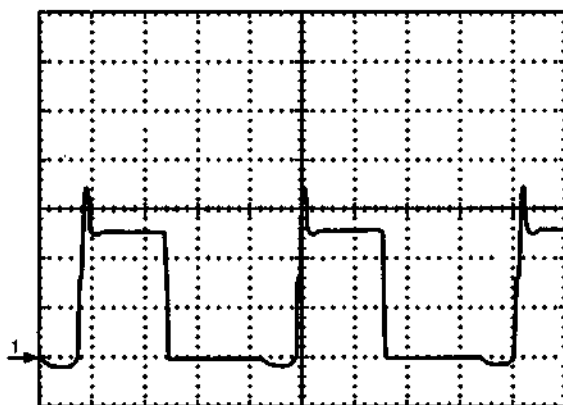


Рис. 3.4. Форма сигнала на затворе транзистора VT3

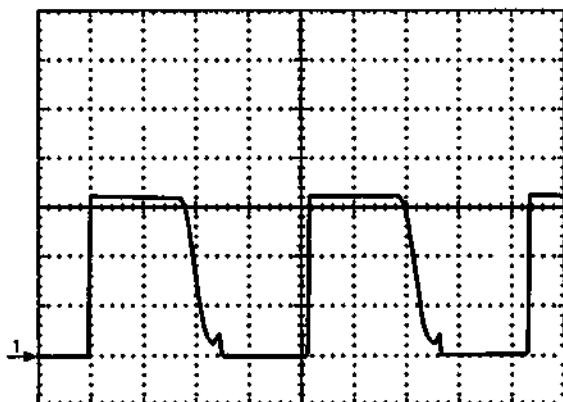


Рис. 3.5. Форма сигнала на затворе транзистора VT6

Испытание на холостом ходу

Для проведения испытаний на холостом ходу необходимо сделать следующее.

Отключить внешний регулируемый источник, использованный на предыдущем этапе проверки. Установить на осциллографе коэффициент канала вертикального отклонения 10 В/дел. Коэффициент развертки установить 5 мкс/дел. Входной делитель напряжения перевести в положение 1/10. Щуп подключить к коллектору VT6, а заземляющий зажим к эмиттеру VT6. Подключить сварочный источник в сеть и включить. Сразу после этого включается вентилятор, а примерно через 2 с осциллограф покажет картинку, изображенную на рис. 3.7.



Примечание.

Режим измерения (рис. 3.6): коэффициенты каналов вертикального отклонения 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

При помощи вольтметра проверить выходное напряжение холостого хода источника, которое должно составлять 47 В $\pm 5\%$.



Рис. 3.6. Форма напряжения на коллекторе транзистора VT6

Испытание при номинальной нагрузке

Для проведения испытаний при номинальной нагрузке необходимо сделать следующее:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить максимальный сварочный ток, вращая его по часовой стрелке до упора;
- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к максимальному значению;
- ♦ убедиться в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 3.7;
- ♦ убедиться в том, что выходной ток равен максимальному значению с точностью $\pm 10\%$. Если выходной ток не соответствует требуемому, то отрегулируйте его, используя подстроечный резистор R35 (рис. 3.1);
- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.

**Примечание.**

Режим измерения (рис. 3.6): коэффициенты каналов вертикального отклонения 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

Проверка тепловой защиты

С параметрами настройки и нагрузки, используемыми в предыдущем пункте, включаем сварочный источник и оставляем его работать до момента срабатывания защита от перегрева ключевых транзисторов инвертора (загорится светодиод HL1 (рис. 3.1) «Термозащита»). После охлаждения и автоматического сброса тепловой защиты, отключаем сварочный источник и проводим тщательный осмотр внутренних силовых цепей на отсутствие дефектов и подгорания. Если всё нормально, то собираем сварочный источник.

Рабочее испытание

Проверенным и настроенным сварочным источником при максимальном токе выполнить пробный сварочный шов.

СВАРОЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЕМЕЙСТВА RANGER

Семейство Rander достаточно многочисленно. Сварочные источники этого семейства отличаются интересным конструктивным исполнением и выпускаются на токи от 140 до 250 А.

В этой главе рассматриваются источники, используемые для технологий MMA. Однако эта информация будет полезна и при ремонте TIG источников, которые во многом подобны MMA источникам.

4.1. Первое знакомство

Состав семейства RANGER

Источники семейства RANGER присутствуют на рынке под торговыми марками:

- ♦ Ranger WELDER inverter-160/200/250DC
- ♦ VITA MMA-200/250
- ♦ Кувалда.ру MMA-160/180/200M
- ♦ Спецмаш АИС-22160/22200
- ♦ Темп ИСА-180/200
- ♦ УРАЛЭЛЕКТРО ЭИСА-140/200.

Не смотря на различия в названиях, эти источники имеют одинаковое схемное и компоновочное решение.

**Примечание.**

Различия между этими источниками не существенны. Поэтому достаточно рассмотреть какой-то один из них, чтобы получить полное представление о семействе.

Технические параметры и разновидности источника Ranger WELDER inverter-160DC

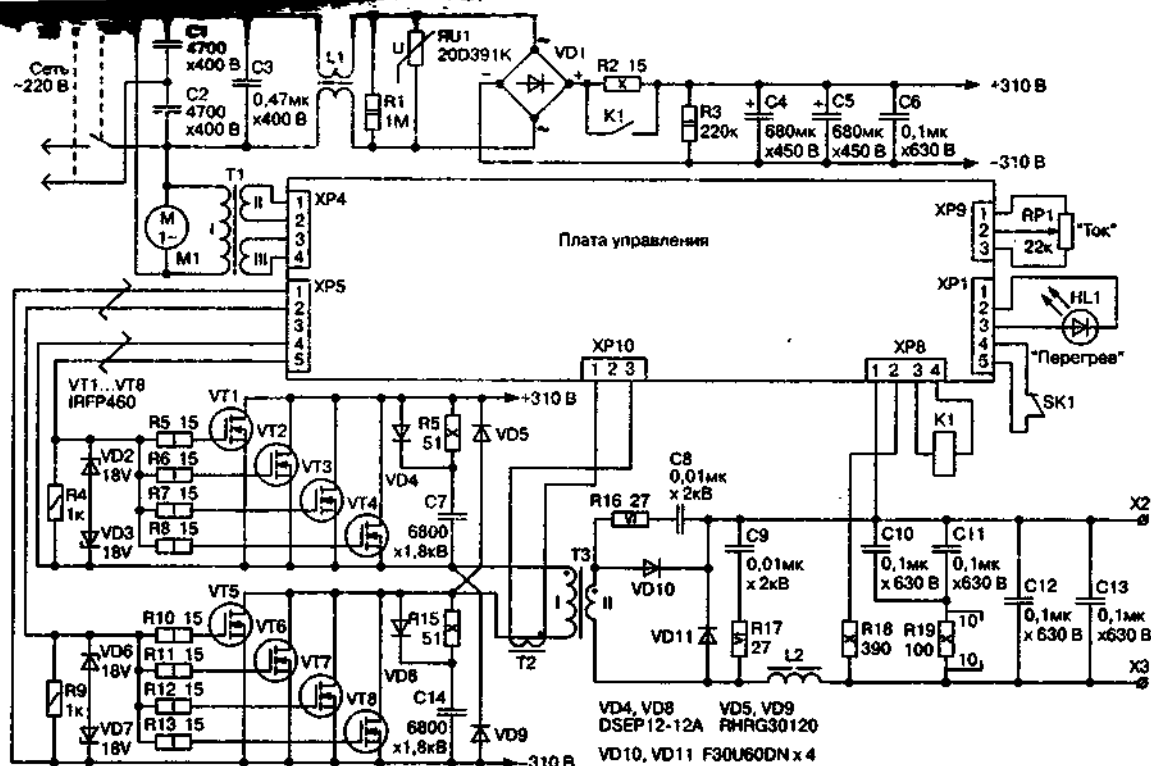
Остановим свой выбор на сварочном источнике Ranger WELDER inverter-160DC. Точный производитель сварочного источника не известен. Существуют версии этого источника 160DC, 200DC и 250DC, соответственно рассчитанные на максимальный сварочный ток 160, 200 и 250 А.

Эти версии различаются между собой лишь мощностью и количеством силовых элементов. Рассмотрим сварочный источник Ranger WELDER inverter-160DC (далее по тексту просто RANDER), имеющий следующие технические параметры:

- ♦ напряжение питающей сети, В 220
- ♦ частота питающей сети, Гц 50
- ♦ мощность, потребляемая из сети, кВА 5,5
- ♦ сила сварочного тока, А 20—160
- ♦ рекомендуемый диаметр электрода, мм 1,6—3,2
- ♦ тип изоляции Н
- ♦ защита IP21
- ♦ вес, кг. 7
- ♦ размеры (длина×ширина×высота), мм 465×255×385

4.2. Силовые цепи

RANDER -160DC представляет из себя сварочный источник инверторного типа. Он оборудован тепловой защитой и защитой от короткого замыкания.



На рис. 4.1 изображена принципиальная электрическая схема силовых цепей сварочного источника.

Сварочный источник подключается к сети 220 В 50 Гц при помощи гибкого шнура и сетевой вилки X1. Переменное напряжение сети, через выключатель SF1, поступает на дроссель L1, который совместно с конденсаторами C1—C3 образует LC фильтр.

Этот фильтр позволяет снизить уровень радиопомех, проникающих в питающую сеть из работающего преобразователя сварочного источника. С выхода фильтра сетевое напряжение поступает на вход двухполупериодного выпрямителя VD1.

Параллельно входу выпрямителя подключены резистор R1 и варистор RU1. Мощный варистор RU1, совместно с автоматическим выключателем SF1, образует простейшую защиту сварочного источника от повышенного напряжения сети. Резистор R1 создает цепь разряда конденсаторов C1—C3 после отключения сварочного источника из сети.

С выхода выпрямителя VD1 выпрямленное напряжение, через зарядный резистор R2, поступает на конденсаторы фильтра C4—C6, которые служат для сглаживания пульсации выпрямленного напряжения.

Зарядный резистор R2 ограничивает величину зарядного тока конденсаторов фильтра на уровне безопасном для самих конденсаторов, а также выпрямителя VD1. По истечении некоторого времени (примерно 2 с), достаточного для полной зарядки этих конденсаторов, зарядный резистор шунтируется при помощи контакта реле K1, которое включается по команде платы управления.

Резистор R3 служит для разряда конденсаторов фильтра после отключения источника из сети.

Выпрямленное и сглаженное постоянное напряжение с выхода фильтра поступает на двухтранзисторный однотактный прямоходовый преобразователь (косой мост). Мост выполнен на элементах VT1—VT8, VD2—VD9, R4—R15, C7, C14. Он преобразует постоянное напряжение в переменное, частотой при-

мерно 40 кГц. Устройство и работа такого преобразователя рассматривались ранее в главе 1.

Переменное напряжение с выхода преобразователя через трансформатор тока Т2 поступает на первичную обмотку силового высокочастотного трансформатора Т3, который:

- ♦ снижает величину переменного напряжения до требуемого уровня;
- ♦ служит для осуществления гальванической развязки сварочной цепи от питающей сети.

Переменное напряжение на вторичной обмотке трансформатора Т3 выпрямляется при помощи диода VD10 и через дроссель L2 и клеммы X2, X3 поступает в сварочную цепь. Дроссель L2 служит для сглаживания пульсации сварочного тока, а диод VD11 создает путь для протекания тока в паузах работы выпрямителя на диоде VD10. Демпфирующие RC цепочки R16C8 и R17C9 подавляют паразитные ВЧ колебания, возникающие на диодах VD10 и VD11 в моменты их коммутации.

Демпфирующая цепочка R19, C10, C11, совместно с конденсаторами C12, C13 и индуктивностью дросселя L2, образуют низкочастотный фильтр, эффективно подавляющий радиопомехи, проникающие из преобразователя в сварочную цепь. На холостом ходу дроссель L2 не оказывает усредняющего действия. Поэтому конденсаторы C10—C13 могут заряжаться до амплитудного значения импульса, присутствующего на выходе выпрямителя VD11. Это напряжение может достигать значения превышающего 110 В, но ограничивается специальным узлом блокировки холостого хода, расположенным на плате управления.

Вентилятор M1 служит для охлаждения силовых электронных компонентов, трансформатора и дросселя сварочного источника.

Трансформатор Т1 служит для питания цепей, расположенных на плате управления.

Потенциометр RP1 «Ток» расположен на передней панели сварочного источника и служит для установки величины сварочного тока.

Светодиод HL1 «Перегрев» также расположен на передней панели источника и служит для индикации перегрева транзисторов преобразователя.

Температура транзисторов преобразователя контролируется при помощи контактного термостата SK1, установленного на радиаторе охлаждения.

4.3. Плата управления

Назначение платы управления

Узлы, расположенные на плате управления сварочного источника RANDEP:

- ♦ осуществляют управление транзисторами мостового преобразователя;
- ♦ формируют внешнюю падающую вольтамперную характеристику (BAX), которая необходима для сварочных технологий MMA и TIG;
- ♦ осуществляют защиту преобразователя от перегрузки и перегрева.

С помощью платы управления осуществляется плавная установка сварочного тока в диапазоне от минимального до максимального.

Управление сварочного источника RANDEP построено на базе ШИМ контроллера KA3525A (UC3525), см. п. 10.1.

Принципиальная электрическая схема платы управления

Принципиальная электрическая схема платы управления сварочного источника RANDEP изображена на рис. 4.2.

Питание узлов, расположенных на плате управления, осуществляется от двух стабилизированных источников питания напряжением 12 В. Эти источники изолированы друг от друга

питаются от различных вторичных обмоток маломощного сетевого трансформатора Т1 (рис. 4.1):

- ♦ **первый источник**, собранный на элементах DA1, VD23—VD26, C7, C8, C10, C12, служит для питания узла блокировки холостого хода;
- ♦ **второй источник**, собранный на элементах DA4, VD28, C1, C2, C6, служит для питания остальных цепей управления.

После включения сварочного источника в сеть, электронное реле времени, собранное на элементах VT1, VT2, VD1, VD5, VD6, C9, R1, R5, R9, R56 с задержкой примерно 2 с, обеспечивает срабатывание реле К1 (рис. 4.1), которое своими контактами шунтирует зарядный резистор R2.



Примечание.

Задержка срабатывания определяется временем зарядки конденсатора C9 и напряжением стабилитрона VD5.

Конденсатор мягкого старта C30, емкостью 1 мкФ, обеспечивает задержку включения ШИМ-контроллера DA2 на 15 мс, с последующим его выходом в режим за время 100 мс.

Частота внутреннего генератора DA2 составляет примерно 80 кГц и определяется внешними частотоподающими элементами R13, R14, C11.

Для управления одноканальным преобразователем сварочного источника используется только один выход ОУА микросхемы DA2. Эта мера позволяет ограничить максимальное заполнение ШИМ импульсов на уровне 0,5. При этом преобразователь работает на частоте, в два раза меньшей (40 кГц).

Узел регулировки сварочного тока построен на основе компаратора DA3.2 и использует релейный алгоритм регулирования. Выход компаратора DA3.2 через диод VD22 подключен к входу CPS, который внутри микросхемы DA2 связан с прямым входом компаратора ШИМ.

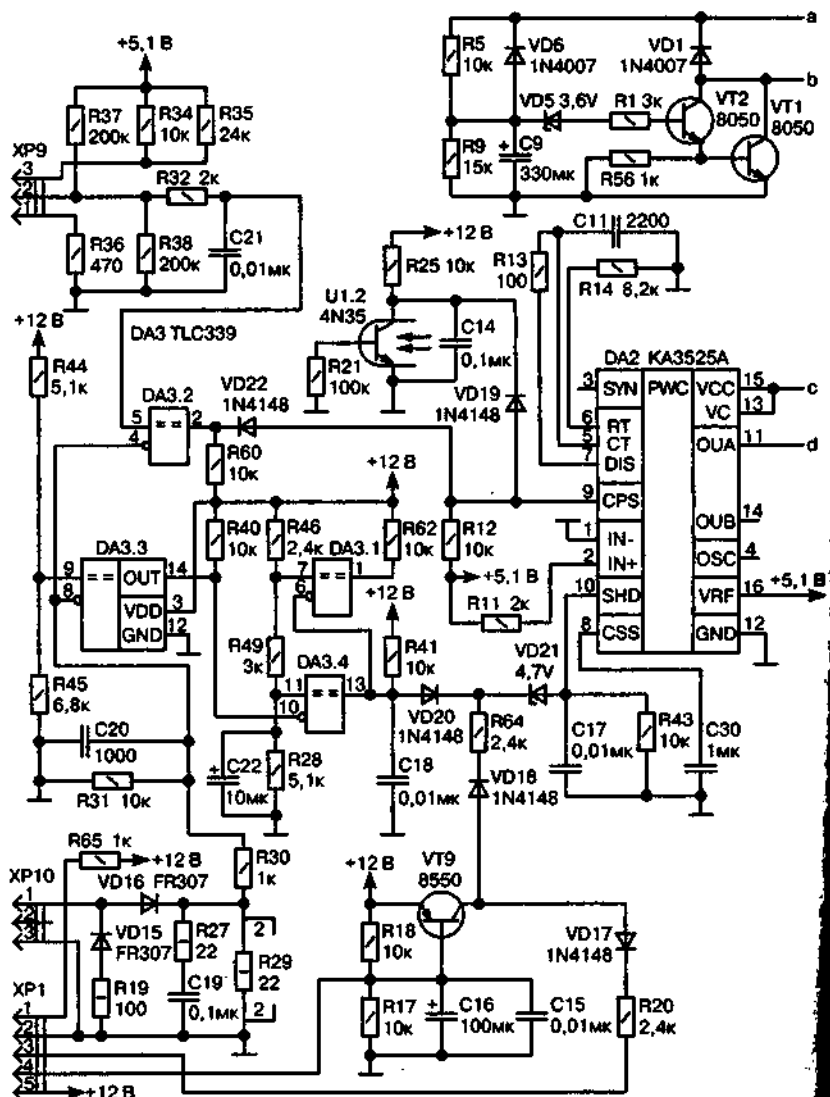
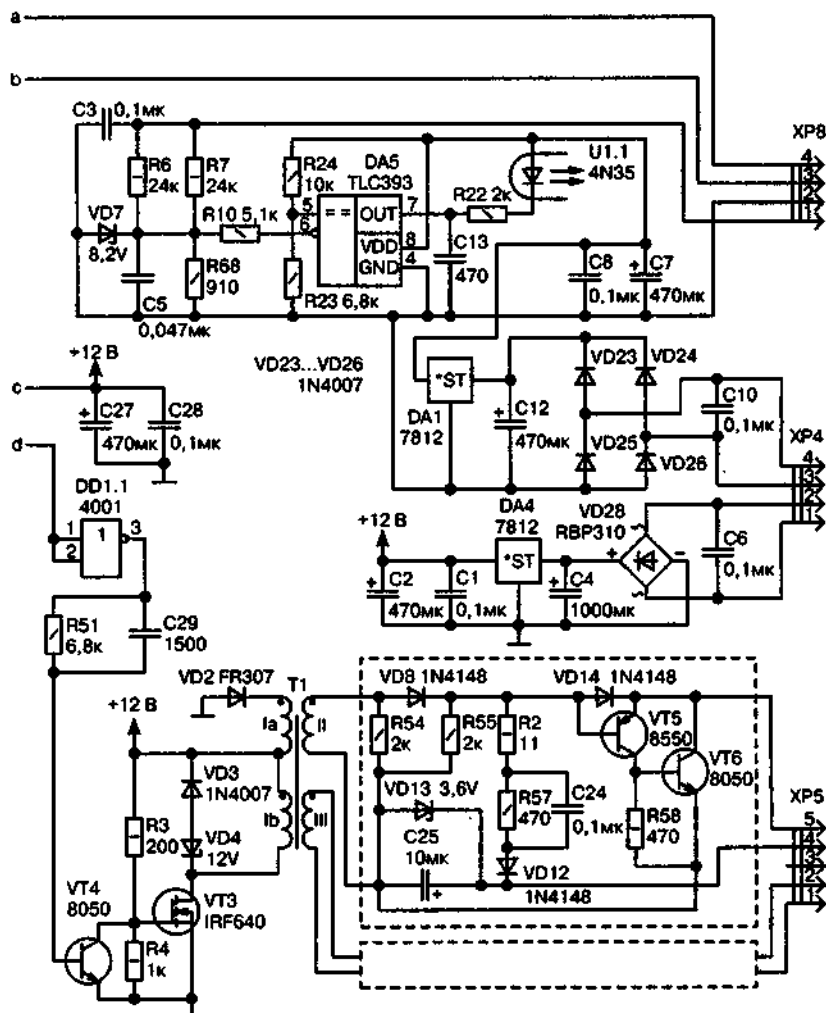


Рис. 4.2. Принципиальная электрическая схема платы управления



**Примечание.**

Таким образом, низкий уровень на выходе DA3.2 способен запрещать или прерывать формирования импульса управления на выходе OUA DA2, осуществляя, таким образом, его широтно-импульсную модуляцию.

Усилитель ошибки микросхемы DA2 не используется и заблокирован подачей напряжения +5,1 В через резистор R11 на прямой вход IN+ усилителя ошибки.

Вход IN- подключен к общему проводу. При этом на выходе усилителя ошибки присутствует высокий уровень. Кроме этого, для компенсации утечек тока во внешние цепи дополнительно подтянут к потенциалу +5,1 В при помощи резистора R12.

Напряжение задания сварочного тока формируется при помощи потенциометра RP1 (рис. 4.1), расположенного на передней панели сварочного источника.

Потенциометр при помощи разъема XP9 подключается к плате управления и входит в состав делителя напряжения R34, R35, RP1, R36. При вращении ручки потенциометра RP1, напряжение на его движке изменяется в диапазоне от 0,1 В до 3,8 В, что соответствует изменению сварочного тока в диапазоне от 20 до 160 А.

Низкочастотный фильтр R32, C21 подавляет высокочастотные помехи, которые могут наводиться на потенциометр и его цепи подключения. Делитель напряжения R37, R38 служит для формирования среднего напряжения задания величиной 2,55 В (в случае, если потенциометр RP1 по какой-то причине не подключен к плате управления).

**Примечание.**

Эта мера позволяет избежать аварийных ситуаций при повреждении потенциометра или электрической связи с ним.

Для обеспечения токовой обратной связи используется трансформатор тока Т2, первичная обмотка которого включена последовательно с первичной обмоткой высокочастотного силового трансформатора Т3 (рис. 4.1).

Вторичная обмотка трансформатора тока при помощи разъема ХР10 подключается к узлу формирования сигнала обратной связи, расположенному на плате управления и собранному на элементах VD15, VD16, C19, R19, R27, R29.

В соответствии с фазировкой трансформаторов Т2 и Т3, во время прямого хода преобразователя открыт диод VD16 и обмотка трансформатора тока нагружена на резистор R29.

Демпфирующая цепочка R27, C19 служит для подавления высокочастотных пульсаций сигнала. Пропорциональное току напряжение с шунта через фильтрующую и нормирующую цепочку R30, R31, C20 поступает в схему управления, где используется для защиты и стабилизации сварочного тока.

Во время обратного хода полярность напряжения на обмотке трансформатора тока меняется. Поэтому диод VD16 запирается, а VD15 отпирается и подключает к обмотке нагрузочный резистор R19, сопротивление которого почти в 10 раз превышает сопротивление R29.



Примечание.

Это позволяет гарантированно размагнитить сердечник трансформатора тока за время обратного хода преобразователя.

Напряжение задания подается на прямой вход, а напряжение обратной связи на инверсный вход компаратора DA3.2.

ШИМ преобразователя осуществляется следующим образом. В начале периода работы преобразователя триггер ШИМ микросхемы DA2 сбрасывается, и на выходе OUA устанавливается активный высокий уровень, который открывает транзисторы

преобразователя. При этом ток в сварочной цепи начинает нарастать.

Пока ток меньше заданного, на выходе DA3.2 присутствует высокий уровень, который удерживает диод VD22 в запертом состоянии. Но как только текущее значение тока превысит заданное, на выходе DA3.2 сформируется низкий уровень, который, через диод VD22, пройдет на вход CPS микросхемы DA2. В результате внутренний триггер ШИМ (рис. 9.7) микросхемы DA2 устанавливается и сохраняет свое состояние до начала следующего периода. При этом на выходе OUA формируется низкий уровень, который закрывает транзисторы преобразователя.

Узел, собранный на компараторе DA3.3, служит для защиты элементов преобразователя в аварийных ситуациях. Например, при пробое диодов VD10, VD11 выпрямителя или дефектах силового трансформатора Т3 (рис. 4.1). Порог узла токовой защиты определяется делителем напряжения R44, R45 и на 35% превышает максимальный сварочный ток.

В случае превышения этого порога, на выходе DA3.3 формируется низкий уровень, который инвертируется компаратором DA3.4, и через диод VD20 и стабилитрон VD21 поступает на вход SHD микросхемы DA2. При этом выходы OUA и OUB этой микросхемы переводятся в неактивное низкое состояние, конденсатор C30 разряжается и формируется последующий цикл мягкого старта. Благодаря внедрению циклов мягкого старта длительностью 15 мс, нагрузка транзисторов преобразователя снижается до безопасного уровня.

Тепловая защита транзисторов преобразователя осуществляется при помощи контактного термостата SK1 (рис. 4.1), который подключается к плате управления при помощи разъема XP1. Узел тепловой защиты собран на элементах VT9, VD17, VD18, C15, C16, R17, R18, R20, R64. Пока температура транзисторов преобразователя ниже максимальной, нормально закрытый контакт термостата удерживает транзистор VT9 в запертом состоянии, шунтируя его переход база-эмиттер.

В случае, если температура превысила максимально допустимую, контакт термостата SK1 размыкается, конденсаторы C15, C16 разряжаются, через резистор R17 и транзистор VT9 открывается. При этом напряжение +12 В поступает на вход SHD микросхемы DA2, блокируя ее работу по цепи:

+12 В → открытый транзистор VT9 → VD18 → R64 → VD21.

Одновременно по цепи:

+12 В → открытый транзистор VT9 → VD17 → R20 → XP1.3 → HL1 (рис. 4.1) → XP1.2 → общий провод

зажигается светодиод HL1 «Перегрев», сигнализирующий о срабатывании термозащиты.

После снижения температуры контакты термостата SK1 замыкаются, транзистор VT9 закрывается и осуществляется мягкий старт ШИМ-контроллера DA2.

Мощности выходного каскада микросхемы DA2 не достаточно для непосредственного управления транзисторами преобразователя. Поэтому в сварочном источнике используется трансформаторный драйвер, который:

- ♦ усиливает сигнал управления по мощности;
- ♦ осуществляет гальваническую развязку цепей управления, находящихся под напряжением относительно друг друга.

Основой драйвера является трансформатор гальванической развязки (ТГР) Т1. Для управления двумя транзисторами прямоходового преобразователя используются два аналогичных канала, подключенных к обмоткам II и III Т1. Первичная обмотка Ib Т1 включена в сток транзистора VT3. Транзистор VT3 и трансформатор Т1 образуют простейший однотактный прямоходовый преобразователь.



Примечание.

Причем прямой ход этого преобразователя совпадает с прямым ходом основного преобразователя сварочного источника.

Дополнительная обмотка Ia и диод VD2 служат для возврата в источник питания энергии, накопленной в сердечнике T1.

Цепочка VD3, VD4 во время обратного хода фиксирует напряжение обмотки Ib на уровне 12 В.

Цепочка из логического элемента DD1.1 и транзисторного каскада на элементах VT4, C29, R3, R4, R51 без инверсии транслирует сигнал управления с выхода OUA микросхемы DA2 на затвор VT3.



Примечание.

Так как оба канала драйвера аналогичны, то достаточно ознакомиться с работой одного, например, подключенного к обмотке II T1.

Когда на выходе OUA микросхемы присутствует импульс управления:

- ♦ транзистор VT3 открыт;
- ♦ на обмотках трансформатора T1 генерируется напряжение, приложенное плюсом к началу (отмечено точкой на рис. 4.2).

Благодаря этому диоды VD8 и VD14 находятся в проводящем состоянии, и отпирающий импульс управления через разъем XP5 поступает на затвор транзистора преобразователя. Одновременно, по цепи R2, R57 и C24, VD12 заряжается конденсатор C25. Максимальное напряжение на этом конденсаторе ограничивается на уровне 3,6 В, при помощи стабилитрона VD13.

После окончания импульса управления высокий уровень на выходе OUA DA3 меняется на низкий, и транзистор VT3 запирается. При этом полярность напряжения на обмотке T1 меняет знак. Диоды VD8 и VD14 запираются, а обмотка II остается нагруженной только сопротивлением R54. Затвор транзистора преобразователя через составной транзистор VT5, VT6 соединяется с левой обкладкой конденсатора C25.

При этом к затвору транзистора преобразователя прикладывается в запирающей полярности напряжение 3,6 В. После окончания текущего периода ШИМ, все повторяется в рассмотренном ранее порядке.

Ранее уже упоминался узел блокировки холостого хода, который ограничивает выходное напряжение холостого хода источника. Этот узел собран на основе компаратора DA5 и содержит элементы U1, VD7, C3, C5, C13, R6, R7, R22, R23, R24, R68.

Порог срабатывания узла ограничения холостого хода составляет 70 В и определяется делителем напряжения R23, R24, формирующего опорное напряжение 4,86 В, приложенное к прямому входу компаратора.

Выходное напряжение источника через разъем XP8, делитель напряжения R6, R7, R68 и резистор R10 прикладывается к инвертирующему входу DA5.

Если выходное напряжение источника не достигает 70 В, то на выходе DA5 присутствует высокий уровень, и ток через светодиод оптопары U1.1 не протекает.

Если же выходное напряжение превышает установленный порог, то на выходе DA5 формируется низкий уровень, а через светодиод U1.1 и резистор R22 протекает ток. В результате этого транзистор U1.2 открывается и через диод VD19 притягивает к общему проводу вход CPS микросхемы DA2, блокируя работу преобразователя. После снижения выходного напряжения, транзистор U1.2 закрывается и работа преобразователя возобновляется. Таким образом, на выходе сварочного источника поддерживается напряжение холостого хода 70 В.

4.4. Ремонт и проверка сварочного источника

Необходимые приборы и оборудование

Для проведения ремонта нам потребуются следующие приборы и оборудование:

- ♦ осциллограф (желательно двулучевой);
- ♦ цифровой мультиметр;
- ♦ регулируемый источник постоянного напряжения 0—30 В, 5 А (например типа PS-305D);
- ♦ сварочный балластный реостат РБ-315;
- ♦ амперметр постоянного тока на 200 А.

Методика осмотра инверторного сварочного источника

Ремонт сварочного источника необходимо начать с выполнения общей методики осмотра инверторного сварочного источника (раздел 1.2).



Совет.

Если при общей проверке силовых компонентов были выявлены поврежденные, то не надо спешить с их заменой и последующим включением источника в сеть. Это может привести к повторению аварии, т. к. выгорание силовых компонентов зачастую влечет за собой повреждение соответствующих цепей управления.

Проверка платы управления

Поэтому, произведя необходимые замены, перейдем к проверке платы управления. Расположение элементов на плате управления сварочного источника RANER изображено на рис. 4.3.

Перед тем, как приступить к проверке платы управления, необходимо отключить силовое питание от преобразователя

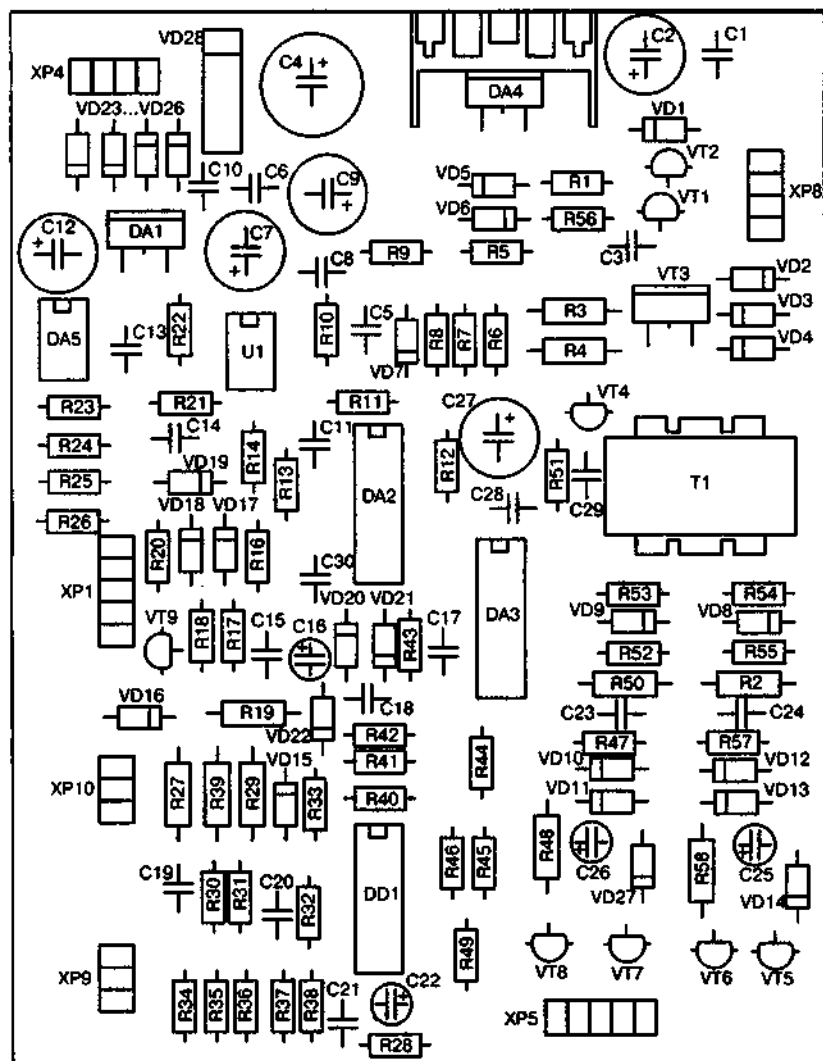


Рис. 4.3. Расположение элементов на плате управления сварочного источника RANGER

сварочного источника. Для этого, например, можно разорвать провод, идущий к выводу «~» выпрямительного моста VD1 (рис. 4.1).



Внимание.

Чтобы обезопасить работы, на время испытания цепей управления, сварочный источник подключается к сети через разделительный трансформатор 220/220 В мощностью 100—200 Вт.

Подключаем источник через разделительный трансформатор и включаем его, переведя переключатель SF1 (рис. 4.1) в положение «ON». После включения сварочного источника сразу начинает работать вентилятор охлаждения, и с задержкой 2 с включается реле K1. Если реле не включилось или включилось без задержки, то это говорит о неисправности блока питания цепей управления или схемы электронного реле времени.

В этом случае нужно определить неисправный узел и добиться его работоспособности. При этом судить о включении реле K1 нужно не только по характерному щелчку, но контролируя при помощи омметра состояние его контакта. Одновременно необходимо убедиться в исправности зарядного резистора R2.

Далее необходимо проверить:

- ♦ наличие напряжения +12 В на выходе стабилизаторов DA1 и DA2;
- ♦ наличие напряжения 5,1 В на ножке 16 микросхемы DA2.

При этом надо руководствоваться принципиальной электрической схемой блока управления (рис. 4.2) и расположением элементов на плате управления (рис. 4.3). После проверки напряжений питания (с помощью осциллографа) необходимо убедиться в наличии управляющих сигналов на затворах всех транзисторов преобразователя.

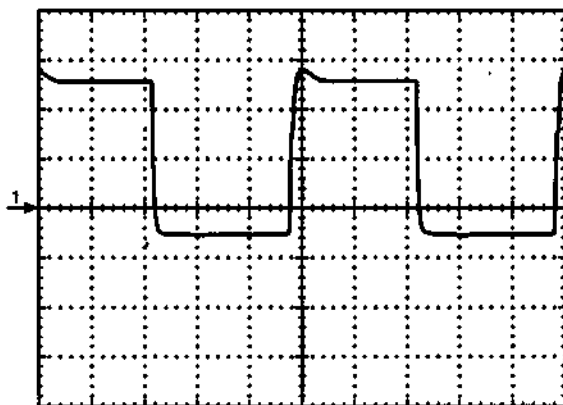


Рис. 4.4. Импульсы управления на затворах транзисторов преобразователя

Там должны присутствовать прямоугольные импульсы управления, следующие с частотой 40 кГц и имеющие заполнение 0,5. Положительная амплитуда импульсов 12 В, а отрицательная –3 В (рис. 4.4). Режим измерения: коэффициент канала вертикального отклонения 5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

Если управляющие импульсы на затворах транзисторов преобразователя отсутствуют (на некоторых или сразу на всех), то необходимо локализовать неисправность и найти неисправный элемент. Для этого, первым делом, проверяем наличие импульсов на обмотках II и III трансформатора Т1 (рис. 4.5). Режим измерения: коэффициент канала вертикального отклонения 5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

Если там импульсы присутствуют, то это говорит о неисправности канала драйвера. Если импульсы отсутствуют, то следует дальше продвигаться по цепочке передачи импульса управления, локализуя неисправный фрагмент, вплоть до ножки 11 (OUA) микросхемы DA2.

Если импульсы управления отсутствуют на выходе OUA DA2, то необходимо (с помощью осциллографа) проверить на-

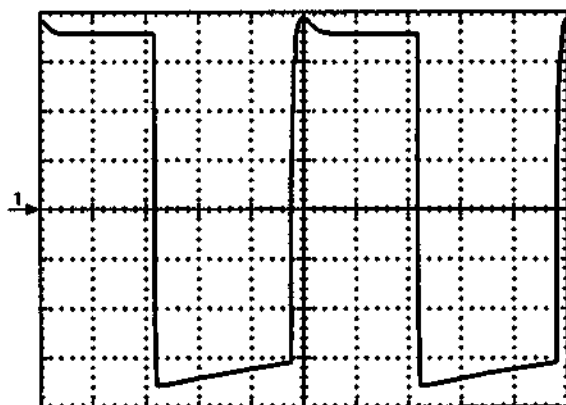


Рис. 4.5. Импульсы управления на обмотках II и III трансформатора T1

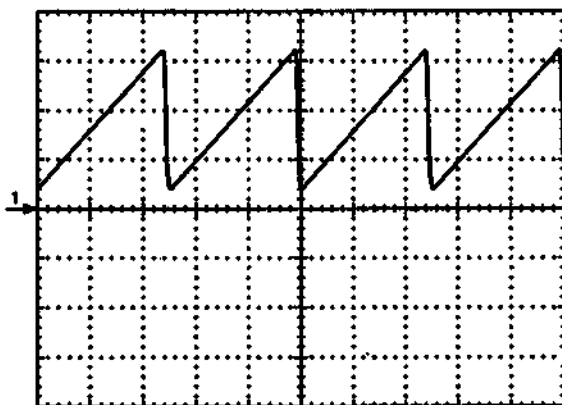


Рис. 4.6. Пилообразное напряжение на ножке 5 DA2. Режим измерения: коэффициент канала вертикального отклонения 1 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

личие пилообразного напряжения на ножке 5 DA2 (рис. 4.6). Отсутствие пилообразного напряжения может являться поводом для замены микросхемы DA2. Если же пила присутствует, то проверяем напряжение на ножках 9 и 8. Там должно быть 5 В и 0 В, соответственно.

**Примечание.**

Если реальные режимы не соответствуют указанным, то следует выявить узел, который генерирует не верный аварийный или управляющий сигнал. Например, причиной высокого уровня на ножке 8 может являться выпавший разъем XP1 или неисправный термостат SK1.

Добившись наличия управляющих сигналов на затворах транзисторов преобразователя, можно перейти к проверке регулятора и схемы блокировки холостого хода. Для этого от постороннего регулируемого источника подадим постоянное напряжение 0—6 В на резистор R29. При этом плюсовой вывод источника подключается к точке соединения резисторов R29, R30.

Устанавливаем различные уровни этого напряжения и, вращая ручку потенциометра RP1 «Ток», расположенного на передней панели источника, проверяем срабатывание компаратора DA3.2, а также компаратора DA3.3 при установке максимальной величины (+6 В) тестового напряжения. Срабатывание узла блокировки холостого хода можно проверить, закоротив ножку 7 компаратора DA5 с общим проводом. При этом на ножке 9 DA2 высокий уровень должен смениться низким уровнем.

Полная проверка сварочного источника

После того, как мы убедились в работоспособности платы управления, можно приступить к полной проверке сварочного источника. Для начала, отпаянный ранее провод подключаем к выпрямительному мосту VD1. Далее разрываем плюсовой провод, идущий от конденсаторов C4—C6 к преобразователю, и врезаем туда лампочку мощностью 100—150 Вт.

**Примечание.**

Если после включения источника лампочка горит в полный накал, то что-то не в порядке. Необходимо повто-

ритель цикл ремонтных мероприятий с самого начала, но с большим пристрастием. Если же после включения источника лампочка не горит или горит слабым накалом, то это является хорошим знаком.

После прохождения этого теста можно убрать лампочку, включить сварочный источник в сеть непосредственно и приступить к испытанию при номинальной нагрузке.

Для проведения испытаний сварочного источника под нагрузкой необходимо обзавестись эквивалентом нагрузки, роль которого с успехом может выполнить сварочный балластный реостат РБ-315 (табл. 10.1). В крайнем случае, можно использовать несколько мощных проволочных резисторов, изготовленных из толстого ($\varnothing 4\text{—}5\text{ мм}$) нихрома.

Нагрузочные испытания проводятся на исправном аппарате перед его окончательной сборкой в корпус. В ходе испытаний при включенной нагрузке не допускается производить какие-то переключения внутри источника.



Внимание.

Помните, что все цепи сварочного источника находятся под высоким постоянным напряжением. Поэтому, чтобы исключить получение электрического удара во время работы нужно проявлять предельную внимательность и осторожность. При этом следует помнить, что металлический корпус осциллографа также находится под напряжением и является источником опасности. Поэтому необходимо избегать электрического контакта с корпусом осциллографа при работающем сварочном источнике. А все манипуляции с его ручками управления и щупами нужно производить при отключенном от сети сварочном источнике.

4.5. Испытания сварочного источника

Подготовка к испытанию

Подключить сварочный источник к балластному реостату, используя кабели, входящие в комплект изделия. Последовательно с реостатом включить амперметр.

Установить на осциллографе коэффициент обоих каналов вертикального отклонения 10 В/дел. Коэффициент развертки установить 5 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупах обоих каналов перевести в положение 1/10. Щуп первого канала подключить к истоку одного из транзисторов VT1—VT4, а щуп второго канала к стоку одного из транзисторов VT5—VT8. Заземляющие зажимы подключить к шине –310 В (рис. 4.1).

Установить мультиметр в режим измерения постоянного напряжения на пределе 200 В и подключить его щупы к выходам (+) и (–) источника. Подключить питающий кабель сварочного источника к сети 230 В и включить сетевой выключатель аппарата.



Внимание.

В течение испытаний необходимо избегать контакта с металлическими поверхностями измерительных приборов, т. к. они находятся под высоким напряжением.

Испытание на холостом ходу

При помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить максимальный сварочный ток 160 А, вращая его по часовой стрелке до упора.

На балластном реостате все переключатели переведите в выключенное положение.

Убедитесь в том, что:

- ♦ форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 4.7;
- ♦ напряжение холостого хода равно $70 \text{ В} \pm 10\%$.

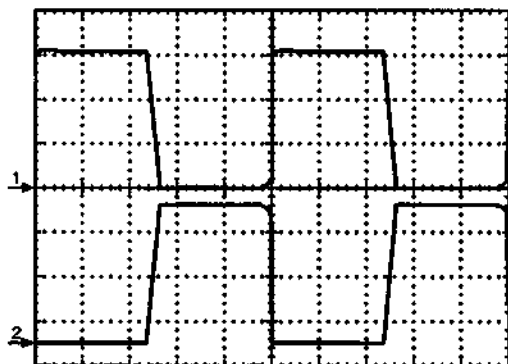


Рис. 4.7. Форма сигналов на истоке транзисторов VT1—VT4 (1-й канал) и стоке транзисторов VT5—VT8 (2-й канал) на холостом ходу сварочного источника



Примечание.

Режим измерения (рис. 4.7): коэффициенты каналов вертикального отклонения 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

Испытание при номинальной нагрузке

При помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить максимальный сварочный ток 160 А, вращая его по часовой стрелке до упора.

Воспользовавшись табл. 9.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 160 А.

Убедитесь в том, что:

- ♦ форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 4.8;
- ♦ выходной ток равен $160 \text{ А} \pm 10 \%$;
- ♦ при этом выходное напряжение равно $26,4 \text{ В} \pm 10 \%$.

Отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.

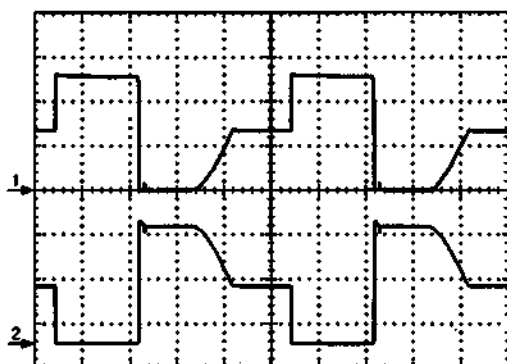


Рис. 4.8. Форма сигналов на истоке транзисторов VT1—VT4 (1-й канал) и истоке транзисторов VT5—VT8 (2-й канал) при максимальном сварочном токе



Примечание.

Режим измерения (рис. 4.8): коэффициенты каналов вертикального отклонения 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

Проверка тепловой защиты

С параметрами настройки и нагрузки, используемыми в предыдущем пункте, включаем сварочный источник и оставляем его работать до момента срабатывания защита от перегрева ключевых транзисторов инвертора (загорится светодиод HL1 (рис. 4.1) «Перегрев»). После охлаждения и автоматического сброса тепловой защиты, отключаем сварочный источник и проводим тщательный осмотр внутренних силовых цепей на отсутствие дефектов и подгорания. Если всё нормально, то собираем сварочный источник.

Рабочее испытание

Проверенным и настроенным сварочным источником при токе 100 А выполнить пробный сварочный шов (диаметр электрода 2,5 мм).

СВАРОЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЕМЕЙСТВА TECNICA

Сварочные источники семейства TECNICA являются, пожалуй, наиболее многочисленными. Эти источники отличаются высокой технологичностью сборки. На рынке в качестве ремонтного комплекта присутствуют полностью собранные и отлаженные платы для этих источников. Это является дополнительным стимулом для разрастания данного семейства.

5.1. Состав семейства TECNICA

К семейству TECNICA относятся сварочные источники:

- ♦ Telwin TECNICA-164/144;
- ♦ Telwin TECNICA-161/141;
- ♦ BlueWeld PRESTIGE-164/144;
- ♦ BlueWeld PRESTIGE-161/141;
- ♦ Kaiser TOP-100ES;
- ♦ Profhelper Solution 180 A;
- ♦ SONSCN ARC100P/160P/180P/200P;
- ♦ SONGSHI;
- ♦ PECAHTA CAИ-160;
- ♦ Русич Red Welder i2100.

Не смотря на то, что эти источники выпускаются различными производителями под различными торговыми марками, они имеют весьма похожие схемные и компоновочные решения.

Возможно, это семейство одно из наиболее массовых на рынке инверторных сварочных источников.

Не в последнюю очередь этому способствует то, что для этого источника можно приобретать полностью собранные и настроенные платы [<http://www.sonscn.com>, <http://sonscn.en.alibaba.com>], которые могут быть использованы для производства сварочных источников. Поэтому, скорей всего, в ближайшее время это семейство в очередной раз пополнится множеством новых торговых марок.



Примечание.

Так как различие между этими источниками не существенны, то достаточно рассмотреть некоторые из них, чтобы получить полное представление о семействе.

Остановим свой выбор на сварочных источниках Telwin TECNICA-164/144 и Telwin TECNICA-161/141, которые получили наибольшее распространение на рынке. Эти источники выпускаются производственной компанией «TELWIN» [<http://www.telwin.com>].

5.2. Сварочный источник TELWIN TECNICA-164/144

5.2.1. Технические параметры источника TELWIN TECNICA-164/144

Существующие версии этого источника TECNICA-144 и TECNICA-164, соответственно рассчитанные на максимальный сварочный ток 120 и 150 А. Эти версии различаются между собой лишь мощностью и количеством силовых элементов. Рассмотрим сварочный источник TECNICA-164, имеющий следующие технические параметры:

- ♦ напряжение, В. 230 \pm 15%;
- ♦ номинальная частота, Гц 50;

- ♦ максимальная потребляемая мощность, кВт 4,6;
- ♦ потребляемая мощность (60%), кВт 1,6;
- ♦ сварочный ток, А 5—150 (125);
- ♦ напряжение холостого хода, В 76;
- ♦ диаметр электрода, мм 1,6—4,0;
- ♦ сварочный ток
при цикле работы ЦР 10 (15)%, А 150 (125);
- ♦ сварочный ток при цикле работы ЦР 70%, А 70;
- ♦ коэффициент мощности $\cos \phi$ 0,6;
- ♦ класс изоляции Н;
- ♦ класс защиты IP 21;
- ♦ габаритные размеры, мм 310×120×225;
- ♦ вес, кг 3,4.

5.2.2. Силовые цепи источника TELWIN TECNICA-164/144

Принципиальная схема

TELWIN TECNICA-164/144 представляет из себя сварочный источник инверторного типа. Он оборудован тепловой защитой и защитой от короткого замыкания. На рис. 5.1 изображена принципиальная электрическая схема силовых цепей сварочного источника.

Сварочный источник подключается к сети 220 В 50 Гц при помощи гибкого шнура и сетевой вилки Х1.

Работа силовых цепей источника

Переменное напряжение сети через выключатель SF1 поступает на двухобмоточный дроссель Т4, который, совместно с конденсаторами С1, С8, С15, образует LC фильтр.

Этот фильтр позволяет снизить уровень радиопомех, проникающих в питающую сеть из работающего преобразователя

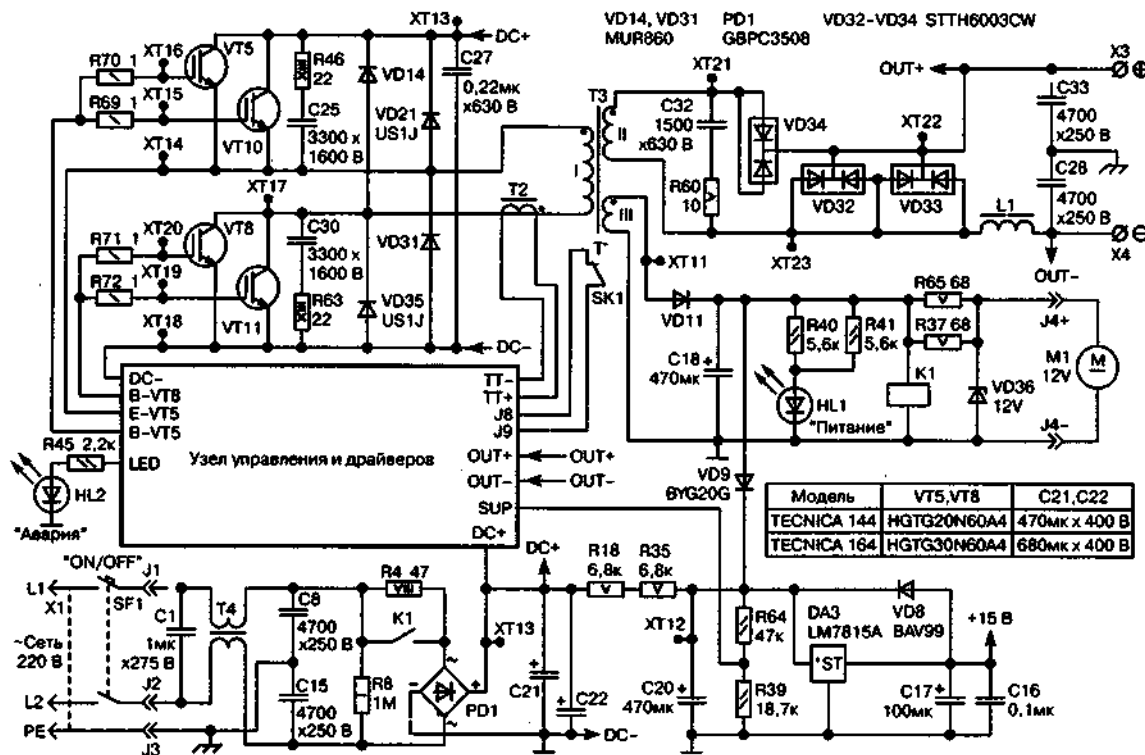


Рис. 5.1. Принципиальная электрическая схема силовых цепей сварочного источника

сварочного источника. Резистор R8 служит для разрядки конденсаторов фильтра после выключения сварочного источника из сети.

С выхода фильтра сетевое напряжение через зарядный резистор R4 поступает на вход двухполупериодного выпрямителя PD1. Выпрямитель PD1 служит для преобразования переменного сетевого напряжения в пульсирующее постоянное (однополярное).

Для сглаживания пульсаций постоянного напряжения служит фильтр, построенный на электролитических конденсаторах C21 и C22. Эти конденсаторы имеют емкость, достаточную для снижения пульсации постоянного напряжения до приемлемого уровня.

Зарядный резистор R4 ограничивает начальный зарядный ток конденсаторов C21 и C22 на безопасном уровне. В противном случае этот ток может повредить выключатель SF1, выпрямительный мост PD1, а также сами электролитические конденсаторы. Сразу после включения сварочного источника, контакты реле K1 разомкнуты и конденсаторы C21, C22 заряжаются через R4. После завершения зарядки конденсаторов контакты реле замыкаются.

Выпрямленное и сглаженное постоянное напряжение с выхода фильтра поступает на двухтранзисторный однокантный прямоходовый преобразователь (косой мост), выполненный на транзисторах VT5, VT8, VT10, VT11.



Примечание.

Для транзисторов VT10 и VT11 есть место, но они не установлены.

«Косой мост» преобразует постоянное напряжение в переменное, частотой $70 \text{ кГц} \pm 10\%$. Устройство и работа такого преобразователя рассматривались ранее в главе 1.

Переменное напряжение с выхода преобразователя, через трансформатор тока T2, поступает на первичную обмотку си-

лового высокочастотного трансформатора Т3, который снижает величину переменного напряжения до требуемого уровня, а также служит для осуществления гальванической развязки сварочной цепи от питающей сети.

Переменное напряжение на обмотке II трансформатора Т3 выпрямляется при помощи диода VD34 и через дроссель L1 и клеммы X3, X4 поступает в сварочную цепь. Дроссель L1 служит для сглаживания пульсации сварочного тока, а диоды VD32, VD33 создают путь для протекания тока в паузах работы выпрямителя на диоде VD34.

Демпфирующая RC цепочка R60C32 подавляет паразитные ВЧ колебания, возникающие на обмотке II силового трансформатора Т3 в моменты смены полярности переменного напряжения.

Конденсаторы C28, C33, совместно с индуктивностью дросселя L1, образуют низкочастотный фильтр эффективно подавляющий радиопомехи, проникающие из преобразователя в сварочную цепь.

Для обмотки реле К1 и вентилятора М1 используется обмотка III трансформатора Т3. После зарядки конденсаторов фильтра C21, C22 и запуска преобразователя на этой обмотке появляется переменное напряжение, которое выпрямляется диодом VD11 и сглаживается при помощи конденсатора C18.

Полученное напряжение включает реле К1 и через резисторы R40, R41 зажигает светодиод HL1 «Питание», служащий для индикации готовности сварочного источника к работе.

Одновременно через параметрический стабилизатор R56, R37, VD36 включается вентилятор М1, который служит для охлаждения силовых электронных компонентов, трансформатора и дросселя сварочного источника.

Постоянное напряжение с конденсатора C18 через диод VD9 поступает на вход стабилизатора DA3. Стабилизированное напряжение +15 В с выхода DA3 используется для питания цепей управления сварочного источника.

Для первоначального пуска сварочного источника служит цепочка R18, R35, C20.

Температура обмоток силового трансформатора ТЗ контролируется при помощи контактного термостата SK1, имеющего порог срабатывания +110 °С.

5.2.3. Устройство управления сварочного источника TELWIN TECNICA-164 (144)

Назначение

Устройство управления сварочного источника TELWIN TECNICA-164 (144) осуществляет управление транзисторами преобразователя, формируя внешнюю падающую вольтамперную характеристику, которая необходима для сварочной технологии ММА.

Кроме этого, устройство управления осуществляет защиту основных узлов преобразователя от перегрузки и перегрева. С помощью устройства управления осуществляется плавная установка сварочного тока в диапазоне от минимального до максимального уровня. Устройство управления сварочного источника TELWIN TECNICA-164 (144) построено на базе ШИМ контроллера UC3845A.

Цепи управления сварочного источника

Принципиальная электрическая схема цепей управления сварочного источника TELWIN TECNICA-164 (144) изображена на рис. 5.2.

Питание цепей управления осуществляется стабилизированным напряжением +15 В, которое формируется при помощи стабилизатора DA3 (рис. 5.1).

Входное напряжение стабилизатора контролируется при помощи узла защиты от пониженного напряжения, содержащего

делитель напряжения R64, R39 и ОУ DA2.2. Эта же защита косвенно осуществляет защиту от пониженного сетевого напряжения. Напряжение с делителя подается на инверсный вход DA2.2 и сравнивается с опорным напряжением 4,7 В, которое формируется при помощи параметрического стабилизатора напряжения R22, VD37.

Если выходное напряжение делителя меньше 4,7 В (16,5 В на входе стабилизатора DA3), то высокий уровень с выхода DA2.2 удерживает транзистор VT9, через который осуществляется питание ШИМ-контроллера DA1 в запертом состоянии. Таким образом, работа преобразователя сварочного источника блокируется.

После повышения напряжения на входе DA3, высокий уровень на выходе DA2.2 меняется на низкий. При этом транзистор VT9 открывается и подает питание на DA1. В результате этого ШИМ-контроллер DA1 включается и начинает формировать импульсы управления преобразователем сварочного источника.

При помощи цепочки VD6, R31 формируется небольшой гистерезис срабатывания защиты от пониженного напряжения (11,8—16,5 В).



Примечание.

Этот гистерезис предотвращает многократные срабатывания защиты (дребезг) при зашумленном или медленно изменяющемся входном напряжении стабилизатора DA3.

Как уже говорилось ранее, ШИМ-контроллер DA1 является основой устройства управления сварочного источника. Эта микросхема обрабатывает сигналы, поступающие от сумматора и токовой обратной связи, и в зависимости от них, формирует прямоугольное напряжение с переменным заполнением импульсов или прекращает формирование этих импульсов в аварийной ситуации.

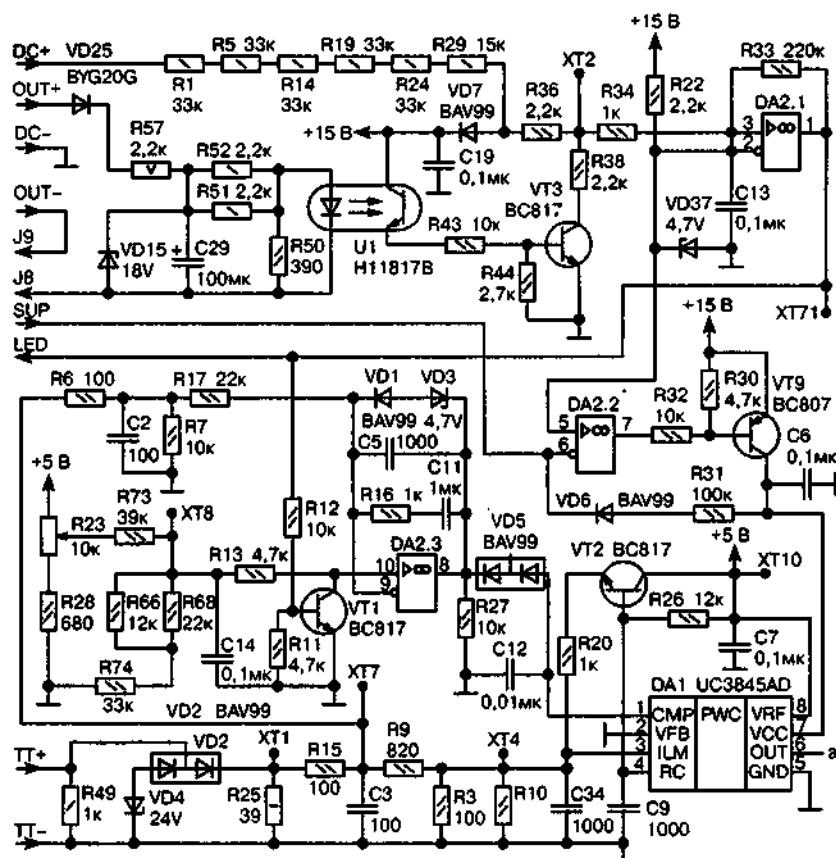


Рис. 5.2. Принципиальная электрическая схема цепей управления

Элементы R26, C9 задают частоту ШИМ прямоугольного выходного напряжения, равную 70 кГц. Узел на элементах VT2, R20, R26 повышает устойчивость формирования ШИМ сигнала, подмешивая пилообразное напряжение на вход ILM.

Прямоугольное напряжение с выхода OUT DA1 поступает на узел управления трансформатором гальванической развязки (ТТР). Этот узел содержит элементы VT4, VD20, VD22, VD24

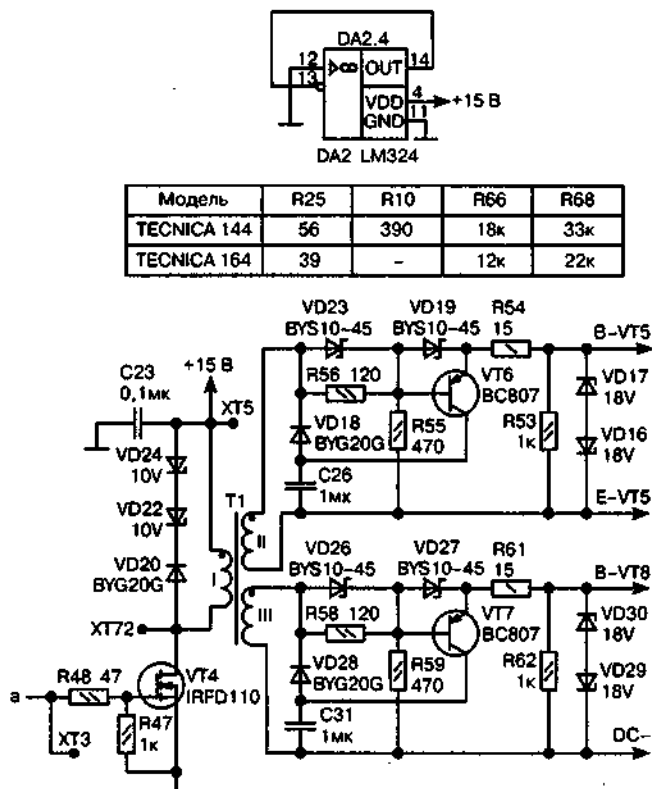


Рис.5.2. Принципиальная электрическая схема цепей управления (продолжение)

и служит для усиления выходного сигнала ШИМ-контроллера до уровня необходимого для ТГР T1. В свою очередь, ТГР обеспечивает два гальванически развязанных сигнала, которые требуются для расщепки драйверов управления транзисторами преобразователя.

Оба драйвера имеют аналогичные схемы и содержат элементы VT6, VD18, VD19, VD23, VT7, VD26—VD28. Так как оба

драйвера аналогичны, то рассмотрим работу только одного из них, содержащего элементы VT7, VD26—VD28.

Этот драйвер подключен к обмотке III ТГР. Когда на выходе OUT DA1 присутствует высокий активный уровень, транзистор VT4 открыт. При этом к обмотке I ТГР приложено напряжение +15 В, которое трансформируется в обмотку III. При этом напряжение на обмотке III приложено плюсом к ее началу.

В этом случае диоды VD26 и VD27 открыты, и напряжение с обмотки III ТГР (через открытые диоды и резистор R61) прикладывается между затвором и эмиттером транзистора VT8 в отпирающей полярности. В результате транзисторы VT5 и VT8 открываются, и преобразователь сварочного источника делает прямой ход, передавая энергию в сварочную цепь.

Когда уровень на выходе OUT DA1 меняется на низкий, транзистор VT4 закрывается. При этом к обмотке I ТГР прикладывается напряжение отрицательной полярности, ограниченное на уровне -20 В при помощи цепочки VD20, VD22, VD24.



Примечание.

Это напряжение трансформируется в обмотку III ТГР в запирающей для диодов VD26, VD27 и открывающей для диода VD28 полярности.

Диод VD28 открывается и создает цепь для зарядки отрицательным напряжением конденсатора C31. Одновременно открывается транзистор VT7, который быстро разряжает входную емкость транзистора VT8. Транзисторы VT5 и VT8 закрываются.

Для обеспечения токовой обратной связи, используется трансформатор тока Т2, первичная обмотка которого включена последовательно с первичной обмоткой высокочастотного силового трансформатора Т3 (рис. 5.1). Вторичная обмотка трансформатора тока подключается к узлу формирования сигнала обратной связи, содержащему элементы VD2, R25.

В соответствии с фазировкой трансформаторов Т2 и Т3 во время прямого хода преобразователя: открыт один из диодов VD2; обмотка трансформатора тока нагружена на шунт R25.

Пропорциональное току напряжение с шунта R25 (через фильтр R15, C3) поступает в точку XT7. Из точки XT7 через цепочку R6, R7, C2 сигнал токовой обратной связи поступает на вход сумматора, а через цепочку R9, R3, C34 на вход токовой защиты ИЛМ микросхемы DA1.

Во время обратного хода полярность напряжения на обмотке трансформатора тока Т2 меняется. Поэтому ранее открытый диод VD2 запирается, а другой — отпирается и подключает к обмотке Т2 стабилитрон VD24.



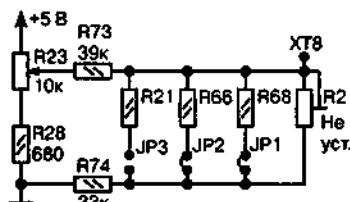
Примечание.

При этом напряжение обратного хода на обмотке Т2 в несколько раз превышает напряжение прямого хода. Это позволяет гарантированно размагнитить сердечник трансформатора тока за время обратного хода преобразователя.

Потенциометр R23 служит для установки (задания) сварочного тока. При вращении потенциометра напряжение на его движке меняется от 0,3 до 5 В. Это напряжение проходит через нормирующий делитель R73, R21, R66, R68, R2, R74, детальная схема которого изображена на рис. 5.3.

Джамперы JP1, JP2, JP3 используются для настройки максимального тока, обеспечиваемого источником.

Узел сумматора построен на операционном усилителе DA2.3 и служит для суммирования сигналов аварии, токовой обратной



Модель	R21	R66	R68
TECNICA 144	15к	18к	33к
TECNICA 164	10к	12к	22к

Рис. 5.3. Узел задания сварочного тока

связи и установки сварочного тока. Выходной сигнал сумматора подается на вход СМР микросхемы DA1.



Примечание.

По своей сути сумматор является пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором, который управляет ШИМ-контроллером DA1.

Управляет таким образом, чтобы выходной ток сварочного источника соответствовал заданному. Параметры ПИ регулятора определяются элементами обратной связи C5, C11, R16.

Узел защиты от повышенного напряжения содержит элементы R1, R5, R14, R19, R24, R29, DA2.1 и служит для отключения преобразователя сварочного источника при повышенном напряжении сети. Цепочка резисторов, совместно с открытым транзистором VT3 и резистором R38, образует делитель напряжения, при помощи которого контролируется напряжение питания преобразователя, которое функционально зависит от напряжения сети.

При помощи резистора R33 формируется гистерезис срабатывания защиты от повышенного напряжения (380—400 В по постоянному напряжению или 270—280 В по переменному напряжению). Пока напряжение питания преобразователя не превышает 400 В, на выходе DA2.1 присутствует низкий уровень, удерживающий транзистор VT1 в запертом состоянии.

Если напряжение питания поднялось выше указанного порога, то на выходе DA2.1 формируется высокий уровень напряжения, который открывает транзистор VT1. Открытый транзистор VT1 замыкает на общий провод выход узла установки сварочного тока.

В результате этого на выходе DA2.3 формируется низкий уровень, который через диод VD5 проходит на вход СМР микросхемы DA1 и блокирует ее работу. В результате преобразователь сварочного источника отключается.

**Примечание.**

Данное состояние будет сохраняться до тех пор, пока напряжения питания преобразователя не опустится ниже 380 В, что соответствует 15% повышению напряжения сети.

Защита от перегрева силового трансформатора ТЗ построена на основе термостата SK1, имеющего температуру срабатывания 110 °С. Пока температура трансформатора не достигла максимальной, выходное напряжение сварочного источника (через нормально закрытые контакты термостата) поступает на вход узла гальванической развязки, содержащий оптопару U1. При этом ток, текущий по цепи:

+15 В → транзистор оптопары U1 → R43

открывает транзистор VT3. Этот транзистор входит в узел защиты от повышенного напряжения и совместно с резистором R38 образует делитель напряжения, рассмотренный ранее.

В результате этого на выходе DA2.1 поддерживается низкий уровень, который разрешает работу преобразователя сварочного источника. Если же температура трансформатора превысила максимальное значение, то контакты термостата размыкаются, и по цепочке закрываются транзистор оптопары U1 и транзистор VT3.

Вследствие этого напряжение на прямом входе DA2.1 повышается, что аналогично срабатыванию защиты от повышенного напряжения. При срабатывании тепловой защиты, диод VD7 выполняет защитную функцию, фиксируя потенциал в точке соединения резисторов R29 и R36 на уровне +15 В.

Одновременно, по каналу срабатывания тепловой защиты, осуществляется защита от понижения выходного напряжения сварочного источника, а также функция Anti-Stick (защита от залипания электрода), которая, с задержкой 0,2 с, обеспечивает отключения сварочного источника, при коротком замыкании

на выходе. Задержка срабатывания Anti-Stick определяется элементами VD15, C29.

Светодиод HL2 «Авария» загорается в таких случаях:

- ♦ при срабатывании термостата SK1 на силовом трансформаторе Т3;
- ♦ при срабатывании защиты от пониженного напряжения;
- ♦ при срабатывании защиты от повышенного перенапряжения;
- ♦ при коротком замыкании на выходе (залипание электрода или замыкание сварочных проводов).

5.2.4. Проверки сварочного источника TELWIN TECNICA-164 (144).

Необходимые приборы и оборудование

Ремонт сварочного источника необходимо начать с выполнения общей методики осмотра инверторного сварочного источника (раздел 1.2). Для проведения ремонта нам потребуются следующие приборы и оборудование:

- ♦ осциллограф (желательно двулучевой);
- ♦ цифровой мультиметр;
- ♦ лабораторный автотрансформатор регулируемый (ЛАТР) 0—250 В на ток 5—10 А;
- ♦ сварочный балластный реостат РБ-315;
- ♦ амперметр постоянного тока на 200 А.

Электрические измерения при выключенном аппарате

При помощи мультиметра, в режиме проверки диодов, необходимо протестировать:

- ♦ целостность мостового выпрямителя PD1 (рис. 5.1);
- ♦ IGBT транзисторы VT5, VT8. Транзисторы проверяются на отсутствие замыканий между выводами коллектор-затвор и коллектор-эмиттер;

- ♦ диоды VD32—VD34 выходного выпрямителя (рис. 5.1). Диоды выпрямителя можно проверить без выпаивания из платы. Для проверки один провод прибора подключается к радиатору выходного выпрямителя, а другой — к выводам обмотки II силового трансформатора Т3.

Переводим мультиметр в режим омметра и проводим проверку следующих компонентов:

- ♦ зарядный резистор $R4 = 47 \text{ Ом}$ (рис. 5.1);
- ♦ демпфирующие резисторы преобразователя $R46, R63 = 22 \text{ Ом}$ (рис. 5.1);
- ♦ демпфирующий резистор $R60 = 10 \text{ Ом}$ (рис. 5.1);
- ♦ отсутствие обрывов цепи термостата SK1, установленного на силовом трансформаторе Т3. Для этого необходимо замерить сопротивление между контактами J8 J9 на плате. При исправной цепи это сопротивление равно 0 Ом (рис. 5.2).

5.2.5. Испытание на холостом ходу источника TELWIN TECNICA-164 (144)

Меры безопасности

Помните, что все цепи сварочного источника находятся под высоким постоянным напряжением. Поэтому для избегания получения электрического удара во время работы нужно проявлять предельную внимательность и осторожность.



Внимание.

При этом следует помнить, что металлический корпус осциллографа также находится под напряжением и является источником опасности.

Поэтому необходимо избегать электрического контакта с корпусом осциллографа при работающем сварочном источнике. А все манипуляции с его ручками управления и щупами можно

производить только при полностью отключенном от сети сварочном источнике.

Порядок подготовки к измерениям

Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения 1 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупе осциллографа перевести в положение 1/10. Подсоединить входной делитель напряжения между стоком VT4 (щуп к контрольной точке ХТ72) и корпусом стабилизатора DA3 (рис. 5.1).

Установите потенциометр R23 задатчика тока на максимум (повернуть по часовой стрелке до упора).

Кабель питания сварочного источника подключить на выход ЛАТР.

Включение и проверка драйвера

Включить питание ЛАТР, предварительно установив на его выходе нулевое напряжение (повернув его ручку до предела против часовой стрелки). Включить сетевой выключатель аппарата и постепенно увеличить напряжение на выходе ЛАТР до 230 В. При этом необходимо убедиться в том, что:

- ♦ зеленый индикатор HL1 «Питание» (рис. 5.1) светится;
- ♦ включился вентилятор M1 (рис. 5.1) охлаждения;
- ♦ сработало реле зарядки K1 (рис. 5.1);
- ♦ при напряжении, близком к номинальному ($230\text{ В} \pm 15\%$), аппарат не входит в аварийный режим (желтый индикатор HL2 «Авария» (рис. 5.1) не светится).



Примечание.

Если аппарат входит в аварийный режим и постоянно в нем постоянно, то это может говорить о неисправности блока управления. При этом следует продолжить проверку.

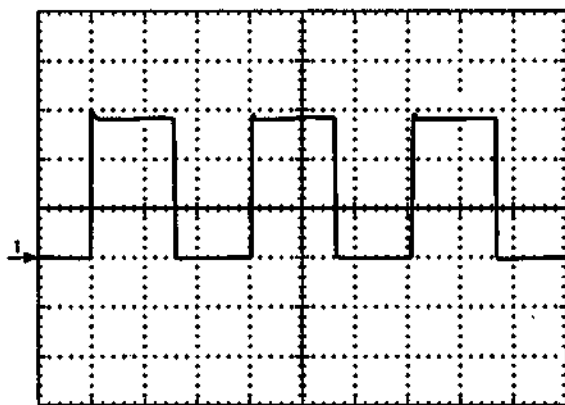


Рис. 5.4. Форма сигнала на стоке транзистора VT4

Убедитесь в том, что форма сигнала на стоке VT4, соответствует изображенной на рис. 5.4 (режим измерения: коэффициент канала 10 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел).



Примечание.

Если сигнал на стоке VT4 отсутствует, но присутствует на выходе DA1 (контрольная точка XT3), то это говорит о том, что требуется заменить транзистор VT4 (рис. 5.1).

При помощи мультиметра убедитесь в том, что:

- ♦ напряжение питания (контрольная точка XT5 и корпус DA3) равно $+15\text{ В} \pm 5\%$;
- ♦ напряжение на входе DA3 (контрольная точка XT12 и корпус DA3) равно $+26\text{ В} \pm 5\%$;
- ♦ опорное напряжение (контрольная точка XT10 и корпус DA3) равно $+5\text{ В} \pm 2\%$;
- ♦ входное напряжение узла защиты по напряжению (контрольная точка XT2 и корпус DA3) равно $+3,7\text{ В} \pm 5\%$;
- ♦ напряжение между катодом VD36 и корпусом ВФ3 равно $+12\text{ В} \pm 5\%$.

Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения 5 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел.

Входной делитель напряжения на щупе осциллографа перевести в положение 1/10. Подсоединить входной делитель напряжения между коллектором VT8 (контрольная точка ХТ17) и эмиттером VT8 (контрольная точка ХТ18).

Убедитесь в том, что сигнал имеет форму, изображенную на рис. 5.5 (режим измерения: коэффициент канала 50 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел).

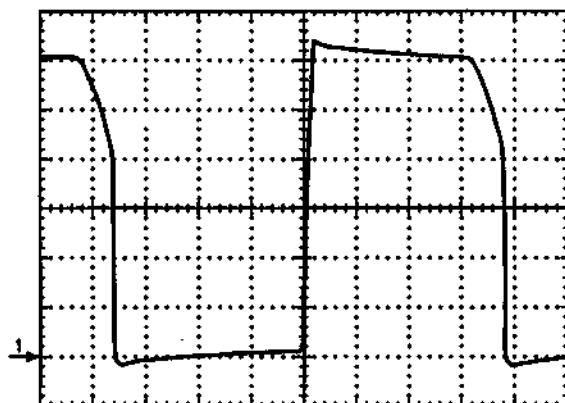


Рис. 5.5. Форма сигнала на коллекторе транзистора VT8

Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения 0,5 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупе осциллографа перевести в положение 1/10. Подсоединить входной делитель напряжения между затвором VT8 (контрольная точка ХТ20) и эмиттером VT8 (контрольная точка ХТ18).

Убедитесь в том, что сигнал имеет форму, изображенную на рис. 5.6 (режим измерения: коэффициент канала 5 В/дел. и коэффициент развертки 2 мкс/дел).

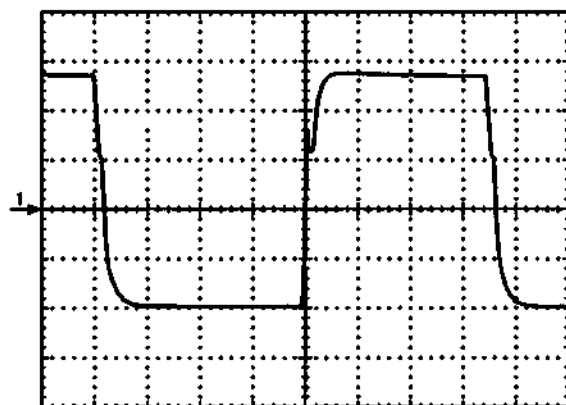


Рис. 5.6. Форма сигнала на затворе транзистора VT8

Используя дифференциальный щуп, повторите эти измерения на транзисторе VT5.



Примечание.

Если сигнал отсутствует или не соответствует сигналу, изображенному на рис. 5.6, то причиной этого могут быть повреждение в цепи драйвера IGBT (рис. 5.2).



Примечание.

Вполне функциональный дифференциальный щуп для осциллографа описан в разделе 10.1.

Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения 10 В/дел. и коэффициент 2-го канала 0,5 В/дел. Коэффициент развертки установить 5 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупе 1-го канала перевести в положение 1/10, а на щупе второго канала — в положение 1/1.

Щуп 1-го канала подключить к коллектору VT8 (контрольная точка XT17), а щуп второго канала — к контрольной точке XT1. Заземляющие зажимы подключить к эмиттеру транзистора VT1.

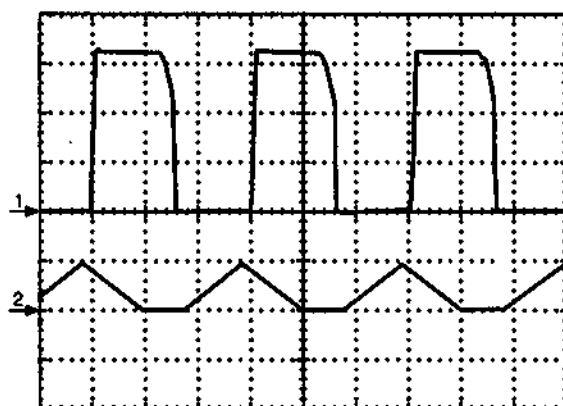


Рис. 5.7. Форма сигнала в контрольных точках ХТ17 и ХТ1

Убедитесь в том, что сигналы имеют форму, изображенную на рис. 5.7, и что выходное напряжение между выводными клеммами (+) и (-) составляет $+80 \text{ В} \pm 10 \%$:

Контрольная точка ХТ17, 1-й канал. Режим измерения (рис. 5.7): коэффициент канала 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел).

Контрольная точка ХТ1, 2-й канал. Режим измерения (рис. 5.7): коэффициент канала 0,5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел).

Отключите и повторно включите сварочный источник. Убедитесь в том, что после пуска источник не переходит в режим аварии (горит желтый индикатор HL2 «Авария»). Если источник длительно остается в состоянии аварии, то вероятной причиной сбоя является неисправность оптрона U1 (рис. 5.1).

5.2.6. Ремонт источника TELWIN TECNICA-164 (144) с заменой элементов

Ремонт, замена печатной платы

Если возникла необходимость извлечения печатной платы, то это делается следующим образом:

- ♦ отключить сварочный источник от сети переменного тока и отсоединить все провода, связанные с платой;
- ♦ снять рукоятку с потенциометра регулировки сварочного тока, установленного на передней панели источника;
- ♦ удалить все крепления, фиксирующие провода;
- ♦ открутить два винта со стороны выхода, крепящие клеммы подключения сварочных кабелей к печатной плате;
- ♦ открутить винты, крепящие плату к основанию корпуса;
- ♦ открутите винты, крепящие плату к передней и задней панелям;
- ♦ после удаления винтов, аккуратно поднимите плату вверх, чтобы отделить от основания.

При установке платы, все проделанные операции необходимо повторить в обратном порядке.

Замена транзисторов IGBT

Каждый из транзисторов IGBT (VT5 и VT8 на рис. 5.1) установлен на отдельный радиатор.



Совет.

Производитель рекомендует менять оба транзистора даже в том случае, когда поврежден только один из них.

Замена производится в следующем порядке:

- ♦ открутить винты, крепящие радиаторы транзисторов к плате;

- ♦ выпаять транзисторы VT5, VT8 и диоды VD14, VD31 из печатной платы, воспользовавшись паяльником и вакуумным отсосом;
- ♦ снять радиаторы с платы;
- ♦ выкрутить винты, крепящие VT5 и VT8 к радиатору.

**Примечание.**

Перед установкой новых транзисторов, убедитесь в их исправности, воспользовавшись методикой описанной в разделе 1.2.

Кроме этого следует:

- ♦ убедиться в отсутствии коротких замыканий на плате между 1-ой и 3-ей контактной площадкой (вывод затвора и эмиттера) для каждого компонента;
- ♦ убедиться в целостности затворных резисторов R54, R61 и защитных стабилитронов VD16, VD17, VD29 и VD30;
- ♦ удалить грязь и старую теплопроводную пасту с радиаторов;
- ♦ нанести теплопроводную пасту на охлаждаемую поверхность транзисторов и закрепить их при помощи винтов или клипс (в соответствии с текущим вариантом) на радиаторы;
- ♦ установить радиаторы с транзисторами и диодами на место. При этом необходимо убедиться, что диоды изолированы от радиаторов при помощи изоляционной теплопроводящей прокладки. Также необходимо поставить на место дистанционные втулки, обеспечивающие зазор между радиаторами и платой;
- ♦ припаять выводы компонентов к плате и после этого удалить выступающие над платой выводы радиокомпонентов.

Замена диодов VD32—VD34

Диоды выходного выпрямителя VD32—VD34 (рис. 5.1) установлены на одном радиаторе.

**Совет.**

Производитель рекомендует менять все диоды даже в том случае, когда поврежден только один из них.

Замена производится в следующем порядке:

- ♦ открутить винты, крепящие радиатор диодов к плате;
- ♦ выпаять диоды VD32—VD34 из печатной платы, воспользовавшись паяльником и вакуумным отсосом;
- ♦ извлечь радиатор с диодами из платы;
- ♦ удалить грязь и старую теплопроводную пасту с радиаторов;
- ♦ убедиться в целостности новых диодов и нанести теплопроводящую пасту на их охлаждаемые поверхности;
- ♦ закрепить новые диоды на радиаторе с помощью винтов (или клипс в соответствующем варианте);
- ♦ установить радиатор с новыми диодами на место и закрепить его на плате при помощи винтов;
- ♦ припаять выводы компонентов к плате и после этого удалить выступающие над платой выводы радиокомпонентов;

**Примечание.**

Обратите внимание на надежность пайки элементов R60 и C32 (рис. 5.1) к плате.

5.2.7. Испытание источника TELWIN TECNICA-164 (144) при работе на нагрузку

Необходимые приборы и материалы

Для проведения испытаний сварочного источника под нагрузкой необходимо обзавестись эквивалентом нагрузки, роль которого с успехом может выполнить сварочный балластный реостат РБ-315 (табл. 10.1). В крайнем случае, можно использо-

вать несколько мощных проволочных резисторов, изготовленных из толстого ($\varnothing 4-5$ мм) нихрома.

Нагрузочные испытания проводятся на исправном аппарате перед его окончательной сборкой в корпус. В ходе испытаний при включенной нагрузке не допускается производить какие-то переключения внутри источника.

Меры безопасности

Помните, что все цепи сварочного источника находятся под высоким постоянным напряжением. Поэтому во время работы нужно проявлять предельную внимательность и осторожность.



Внимание.

При этом следует помнить, что металлический корпус осциллографа также находится под напряжением и является источником опасности.

Поэтому необходимо избегать электрического контакта с корпусом осциллографа при работающем сварочном источнике. А все манипуляции с его ручками управления и щупами нужно производить при отключенном от сети сварочном источнике.

Подготовка к испытанию

Подключить сварочный источник к балластному реостату, используя кабели, входящие в комплект изделия. Последовательно с реостатом включить амперметр.

Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения 10 В/дел. и коэффициент 2-го канала 0,5 В/дел. Коэффициент развертки установить 5 мкс/дел.

Входной делитель напряжения на щупе 1-го канала перевести в положение 1/10, а на щупе второго канала в положение 1/1. Щуп 1-го канала подключить к коллектору VT8 (контроль-

ная точка ХТ17), а щуп второго канала к контрольной точке ХТ1. Заземляющие зажимы подключить к эмиттеру транзистора VT8.

Установить мультиметр в режим измерения постоянного напряжения на пределе 200 В и подключить его щупы к выходам (+) и (–) источника.

Подключить питающий кабель сварочного источника к сети 230 В и включить сетевой выключатель аппарата.

Последовательность испытаний сварочного источника TELWIN TECNICA-164/144

Испытание при минимальной нагрузке проводится так:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить минимальный ток 5 А, вращая его против часовой стрелки до упора;
- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 5 А;
- ♦ убедитесь в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 5.8;
- ♦ выходной ток равен 5 А $\pm 20\%$. При этом выходное напряжение равно 20,3 В $\pm 20\%$;
- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.



Примечание.

Контрольная точка ХТ17 (1-й канал). Режим измерения (рис. 5.8): коэффициент канала 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

Контрольная точка ХТ1 (2-й канал). Режим измерения (рис. 5.8): коэффициент канала 0,5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

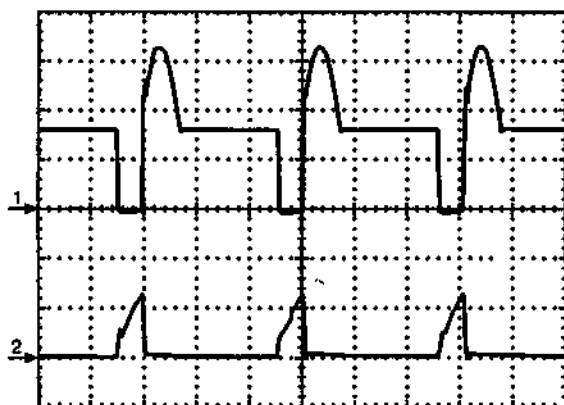


Рис. 5.8. Форма сигнала в контрольных точках ХТ17 (1-й канал) и ХТ1 (2-й канал) при минимальной нагрузке

Испытание при средней нагрузке проводятся так:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить средний сварочный ток 75 (60) А;
- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 75 (60) А;
- ♦ убедитесь в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 5.9;
- ♦ выходной ток равен 75 (60) А $\pm 10\%$. При этом выходное напряжение равно 23 (22,4) В $\pm 10\%$;
- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.



Примечание.

Контрольная точка ХТ17 (1-й канал). Режим измерения (рис. 5.9): коэффициент канала 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

Контрольная точка ХТ1 (2-й канал). Режим измерения (рис. 5.9): коэффициент канала 0,5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

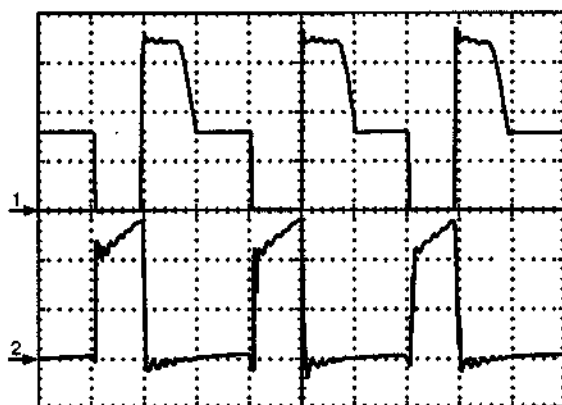


Рис. 5.9. Форма сигнала в контрольных точках XT17 (1-й канал) и XT1 (2-й канал) при средней нагрузке

Испытание при номинальной нагрузке проводится так:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить максимальный сварочный ток 150 (125) А, вращая его по часовой стрелке до упора;
- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 150 (125) А;
- ♦ убедитесь в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 5.10;
- ♦ выходной ток равен 150 (125) А $\pm 10\%$. При этом выходное напряжение равно 26 (25) В $\pm 10\%$. Если выходной ток не соответствует требуемому, то отрегулируйте его, используя джамперы JP1-JP3 (рис. 5.3);
- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.



Примечание.

Контрольная точка XT17 (1-й канал). Режим измерения (рис. 5.10): коэффициент канала 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

Контрольная точка ХТ1 (2-й канал). Режим измерения (рис. 5.10): коэффициент канала 0,5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

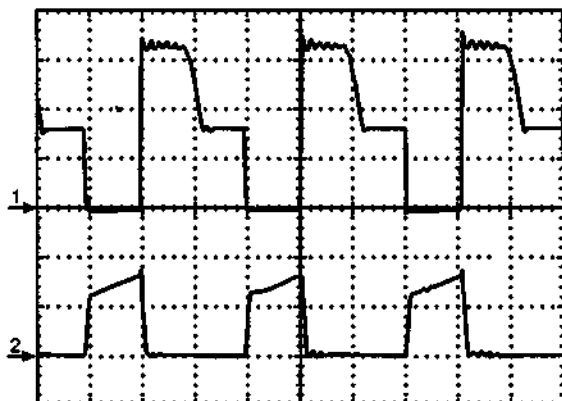


Рис. 5.10. Форма сигнала в контрольных точках ХТ17 и ХТ1 при номинальной нагрузке

Проверка напряжения на диодах VD32—VD34

Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения — 5 В/дел. и коэффициент 2-го канала 5 В/дел. Коэффициент развертки установить — 5 мкс/дел.

Входные делители напряжения обоих каналов перевести в положение 1/10. Щуп 1-го канала подключить к контрольной точке ХТ23, а щуп второго канала — к контрольной точке ХТ21. Заземляющие зажимы подключить к радиатору охлаждения, на котором эти диоды установлены (контрольная точка ХТ22).

При помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить максимальный сварочный ток 150 (125) А, вращая его по часовой стрелке до упора.

Воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 150 (125) А.

Убедитесь в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 5.11.

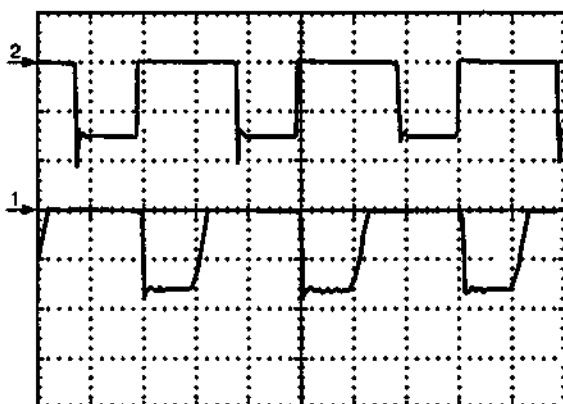


Рис. 5.11. Форма сигнала в контрольных точках ХТ23 (1-й канал. Режим измерения: коэффициент канала 50 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел) и ХТ21 (2-й канал. Режим измерения: коэффициент канала 50 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел).

Отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.

5.2.8. Проверка тепловой защиты

С параметрами настройки и нагрузки, используемыми в предыдущем пункте, включаем сварочный источник и оставляем его работать до момента срабатывания защита от перегрева ключевых транзисторов инвертора (загорится светодиод HL2 (рис. 5.1) «Авария»). После охлаждения и автоматического сброса тепловой защиты, отключаем сварочный источник и проводим тщательный осмотр внутренних силовых цепей на отсутствие дефектов и подгорания. Если всё нормально, то собираем сварочный источник.

5.2.9. Рабочее испытание источника TELWIN TECNICA-164 (144)

Проверенным и настроенным сварочным источником при токе 80 А выполнить пробный сварочный шов (диаметр электрода 2,5 мм).

5.3. Сварочный источник TELWIN TECNICA-161/141

5.3.1. Технические характеристики источника TELWIN TECNICA-161

Существующие версии этого источника TECNICA-141 и TECNICA-161, соответственно рассчитанные на максимальный сварочный ток 120 и 150 А. Эти версии различаются между собой лишь мощностью и количеством силовых элементов.



Примечание.

В этих источниках, в отличие от TECNICA-144 и TECNICA-164, для управления транзисторами преобразователя используются оптронные драйвера.

Рассмотрим сварочный источник TECNICA-161, имеющий следующие технические параметры:

- ♦ напряжение, В $230 \pm 15\%$;
- ♦ номинальная частота, Гц 50;
- ♦ максимальная потребляемая мощность, кВт 4,6;
- ♦ потребляемая мощность (60%), кВт 1,6;
- ♦ сварочный ток, А 5—150 (125);
- ♦ напряжение холостого хода, В 76;
- ♦ диаметр электрода, мм 1,6—4,0;
- ♦ сварочный ток
при цикле работы ЦР 10 (15)%, А 150 (125);

- ♦ сварочный ток при цикле работы ЦР 70%, А 70;
- ♦ коэффициент мощности $\cos\phi$ 0,6;
- ♦ класс изоляции Н;
- ♦ класс защиты IP 21;
- ♦ габаритные размеры, мм 310×120×225;
- ♦ вес, кг. 3,4.

5.3.2. Силовые цепи источника TELWIN TECNICA-161/141

Принципиальная схема цепей питания сварочного источника TELWIN TECNICA-161/141

TELWIN TECNICA-161/141 представляет собой сварочный источник инверторного типа. Он оборудован тепловой защитой и защитой от короткого замыкания.

На рис. 5.12. изображена принципиальная электрическая схема цепей питания сварочного источника.

Работа схемы сварочного источника TELWIN TECNICA-161/141

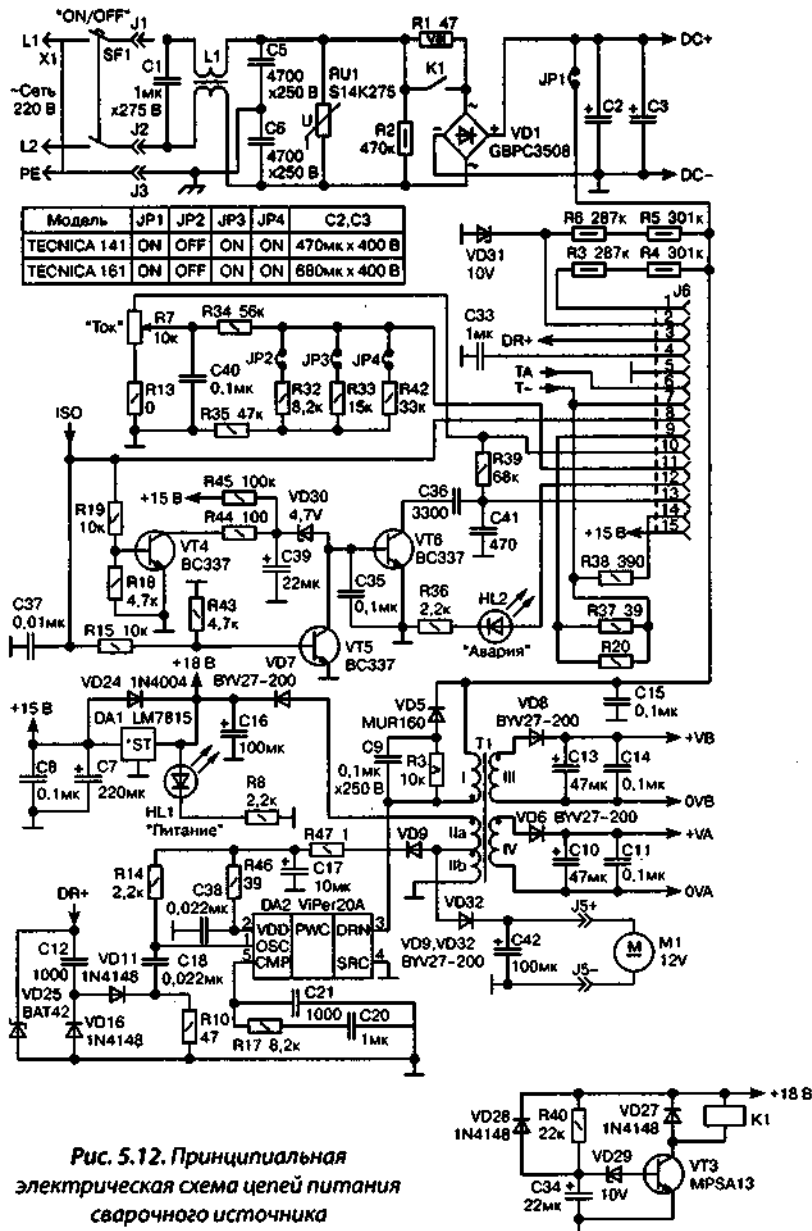
Сварочный источник подключается к сети 220 В 50 Гц при помощи гибкого шнура и сетевой вилки X1. Переменное напряжение сети через выключатель SF1 поступает на двухобмоточный дроссель L1.



Примечание.

Этот дроссель совместно с конденсаторами C1, C5, C6, образует LC фильтр, который позволяет снизить уровень радиопомех, проникающих в питающую сеть из работающего преобразователя сварочного источника.

Мощный варистор RU1 совместно с автоматическим выключателем SF1 образует простейшую защиту сварочного источника от повышенного напряжения сети. Сопротивление R2



служит для разрядки конденсаторов фильтра после выключения сварочного источника из сети.

С выхода фильтра сетевое напряжение через зарядный резистор R1 поступает на вход двухполупериодного выпрямителя VD1. Выпрямитель VD1 служит для преобразования переменного сетевого напряжения в пульсирующее постоянное (однополярное).

Для сглаживания пульсаций постоянного напряжения служит фильтр, построенный на электролитических конденсаторах C2 и C3. Эти конденсаторы имеют емкость, достаточную для снижения пульсации постоянного напряжения до приемлемого уровня.

Зарядный резистор R1 ограничивает начальный зарядный ток конденсаторов C2 и C3 на безопасном уровне.



Внимание.

В противном случае этот ток может повредить выключатель SF1, выпрямительный мост VD1, а также сами электролитические конденсаторы.

Сразу после включения сварочного источника контакты реле K1 разомкнуты и конденсаторы C2, C3 заряжаются через R1. После завершения зарядки конденсаторов контакты реле замыкаются.

Время зарядки конденсаторов фильтра определяется задержкой срабатывания электронного реле времени, собранного на элементах K1, VT3, VD27—VD29, C34, R40. Задержка срабатывания этого реле составляет примерно 0,4 с и определяется:

- ♦ временем зарядки конденсатора C34;
- ♦ напряжением пробоя стабилитрона VD29.

Однотактный обратногоходовый преобразователь, выполненный на микросхеме DA2 типа ViPer20 A, питается с выхода фильтра C2, C3 и обеспечивает вспомогательное напряжение для питания драйвера и платы управления. С помощью узла

синхронизации, выполненного на элементах VD11, VD16, VD25, C12, C18, на резисторе R10 формируются короткие импульсы, совпадающие с каждым фронтом сигнала управления DR+.

Эти импульсы позволяют синхронизировать работу преобразователя вспомогательного источника с работой основного преобразователя. Синхронизация позволяет:

- ♦ снизить уровень внутренних помех;
- ♦ увеличить устойчивость схемы управления.



Примечание.

В остальном преобразователь на микросхеме DA2 выполнен по типовой схеме и в особых пояснениях не нуждается.

Высоковольтный MOSFET транзистор, расположенный внутри микросхемы DA2 (выводы DRN и SRC), включен последовательно с обмоткой I трансформатора T1. Фиксирующая цепочка R2, C9, VD5 ограничивает максимальное напряжение на этом транзисторе во время его запираания.

Питание драйверов осуществляется при помощи выпрямителей VD6, C10, C11 и VD8, C13, C14, которые подключены к обмоткам II и III, соответственно. Вентилятор M1 питается от выпрямителя VD32, C42, подключенного к обмотке IIb, и начинает работать сразу после запуска источника вспомогательного напряжения.

С этой же обмотки осуществляется питание микросхемы DA2. Входное напряжение для микросхемы DA1, формирующей стабильное напряжение +15 В для питания платы управления, получается при выпрямителя VD7, C16, подключенного к обмотке II трансформатора T1.

Как только вспомогательный преобразователь включается, и на входе DA1 появляется напряжение, то через резистор R8 загорается светодиод HL1, который сигнализирует о готовности сварочного источника к работе.

5.3.3. Цепи управления источника TELWIN TECNICA-161/141

Принципиальная электрическая схема платы управления

На рис. 5.13 изображена принципиальная электрическая схема платы управления.

Работа схемы платы управления

Напряжение питания основного преобразователя (+DC) контролируется при помощи узла защиты от пониженного напряжения, построенного на ОУ DA1.3. Эта же защита косвенно осуществляет защиту от пониженного сетевого напряжения.

Резисторы R5, R6 (рис. 5.12), совместно с R1 (рис. 5.13) образуют делитель напряжения. Напряжение с этого делителя через R5 подается на инверсный вход DA1.3 и сравнивается с опорным напряжением 4,7 В, которое формируется при помощи параметрического стабилизатора напряжения R8, VD2.

Если выходное напряжение делителя меньше 4,7 В (160 В на шине +DC), то высокий уровень с выхода DA2.2 удерживает транзистор VT4, через который осуществляется питание ШИМ-контроллера DA2, в запертом состоянии. Таким образом, работа преобразователя сварочного источника блокируется.

После повышения напряжения +DC высокий уровень на выходе DA1.3 меняется на низкий. При этом транзистор VT4 открывается и подает питание на DA2. В результате этого ШИМ-контроллер DA2 включается и начинает формировать импульсы управления преобразователем сварочного источника.

При помощи цепочки VD8, R25 формируется небольшой гистерезис срабатывания защиты от пониженного напряжения (160—190 В). Этот гистерезис предотвращает многократные срабатывания защиты (дребезг) при зашумленном или медленно изменяющемся напряжении +DC.

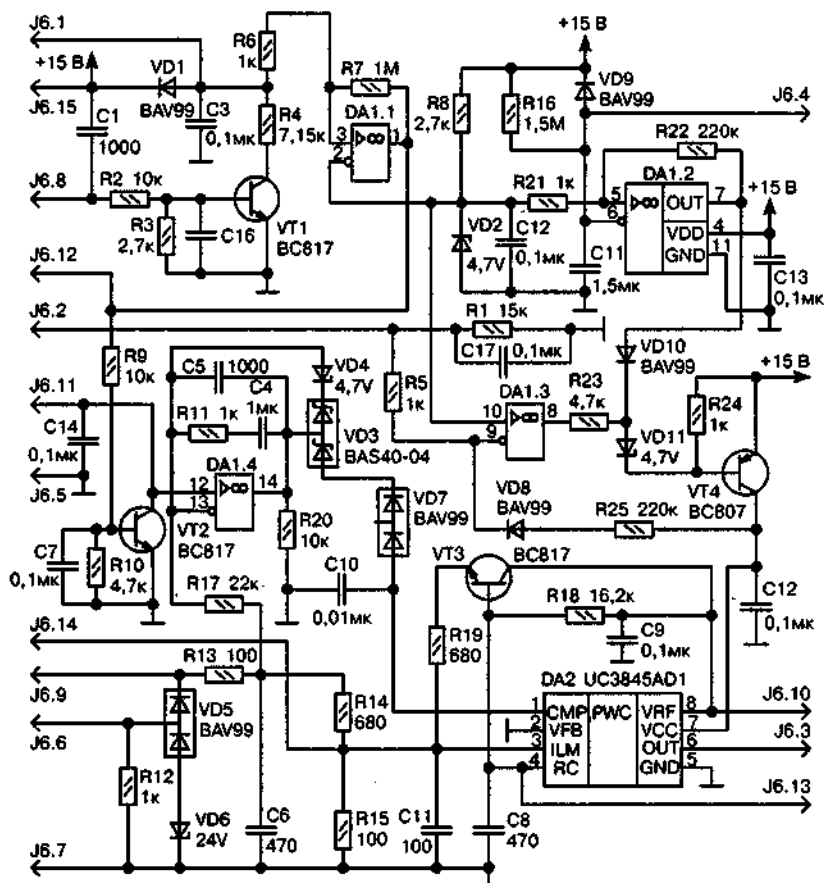


Рис. 5.13. Принципиальная электрическая схема платы управления

Конденсатор C17 шунтирует высокочастотные пульсации, проникающие на вход DA1.3. Стабилитрон VD31 (рис. 5.12) ограничивает выходное напряжение делителя R5, R6 (рис. 5.12), R1 (рис. 5.13) на уровне 10 В.

ШИМ-контроллер DA2 является основой устройства управления сварочного источника. Эта микросхема обрабатывает сигналы, поступающие от сумматора и токовой обратной связи, и в зависимости от них формирует прямоугольное напряжение

с переменным заполнением импульсов или прекращает формирование этих импульсов в аварийной ситуации. Элементы R18, C8 (рис. 5.13) и R39, C41 (рис. 5.12) задают частоту ШИМ прямоугольного выходного напряжения, равную 70 кГц.

Узел на элементах VT3, R19 повышает устойчивость формирования ШИМ сигнала, подмешивая пилообразное напряжение на вход ILM DA2. Прямоугольное напряжение с выхода OUT DA2 поступает на входы драйверов транзисторов преобразователя (рис. 5.14), которые будут рассмотрены далее.

Для обеспечения токовой обратной связи, используется трансформатор тока T2 (рис. 5.14), первичная обмотка которого включена последовательно с первичной обмоткой высокочастотного силового трансформатора T3 (рис. 5.14).

Вторичная обмотка трансформатора тока подключается к узлу формирования сигнала обратной связи, содержащему элементы VD5 (рис. 5.13) и R37, R20 (рис. 5.12). В соответствии с фазировкой трансформаторов T2 и T3, во время прямого хода преобразователя открыт один из диодов VD5, и обмотка трансформатора тока нагружена на шунт R37, R20. Пропорциональное току напряжение с шунта R37, R20 через фильтр R13, C6 (рис. 5.13) поступает на вход сумматора, и затем (через цепочку R14, R15, C11) — на вход токовой защиты ILM микросхемы DA2.

Во время обратного хода полярность напряжения на обмотке трансформатора тока T2 меняется. Поэтому ранее открытый диод VD5 запирается, а другой — отпирается и подключает к обмотке T2 стабилитрон VD6. При этом напряжение обратного хода на обмотке T2 в несколько раз превышает напряжение прямого хода. Это позволяет гарантированно размагнитить сердечник трансформатора тока за время обратного хода преобразователя.

Потенциометр R7 (рис. 5.12) служит для установки (задания) сварочного тока. При вращении потенциометра, напряжение на его движке меняется от 0 до 5 В. Это напряжение проходит через нормирующий делитель R34, R32, R33, R42, R35 и поступает на

вход сумматора. Джемперы JP2, JP3, JP4 используются для настройки максимального сварочного тока.

Узел сумматора построен на операционном усилителе DA1.4 (рис. 5.13) и служит для суммирования сигналов аварии, токовой обратной связи и установки сварочного тока. Выходной сигнал сумматора, через диоды VD3, VD7, подается на вход СМР микросхемы DA2. По своей сути сумматор является пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором, который управляет ШИМ-контроллером DA2 таким образом, чтобы выходной ток сварочного источника соответствовал заданному. Параметры ПИ регулятора определяются элементами обратной связи C4, C5, R11.

Узел защиты от повышенного напряжения, содержит элементы R3, R4 (рис. 5.12), R4, R6, R7, DA1.1 и служит для отключения преобразователя сварочного источника при повышенном напряжении +DC.

Цепочка резисторов R3, R4 (рис. 5.12) совместно с открытым транзистором VT1 и резистором R4 образует делитель напряжения, при помощи которого контролируется напряжение питания преобразователя, которое функционально зависит от напряжения сети.

При помощи резистора R7 формируется гистерезис срабатывания защиты от повышенного напряжения (385—395 В по постоянному напряжению +DC или 270—280 В по переменному напряжению сети).

Пока напряжение питания преобразователя не превышает 395 В, на выходе DA1.1 присутствует низкий уровень, удерживающий транзистор VT2 в запертом состоянии. Если напряжение питания поднялось выше указанного порога, то на выходе DA1.1 формируется высокий уровень напряжения, который открывает транзистор VT2.

Открытый транзистор VT2 замыкает на общий провод выход узла установки сварочного тока. В результате этого на выходе DA1.4 формируется низкий уровень, который через диоды VD3,

VD7 проходит на вход СМР микросхемы DA2 и блокирует ее работу.

В результате преобразователь сварочного источника отключается. Данное состояние будет сохраняться до тех пор, пока напряжения питания преобразователя не опустится ниже 385 В, что соответствует 15% повышению напряжения сети.

Защита от перегрева силового трансформатора Т3 построена на основе термостата SK1 (рис. 5.14), имеющего температуру срабатывания 110 °С. Пока температура трансформатора не достигла максимальной, выходное напряжение сварочного источника через нормально закрытые контакты термостата поступает на вход узла гальванической развязки, содержащий оптопару U1.

Напряжение +15 В через открытый транзистор оптопары U1 и цепь ISO поступает на узел Anti-Stick (защита от залипания электрода), содержащий транзисторы VT4—VT6. При этом транзисторы VT4, VT5 — открыты, а транзистор VT6 — закрыт.

Если же температура трансформатора превысила максимальную, то контакты термостата размыкаются. При этом транзистор оптопары U1 (рис. 5.14) и транзисторы VT4, VT5 закрываются.

Однако транзистор VT6 остается закрыт в течение 0,9 с, пока напряжение на конденсаторе C39 не достигнет величины пробоя стабилитрона VD30. Эта задержка определяет время срабатывания функции Anti-Stick. Открытый транзистор VT6 подключает конденсатор C36 параллельно конденсаторам C41 и C8 (рис. 5.13).

В результате этого частота ШИМ снижается с 70 кГц до 15,5 кГц, и, соответственно, снижается величина сварочного тока. В результате нагрузка на силовой трансформатор Т3 снижается, и он охлаждается.

К выходу DA1.1 подключен светодиод HL2 «Авария», который загорается:

- ♦ при срабатывании термостата SK1 на силовом трансформаторе Т3;

- ♦ при срабатывании защиты от пониженного напряжения;
- ♦ при срабатывании защиты от повышенного перенапряжения;
- ♦ при коротком замыкании на выходе (залипание электрода или замыкание сварочных проводов).

5.3.4. Преобразователь и выпрямитель источника TELWIN TECNICA-161/141

Принципиальная электрическая схема преобразователя и выпрямителя

На рис. 5.14 изображена принципиальная электрическая схема преобразователя и выпрямителя сварочного источника.

Работа схемы преобразователя и выпрямителя

Выпрямленное и сглаженное постоянное напряжение с выхода фильтра поступает на двухтранзисторный одноконтурный прямоходовый преобразователь (косой мост), выполненный на транзисторах VT1, VT2, который преобразует постоянное напряжение в переменное, частотой $70 \text{ кГц} \pm 10\%$. Устройство и работа такого преобразователя рассматривались ранее в главе 1.

Переменное напряжение с выхода преобразователя через трансформатор тока T2 поступает на первичную обмотку силового высокочастотного трансформатора T3, который:

- ♦ снижает величину переменного напряжения до требуемого уровня;
- ♦ служит для осуществления гальванической развязки сварочной цепи от питающей сети.

Переменное напряжение на обмотке II трансформатора T3 выпрямляется при помощи диода VD21 и через дроссель L1, клеммы X2, X3 поступает в сварочную цепь.

Демпфирующая RC цепочка R31C30 подавляет паразитные ВЧ колебания, возникающие на обмотке II силового трансформатора ТЗ в моменты смены полярности переменного напряжения.

Конденсаторы С31, С32, совместно с индуктивностью дросселя L1, образуют низкочастотный фильтр эффективно подавляющий радиопомехи, проникающие из преобразователя в сварочную цепь.

Прямоугольное напряжение DR+ с выхода OUT DA2 (рис. 5.13) поступает на входы драйверных микросхем U2 и U3 типа HCPL3120, имеющих встроенную оптическую развязку. Вспомогательный источник питания, построенный на микросхеме DA2 (рис. 5.12), формирует два гальванически развязанных напряжения (+VA, 0VA и +VB, 0VB) величиной 26 В, которые используются для питания U2 и U3.

Стабилизаторы R23, C24, VD13 и R26, C28, VD18 служат для создания отрицательного смещения величиной -10 В на закрываемых транзистора преобразователя.

5.3.5. Проверки сварочного источника TELWIN TECNICA-161/141

Необходимые приборы и материалы

Ремонт сварочного источника необходимо начать с выполнения общей методики осмотра инверторного сварочного источника (раздел 1.2).

Для проведения ремонта нам потребуются следующие приборы и оборудование:

- ♦ осциллограф (желательно, двулучевой);
- ♦ цифровой мультиметр;
- ♦ лабораторный автотрансформатор регулируемый (ЛАТР) 0—250 В на ток 5—10 А;
- ♦ сварочный балластный реостат РБ-315;
- ♦ амперметр постоянного тока на 200 А.

Электрические измерения при выключенном аппарате

При помощи мультиметра в режиме тестирования диодов необходимо проверить:

- ♦ целостность мостового выпрямителя VD1 (рис. 5.12);
- ♦ IGBT транзисторы VT1, VT2. Транзисторы проверяются на отсутствие замыканий между выводами коллектор-затвор и коллектор-эмиттер (рис. 5.14);
- ♦ диоды VD21—VD23 выходного выпрямителя (рис. 5.14). Диоды выпрямителя можно проверить без выпаивания из платы. Для проверки один провод прибора подключается к радиатору выходного выпрямителя, а другой — к выводам обмотки II силового трансформатора ТЗ;
- ♦ микросхему DA2 (рис. 5.12) служебного источника питания. Проверяется отсутствие короткого замыкания между ножками 3 и 4, а также между ножками 2 и 4.

Переводим мультиметр в режим омметра и проводим проверку следующих компонентов:

- ♦ зарядный резистор R1 = 47 Ом (рис. 5.12);
- ♦ демпфирующие резисторы преобразователя R21, R27 = 22 Ом (рис. 5.14);
- ♦ демпфирующий резистор R31 = 10 Ом (рис. 5.14);
- ♦ отсутствие обрывов цепи термостата SK1, установленного на силовом трансформаторе ТЗ (рис. 5.14). Для этого необходимо измерить сопротивление между его контактами. При исправном термостате его сопротивление равно 0 Ом.

5.3.6. Испытание источника TELWIN TECNICA-161/141 на холостом ходу

Меры безопасности

Помните, что все цепи сварочного источника находятся под высоким постоянным напряжением. Поэтому во время работы нужно проявлять предельную внимательность и осторожность.

При этом следует помнить, что металлический корпус осциллографа также находится под напряжением и является источником опасности.



Внимание.

Необходимо избегать электрического контакта с корпусом осциллографа при работающем сварочном источнике. А все манипуляции с его ручками управления и щупами можно производить только при полностью отключенном от сети сварочном источнике.

Порядок подготовки к измерениям

Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения 10 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупе осциллографа перевести в положение 1/10. Подсоединить щуп входного делителя напряжения к ножке 3 DA2, а заземляющий зажим к корпусу стабилизатора DA1 (рис. 5.12).

Переключить мультиметр в режим измерения постоянного напряжения и подключить к клеммам (+) и (–) сварочного источника.

Повернуть потенциометр R7 установки сварочного тока на максимум (по часовой стрелке до упора). Кабель питания сварочного источника подключить на выход ЛАТР.

Включение и проверка служебного источника питания

Включить питание ЛАТР, предварительно установив на его выходе нулевое напряжение (повернув его ручку до предела против часовой стрелки). Включить сетевой выключатель аппарата и постепенно увеличить напряжение на выходе ЛАТР до 230 В. При этом необходимо убедиться в том, что:

- ♦ зеленый индикатор HL1 «Питание» (рис. 5.12) светится;

- ♦ включился вентилятор M1 (рис. 5.12) охлаждения;
- ♦ сработало реле зарядки K1 (рис. 5.12);
- ♦ при напряжении близком к номинальному ($230\text{ В} \pm 15\%$), аппарат не входит в аварийный режим (желтый индикатор HL2 «Авария» (рис. 5.12) не светится).

**Примечание.**

Если аппарат входит в аварийный режим и постоянно в нем постоянно, то это может говорить о неисправности блока управления. При этом следует продолжить проверку.

Убедитесь в том, что форма напряжения на ножке 3 DA2, соответствует изображенной на рис. 5.15 (режим измерения: коэффициент канала 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел).

**Примечание.**

Если требуемая форма напряжения на ножке 3 DA2 отсутствует, то это может говорить о том, что требуется заменить микросхему DA2 (рис. 5.12).



Рис. 5.15. Форма напряжения на ножке 3 DA2

При помощи мультиметра убедитесь в том, что:

- ♦ напряжение питания вентилятора (разъем J5-, J5+) равно $+13\text{ В} \pm 5\%$;
- ♦ напряжение на 2-й ножке DA2 равно $+13\text{ В} \pm 5\%$;
- ♦ напряжение на входе стабилизатора DA1 равно $+18\text{ В} \pm 3\%$;
- ♦ напряжение на выходе стабилизатора DA1 равно $+15\text{ В} \pm 3\%$;
- ♦ напряжение на конденсаторе C10 равно $+29\text{ В} \pm 5\%$;
- ♦ напряжение на конденсаторе C13 равно $+29\text{ В} \pm 5\%$.

Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения 10 В/дел. и коэффициент 2-го канала 1 В/дел. Коэффициент развертки установить 5 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупах обоих каналов перевести в положение 1/10. Щуп 1-го канала подключить к коллектору транзистора VT1, а щуп второго канала к его затвору. Заземляющие зажимы подключить к эмиттеру транзистора VT1.

Убедитесь в том, что сигнал имеет форму, изображенную на рис. 5.16.

Используя дифференциальный щуп, повторите эти измерения на транзисторе VT2.

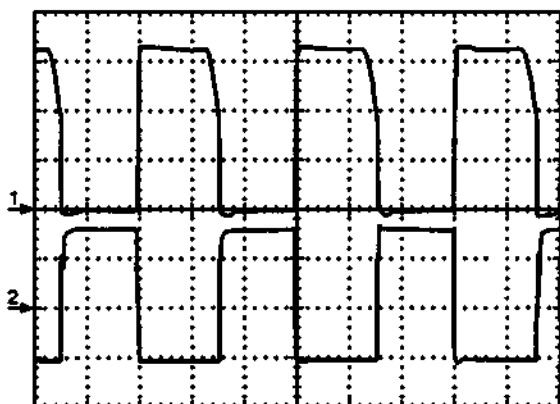


Рис. 5.16. Форма сигналов на коллекторе (1-й канал) и затворе (2-й канал) транзистора VT1 (режим измерения: коэффициент 1-го канала 100 В/дел., коэффициент 2-го канала 10 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.).

**Примечание.**

Вполне функциональный дифференциальный щуп для осциллографа описан в п. 10.1.

Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения 10 В/дел. и коэффициент 2-го канала 0,5 В/дел. Коэффициент развертки установить 5 мкс/дел. Входной делитель напряжения щупа первого канала перевести в положение 1/10, а щупа второго канала в положение 1/1. Щуп 1-го канала подключить к коллектору транзистора VT1, а щуп второго канала к выводу J6.9 платы управления. Заземляющие зажимы подключить к эмиттеру транзистора VT1.

Убедитесь в том, что сигнал имеет форму, изображенную на рис. 5.17 и напряжение на выходе сварочного источника равно $85 \text{ В} \pm 10\%$.

Отключите и повторно включите сварочный источник. Убедитесь в том, что после пуска источник не переходит в режим

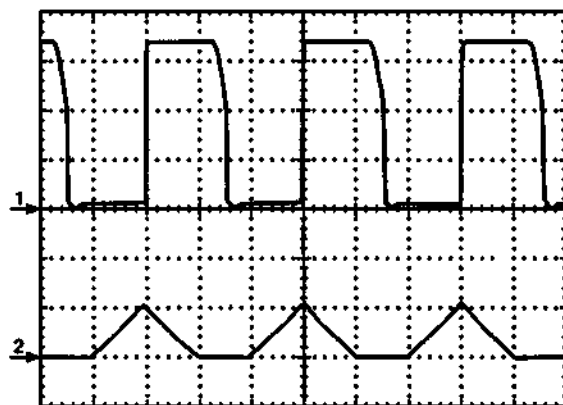


Рис. 5.17. Форма сигнала на коллекторе транзистора VT1 (1-й канал. Режим измерения: коэффициент канала 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел) и выходе узла измерения тока (2-й канал. Режим измерения: коэффициент канала 0,5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел).

аварии (горит желтый индикатор HL2 «Авария»). Если источник длительно остается в состоянии аварии, то вероятной причиной сбоя является неисправность оптрона U1 (рис. 5.14).

5.3.7. Ремонт, замена печатной платы источника TELWIN TECNICA-161/141

В случае если по какой-то причине отремонтировать плату невозможно, то ее можно полностью заменить. Плата идентифицируется кодом из шести цифр (код напечатан белым цветом со стороны компонентов, после инициалов TW). Этот код требуется сообщить при заказе новой платы. В свою очередь компания Telwin может поставить совместимую плату, имеющую отличный код.



Внимание.

Перед установкой новой платы убедитесь в отсутствии на ней дефектов, произошедших в процессе пересылки. Перед отправкой платы, производитель подвергает ее комплексной проверке и настройке.

Если возникла необходимость извлечения печатной платы, то это делается следующим образом:

- ♦ отключить сварочный источник от сети переменного тока и отсоединить все провода, связанные с платой;
- ♦ снять рукоятку с потенциометра регулировки сварочного тока, установленного на передней панели источника;
- ♦ удалить все крепления, фиксирующие провода к плате;
- ♦ открутить два винта со стороны выхода, крепящие клеммы подключения сварочных кабелей к печатной плате;
- ♦ открутить винты, крепящие плату к основанию корпуса;
- ♦ открутите винты, крепящие плату к передней и задней панелям;

- ♦ после удаления винтов, аккуратно поднимите плату вверх, чтобы отделить от основания.

**Примечание.**

При установке платы, все проделанные операции необходимо повторить в обратном порядке.

5.3.8. Замена транзисторов IGBT в источнике TELWIN TECNICA-161/141

Каждый из транзисторов IGBT (VT1 и VT2 на рис. 5.14) установлен на отдельный радиатор.

**Совет.**

Производитель рекомендует менять оба транзистора даже в том случае, когда поврежден только один из них.

Замена производится в следующем порядке:

- ♦ открутить винты, крепящие радиаторы транзисторов к плате;
- ♦ выпаять транзисторы VT1, VT2 и диоды VD20, VD14 из печатной платы, воспользовавшись паяльником и вакуумным отсосом;
- ♦ снять радиаторы с платы;
- ♦ выкрутить винты, крепящие VT1 и VT2 к радиатору.

Перед установкой новых транзисторов, убедитесь в их исправности, воспользовавшись методикой описанной в разделе 1.2. Кроме этого следует:

- ♦ убедиться в отсутствии коротких замыканий на плате между 1-ой и 3-ей контактной площадкой (вывод затвора и эмиттера) для каждого компонента;
- ♦ убедиться в целостности затворных резисторов R22, R29 и защитных стабилитронов VD12, VD15, VD17 и VD19;

- ♦ удалить грязь и старую теплопроводную пасту с радиаторов;
- ♦ нанести теплопроводную пасту на охлаждаемую поверхность транзисторов и закрепить их при помощи винтов или клипс (в соответствии с текущим вариантом) на радиаторы;
- ♦ установить радиаторы с транзисторами и диодами на место. При этом необходимо убедиться, что диоды изолированы от радиаторов при помощи изоляционной теплопроводящей прокладки. Также необходимо поставить на место дистанционные втулки, обеспечивающие зазор между радиаторами и платой;
- ♦ припаять выводы компонентов к плате и после этого удалить выступающие над платой выводы радиокомпонентов.

5.3.9. Замена диодов VD21—VD23 в источнике TELWIN TECNICA-161/141

Диоды выходного выпрямителя VD21—VD23 (рис. 5.14) установлены на одном радиаторе.



Совет.

Производитель рекомендует менять все диоды даже в том случае, когда поврежден только один из них.

Замена производится в следующем порядке:

- ♦ открутить винты, крепящие радиатор диодов к плате;
- ♦ выпаять диоды VD21—VD23 из печатной платы, воспользовавшись паяльником и вакуумным отсосом;
- ♦ извлечь радиатор с диодами из платы;
- ♦ удалить грязь и старую теплопроводную пасту с радиаторов;
- ♦ убедиться в целостности новых диодов и нанести теплопроводящую пасту на их охлаждаемые поверхности;

- ♦ закрепить новые диоды на радиаторе с помощью винтов (или клипс в соответствующем варианте);
- ♦ установить радиатор с новыми диодами на место и закрепить его на плате при помощи винтов;
- ♦ припаять выводы компонентов к плате и после этого удалить выступающие над платой выводы радиокомпонентов;

**Примечание.**

Обратите внимание на надежность пайки элементов R31 и C30 (рис. 5.14) к плате.

5.3.10. Извлечение платы управления источника TELWIN TECNICA-161/141

При возникновении дефекта в плате управления производитель рекомендует ее обязательную замену. Для этого плата отделяется от основной платы путем перекусывания ножек соединителя. Далее обрезки ножек аккуратно извлекаются при помощи паяльника, а контактные отверстия очищаются от остатков припоя.

5.3.11. Испытание источника TELWIN TECNICA-161/141 при работе на нагрузку

Эквиваленты нагрузки

Для проведения испытаний сварочного источника под нагрузкой необходимо обзавестись эквивалентом нагрузки, роль которого с успехом может выполнить сварочный балластный реостат РБ-315 (табл. 10.1).

В крайнем случае, можно использовать несколько мощных проволочных резисторов, изготовленных из толстого ($\varnothing 4\text{—}5\text{ мм}$) нихрома.

Нагрузочные испытания проводятся на исправном аппарате перед его окончательной сборкой в корпус. В ходе испытаний при включенной нагрузке не допускается производить какие-то переключения внутри источника.

Меры безопасности

Помните, что все цепи сварочного источника находятся под высоким постоянным напряжением. Поэтому во избежание получения электрического удара, во время работы нужно проявлять предельную внимательность и осторожность. При этом следует помнить, что металлический корпус осциллографа также находится под напряжением и является источником опасности.

Поэтому необходимо избегать электрического контакта с корпусом осциллографа при работающем сварочном источнике. А все манипуляции с его ручками управления и щупами нужно производить при отключенном от сети сварочном источнике.

Подготовка к испытанию

Подключить сварочный источник к балластному реостату, используя кабели, входящие в комплект изделия. Последовательно с реостатом включить амперметр.

Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения 10 В/дел. и коэффициент 2-го канала 2 В/дел. Коэффициент развертки установить 5 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупе 1-го канала перевести в положение 1/10, а на щупе второго канала в положение 1/1. Щуп 1-го канала подключить к коллектору транзистора VT1, а щуп второго канала к ножке J6.9 соединителя платы управления. Заземляющие зажимы подключить к эмиттеру транзистора VT1.

Установить мультиметр в режим измерения постоянного напряжения на пределе 200 В и подключите его щупы к выходам (+) и (-) источника.

Подключить питающий кабель сварочного источника к сети 230 В и включить сетевой выключатель аппарата.



Внимание.

В течение испытаний оператор должен избегать контакта с металлическими поверхностями измерительных приборов, т. к. они находятся под высоким напряжением.

**Испытание сварочного источника
TELWIN TECNICA-161/141 при средней нагрузке**

Алгоритм испытаний такой:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить средний сварочный ток 75 (60) А;
- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 75 (60) А;
- ♦ убедитесь в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 5.18;

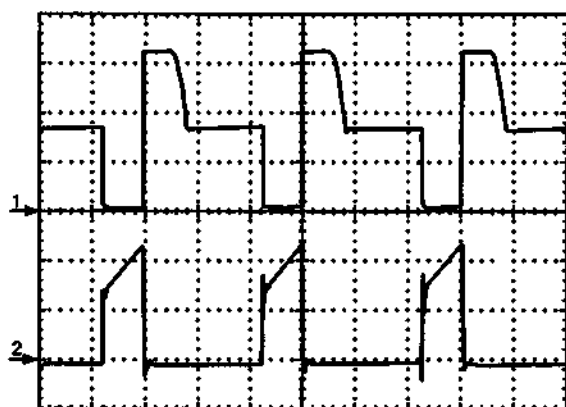


Рис. 5.18. Форма сигнала на коллекторе транзистора VT1 (1-й канал. Режим измерения: коэффициент канала 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел) и ножке J6.9 соединителя платы управления (2-й канал. Режим измерения: коэффициент канала 2 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел).

- ♦ выходной ток равен $75 (60) \text{ A} \pm 10 \%$. При этом выходное напряжение равно $23 (22,4) \text{ В} \pm 10\%$;
- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.

Испытание сварочного источника TELWIN TECNICA-161/141 при номинальной нагрузке

Алгоритм испытаний такой:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить максимальный сварочный ток $150 (125) \text{ A}$, вращая его по часовой стрелке до упора;
- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к $150 (125) \text{ A}$;
- ♦ убедитесь в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 5.19;

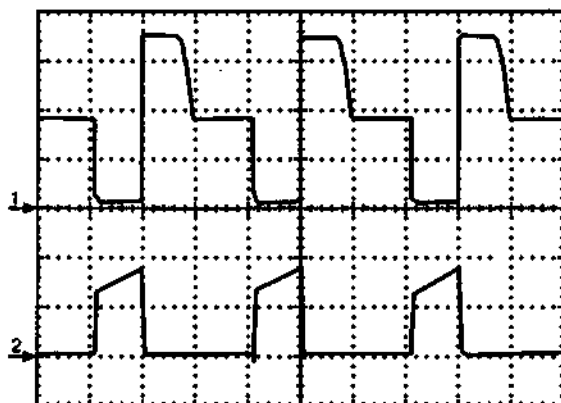


Рис. 5.19. Форма сигнала на коллекторе транзистора VT1 (1-й канал. Режим измерения: коэффициент канала 100 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел) и ножке J6.9 соединителя платы управления (2-й канал. Режим измерения: коэффициент канала 5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел).

- ♦ убедитесь в том, что выходной ток равен $150 (125) \text{ A} \pm 10 \%$. При этом выходное напряжение равно $26 (25) \text{ В} \pm 10\%$. Если выходной ток не соответствует требуемому, то отрегулируйте его, используя джамперы JP2-JP4 (рис. 5.12);
- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.

Проверка напряжения на диодах VD21—VD23

Установить на осциллографе коэффициент 1-го канала вертикального отклонения 5 В/дел. и коэффициент 2-го канала 5 В/дел. Коэффициент развертки установить 5 мкс/дел. Входные делители напряжения обоих каналов перевести в положение $1/10$. Щуп 1-го канала подключить к аноду диода VD21, а щуп второго канала к аноду диода VD22. Заземляющие зажимы подключить к радиатору охлаждения, на котором эти диоды установлены.

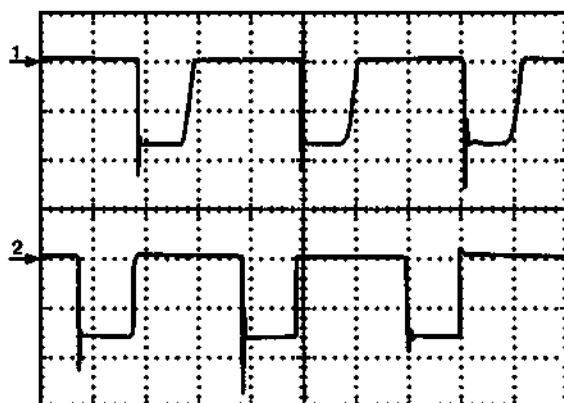


Рис. 5.20. Форма сигнала на аноде диода VD21 (1-й канал. Режим измерения: коэффициент канала 50 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.) и аноде диода VD22 (2-й канал. Режим измерения: коэффициент канала 50 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.).

При помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить максимальный сварочный ток 150 (125) А, вращая его по часовой стрелке до упора.

Воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 150 (125) А.

Убедитесь в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 5.20.

В завершении отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.

5.3.12. Проверка тепловой защиты

С параметрами настройки и нагрузки, используемыми в предыдущем пункте, включаем сварочный источник и оставляем его работать до момента срабатывания защита от перегрева ключевых транзисторов инвертора (загорится светодиод HL2 (рис. 5.12) «Авария»). После охлаждения и автоматического сброса тепловой защиты, отключаем сварочный источник и проводим тщательный осмотр внутренних силовых цепей на отсутствие дефектов и подгорания. Если всё нормально, то собираем сварочный источник.

5.3.13. Рабочее испытание источника TELWIN TECNICA-161/141

Проверенным и настроенным сварочным источником при токе 80 А выполнить дробный сварочный шов (диаметр электрода 2,5 мм).

СВАРОЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЕМЕЙСТВА ТОРУС

Сварочный источник ТОРУС отличается от своих собратьев некоторой оригинальностью конструкции. Однако это не стало препятствием для его широкого распространения. Первые версии этого источника имели достаточно кустарный внутренний вид, но впоследствии этот недостаток был устранен, поэтому теперь источники и снаружи, и внутри выглядят вполне цивилизованно.

6.1. Состав семейства ТОРУС

К семейству ТОРУС относятся сварочные источники ТОРУС, РУСЬ, ДУГА. Не смотря на то, что эти источники выпускаются различными производителями под различными торговыми марками, они имеют одинаковое схемное и компоновочное решение.



Примечание.

Различия между этими источниками не существенны, поэтому достаточно рассмотреть какой-то один из них, чтобы получить полное представление о семействе.

Остановим свой выбор на сварочном источнике ТОРУС, который получил наибольшее распространение на рынке. Этот источник выпускается производственной компанией «Тор»

[<http://www.torus.ru/>]. Существуют версии этого источника ТОРУС-165, ТОРУС-200 и ТОРУС-250, соответственно рассчитанные на максимальный сварочный ток 165, 200 и 250 А. Эти версии различаются между собой лишь мощностью и количеством силовых элементов.

6.2. Технические параметры источника ТОРУС-200

Рассмотрим сварочный источник ТОРУС-200, имеющий следующие технические параметры:

- ♦ напряжение питающей сети, В 185—242;
- ♦ частота питающей сети, Гц 50;
- ♦ род сварочного тока постоянный;
- ♦ регулировка сварочного тока плавная;
- ♦ максимальный сварочный ток, А 200;
- ♦ цикл работы (ЦР) при токе до 200 А, % 60;
- ♦ напряжение холостого хода (ХХ), В 50;
- ♦ вес, кг. 5;
- ♦ размеры (ширина×высота×длина), мм 115×185×280.



Примечание.

Принципиальные схемы сварочного источника ТОРУС-200, представленные в этой главе, основаны на схемах, присвоенных источникам ТОРУС-200, ДУГА-200 и РУСЬ-2004. Схемы выложили пользователи Valdemar_Br и керн на интернет-форуме «Power Electronics» [<http://valvol.flyboard.ru/>] и Евгений Воробьев на интернет-сайте «Современные сварочные аппараты своими руками» [<http://valvolodin.narod.ru/>]. Позиционные обозначения, присвоенные на этих схемах электронным компонентам, могут отличаться от позиционных обозначений, указанных в оригинальной документации производителей или нанесённых на платах различных версий сварочных источников семейства ТОРУС.

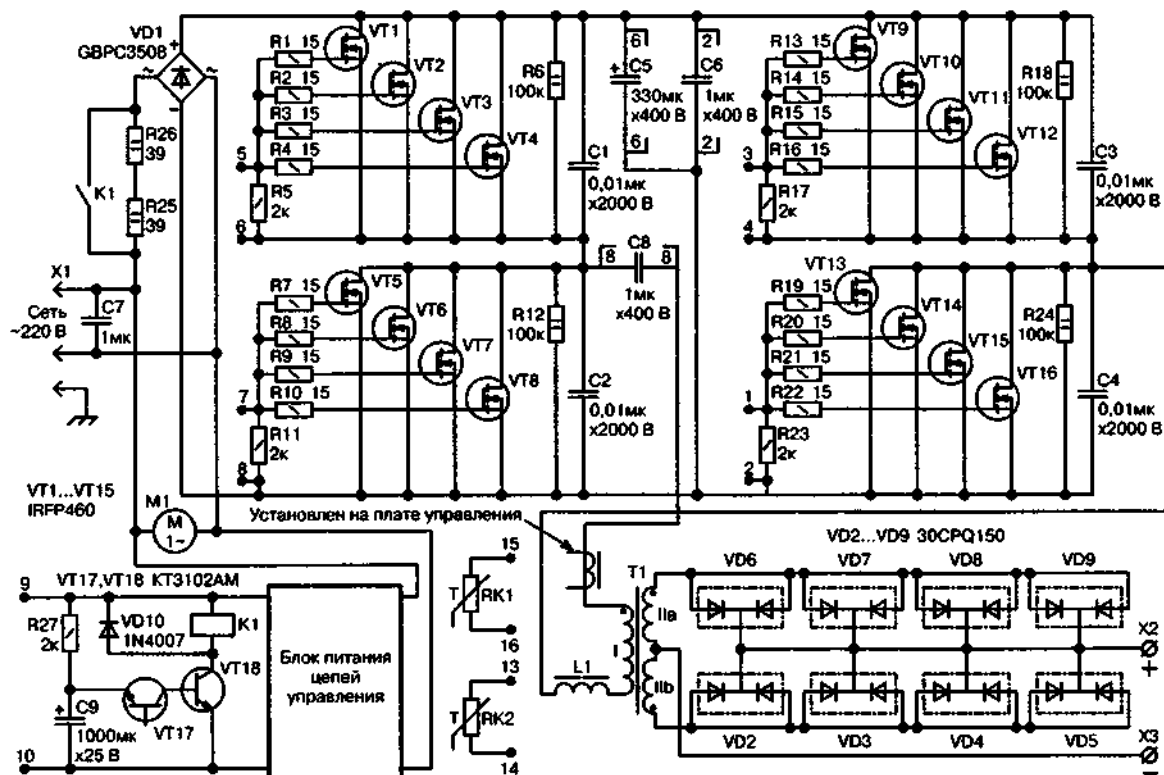


Рис. 6.1. Принципиальная электрическая схема силовых цепей сварочного источника

6.3. Силовые цепи источника ТОРУС-200

Принципиальная электрическая схема силовых цепей сварочного источника ТОРУС-200

ТОРУС-200 представляет из себя сварочный источник инверторного типа. Он оборудован тепловой защитой и защитой от короткого замыкания.

На рис. 6.1 изображена принципиальная электрическая схема силовых цепей сварочного источника.

Сварочный источник подключается к сети 220 В 50 Гц при помощи гибкого шнура и сетевой вилки Х1. Напряжение подается непосредственно на выпрямительный мост VD1.



Внимание.

Какие-то сетевые выключатели и предохранители в сварочном источнике полностью отсутствуют, что не совсем хорошо. Возможно, эти элементы исключили из экономии, или руководствовались логикой, что не стоит защищать то, что уже сгорело.

Однако если предохранитель каким-то образом ограничит ущерб при выгорании одного из ключей преобразователя, то без него процесс будет идти до логического завершения.



Совет.

Поэтому не экономьте на спичках и установите автоматический выключатель. Это позволит значительно уменьшить ущерб в аварийной ситуации.

Для источников, рассчитанных на максимальный сварочный ток 165, 200 и 250 А, потребуется автоматический выключатель на 25, 32 и 40 А, соответственно.

Для сглаживания пульсации выпрямленного напряжения на выходе моста VD1 используется конденсатор C5 большой ем-

кости. Этот конденсатор состоит из шести электролитических конденсаторов и имеет суммарную емкость 1980 мкФ.

После включения в сеть конденсатор С5 заряжается через резисторы R25, R26. Одновременно включается блок питания цепей управления, который формирует стабилизированное напряжение 15 В.

От этого напряжения питаются все цепи управления сварочного источника, а также электронное реле времени, собранное на элементах R27, С9, VT17, VT18, VD10, K1. Это реле времени с задержкой времени около 2 с включает обмотку реле K1, которое своим контактом шунтирует зарядные резисторы R25, R26.

Электронное реле работает следующим образом. После подачи питания цепей управления конденсатор С9 заряжается через резистор R27 до напряжения лавинного пробоя перехода база-эмиттер транзистора VT17 (около 6—8 В). Этот процесс требует определенного времени, и благодаря ему формируется требуемая задержка.

После пробоя сопротивление транзистора VT17 резко падает, и конденсатор С9 разряжается через переход база-эмиттер транзистора VT18. В результате транзистор VT18 открывается и включает обмотку реле K1.

После разряда конденсатора С9 открытое состояние транзисторов VT17 и VT18 поддерживается за счет тока протекающего через резистор R27. Дiode VD10 защищает транзистор VT18 от выброса напряжения самоиндукции на обмотке реле K1 в момент его отключения.

Транзисторы, диоды и электромагнитные узлы сварочного источника охлаждаются при помощи вентилятора М1, а температурный режим этих элементов контролируется при помощи термометров сопротивления RK1 и RK2, установленных на охладителе выпрямителя и сердечнике резонансного дросселя, соответственно.

Основу сварочного источника составляет двухтактный мостовой преобразователь, собранный на транзисторах VT1—VT16, и работающий на постоянной частоте 50 кГц. Каждый из

четыре электронных ключа преобразователя расположен на отдельном радиаторе и состоит из нескольких полевых транзисторах с изолированным затвором (MOSFET) типа IRFP460, включенных параллельно.

Транзисторы одного ключа управляются от одного трансформаторного драйвера, расположенного на плате управления. Развязка цепей управления транзисторов достигается при помощи затворных резисторов R1—R4, R7—R10, R13—R16 и R19—R22.



Примечание.

Для источников, рассчитанных на максимальный сварочный ток 165, 200 и 250 А, используется параллельное включение 2, 3 и 4 транзисторов, соответственно.

Регулировка сварочного тока производится за счет широтно-импульсной модуляции (ШИМ) открытого состояния транзисторов мостового преобразователя. Ранее мы уже рассматривали работу двухтактного мостового преобразователя (глава 1). Однако, алгоритм управления мостовым преобразователем сварочного источника ТОРУС имеет особенности. Они заключаются в том, что ШИМ производится только для одной стойки моста, собранной на транзисторах VT9—VT16. Другая стойка моста, собранная на транзисторах VT1—VT8, работает с максимально возможным заполнением.

Благодаря этому реализуется фазосдвигающий режим работы преобразователя. Это позволяет использовать простые резонансные цепочки для осуществления переключения транзисторов при нулевом напряжении (режим ZVS — zero voltage switch). При этом снижаются потери коммутации, и повышается эффективность сварочного источника.

Рассмотрим подробнее процессы, происходящие в преобразователе сварочного источника ТОРУС.

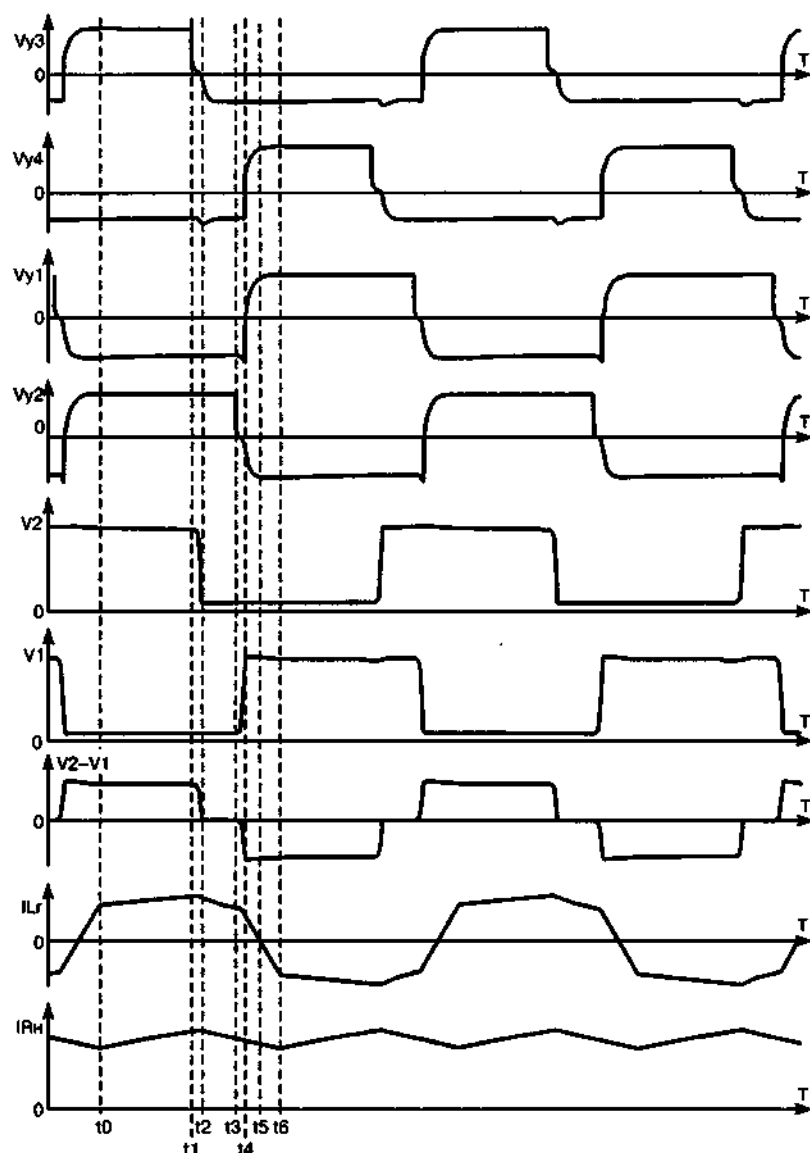


Рис. 6.2. Диаграммы напряжений и токов преобразователя сварочного источника ТОРУС

6.4. Работа мостового преобразователя источника ТОРУС

Принципиальная схема преобразователя

На рис. 6.3—рис. 6.8 изображена упрощенная схема преобразователя сварочного источника ТОРУС в различные моменты коммутации. На рис. 6.2 изображены диаграммы токов и напряжений в цепях преобразователя.

Схема состоит из четырех электронных ключей VT1—VT4. Как уже говорилось ранее, каждый из этих ключей состоит из нескольких транзисторов, включенных параллельно. Внутренние паразитные диоды подложки транзисторов VD1—VD4 (для большей ясности) вынесены отдельно. Каждый из конденсаторов C1—C4 символизирует не только емкости C1—C4 (рис. 6.1), но и выходные емкости соответствующих ключей.

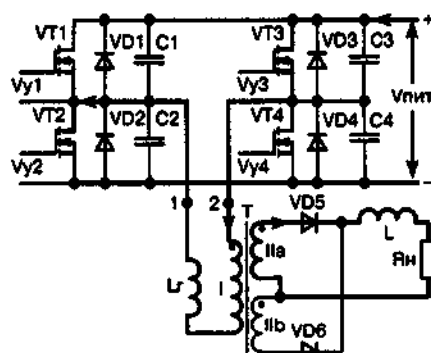
Резонансный дроссель Lr символизирует суммарную индуктивность, состоящую из индуктивности дросселя L1 и индуктивности рассеяния трансформатора T1 (рис. 6.1). Дроссель L символизирует индуктивность сварочной цепи, а сопротивление Rн — нагрузку.

Если погонная индуктивность сварочной цепи составляет примерно 1 мкГн/м, то при длине сварочных концов 3—5 м, индуктивность L будет иметь величину 3—5 мкГн.

Работа схемы преобразователя в различные интервалы времени

Интервал $t_0 < t < t_1$ (рис. 6.3). В этом интервале времени ключи VT2 и VT3 замкнуты при помощи управляющих напряжений V_{y2} и V_{y3} . При этом ток потребляется из источника питания $V_{пит}$ по цепи:

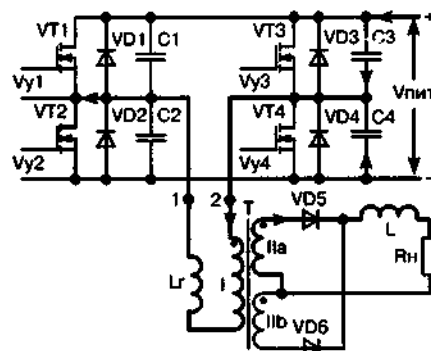
+ $V_{пит}$ → VT3 → выход 2 моста → первичная обмотка трансформатора T → обмотка резонансного дросселя Lr → выход 1 моста → транзистор VT2 → - $V_{пит}$.

Рис. 6.3. Интервал $t_0 < t < t_1$

Напряжение $V_2 - V_1$ на выходе моста и обмотках трансформатора Т имеет полярность, отпирающую для диода VD5 и запирающую для диода VD6. Под воздействием напряжения на обмотке IIa выходной ток преобразователя циркулирует в контуре:

начало обмотки IIa → диод VD5 → индуктивность L → сопротивление нагрузки Rн → конец обмотки IIa.

Напряжение на вторичной обмотке превышает напряжение на нагрузке и поэтому ток в индуктивности L и нагрузке Rн увеличивается.

Рис. 6.4. Интервал $t_1 < t < t_2$

Интервал $t_1 < t < t_2$ (рис. 6.4). В начале этого интервала при помощи управляющего напряжения V_{y3} , формируемого ШИМ-контроллером, размыкается ключ VT3. Так как конденсатор C3 был ранее полностью разряжен через замкнутый ключ VT3, а напряжение на нем не может моментально возрасти, то ключ VT3 размыкается в режиме ZVS с минимальными потерями переключения.

Ключ VT2 остается замкнутым при помощи управляющего напряжения V_{y2} . Сразу после размыкания ключа VT3, конденсатор C3 практически полностью разряжен, а конденсатор C4 заряжен до напряжения питания $V_{пит}$. В течение этого интервала конденсатор C3 заряжается током, протекающим по цепи:

+ $V_{пит}$ → C3 → выход 2 моста → первичная обмотка трансформатора Т → обмотка резонансного дросселя L_r → выход 1 моста → транзистор VT2 → - $V_{пит}$.

Одновременно с зарядкой C3, конденсатор C4 разряжается током, циркулирующим в контуре:

- $V_{пит}$ → C4 → выход 2 моста → первичная обмотка трансформатора Т → обмотка резонансного дросселя L_r → выход 1 моста → транзистор VT2 → - $V_{пит}$.

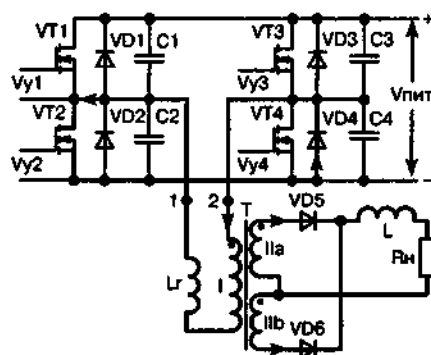


Примечание.

Как и в предыдущем интервале, напряжение на обмотках трансформатора Т имеет полярность, отпирающую для диода VD5 и запирающую для диода VD6.

Под воздействием напряжения на обмотке II_a выходной ток преобразователя циркулирует в контуре:

начало обмотки II_a → диод VD5 → индуктивность L → сопротивление нагрузки R_n → конец обмотки II_a.

Рис. 6.5. Интервал $t_2 < t < t_3$

Напряжение на вторичной обмотке превышает напряжение на нагрузке, и поэтому ток в индуктивности L и нагрузке R_n увеличивается.

В конце интервала конденсатор C_3 заряжен до напряжения питания $V_{пит}$, а конденсатор C_4 полностью разряжен.

Интервал $t_2 < t < t_3$ (рис. 6.5). В этом интервале при помощи управляющего напряжения V_{y2} , остается замкнутым только ключ VT_2 . Напряжение на конденсатор C_4 фиксируется на уровне открытия диода VD_4 и выходной ток моста циркулирует в контуре:

$-V_{пит} \rightarrow VD_4 \rightarrow \text{выход 2 моста} \rightarrow \text{первичная обмотка трансформатора } T \rightarrow \text{обмотка резонансного дросселя } L_r \rightarrow \text{выход 1 моста} \rightarrow \text{транзистор } VT_2 \rightarrow -V_{пит}.$



Примечание.

При этом ток от источника $V_{пит}$ не потребляется.

В этом интервале напряжение $V_2 - V_1$ на выходе моста близко к нулю. Вследствие этого основная доля выходного тока продолжает циркулировать в контуре:

начало обмотки $I_{IIa} \rightarrow \text{диод } VD_5 \rightarrow \text{индуктивность } L \rightarrow \text{сопротивление нагрузки } R_n \rightarrow \text{конец обмотки } I_{IIa}.$

Однако напряжение, падающее на открытом диоде VD5 в отпирающей полярности, прикладывается к диоду VD6 и тот тоже начинает проводить ток. В результате этого часть выходного тока начинает циркулировать в контуре:

начало обмотки IIb \rightarrow диод VD6 \rightarrow индуктивность L \rightarrow
сопротивление нагрузки Rн \rightarrow конец обмотки IIa.

Так как в течение этого интервала энергия из источника питания $V_{пит}$ не потребляется, то в нагрузке Rн расходуется энергия, накопленная в индуктивности L. Поэтому ток в индуктивности L и нагрузке Rн уменьшается.

Интервал $t_3 < t < t_4$ (рис. 6.6). В начале этого интервала при помощи управляющего напряжения V_{y2} размыкается ключ VT2. Так как конденсатор C2 был ранее полностью разряжен через замкнутый ключ VT2 и напряжение на нем не может моментально возрасти, то ключ VT2 размыкается в режиме ZVS с минимальными потерями переключения. В течение этого интервала все ключи преобразователя разомкнуты.

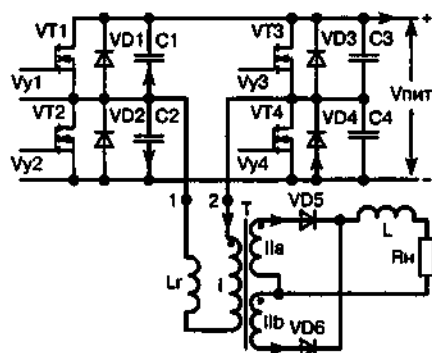
Сразу после размыкания ключа VT2, конденсатор C2 практически полностью разряжен, а конденсатор C1 заряжен до напряжения питания $V_{пит}$. В течение интервала конденсатор C2 заряжается током, протекающим по цепи:

$-V_{пит} \rightarrow VD4 \rightarrow$ выход 2 моста \rightarrow первичная обмотка
трансформатора T \rightarrow обмотка резонансного дросселя Lr \rightarrow
выход 1 моста $\rightarrow C2 \rightarrow -V_{пит}$.

Одновременно с зарядкой C2, конденсатор C1 начинает разряжаться током, циркулирующим в контуре:

$-V_{пит} \rightarrow VD4 \rightarrow$ выход 2 моста \rightarrow первичная обмотка транс-
форматора T \rightarrow обмотка резонансного дросселя Lr \rightarrow выход 1
моста $\rightarrow C1 \rightarrow +V_{пит}$.

При этом в источник питания $V_{пит}$ возвращается энергия, накопленная в резонансной индуктивности Lr.

Рис. 6.6. Интервал $t_3 < t < t_4$

В начале этого интервала напряжение $V_2 - V_1$ на выходе моста близко к нулю. В конце интервала напряжение $V_2 - V_1$ имеет полярность противоположную полярности в интервале $t_0 < t < t_1$. Вследствие этого диоды VD_5 и VD_6 открыты, а токи циркулируют в обоих выходных контурах, но постепенно выходной ток все перераспределяется в выходной контур с обмоткой IIб.

Так как в течение этого интервала энергия из источника питания $V_{пит}$ не потребляется, то в нагрузке R_n расходуется энергия, накопленная в индуктивности L . Поэтому ток в индуктивности L и нагрузке R_n уменьшается.

Интервал $t_4 < t < t_5$ (рис. 6.7). В течение этого интервала энергия, накопленная в резонансной индуктивности L_r , возвращается в источник питания $V_{пит}$ по цепи:

$-V_{пит} \rightarrow VD_4 \rightarrow \text{выход 2 моста} \rightarrow \text{первичная обмотка}$
 $\text{трансформатора } T \rightarrow \text{обмотка резонансного дросселя } L_r \rightarrow$
 $\text{выход 1 моста} \rightarrow VD_1 \rightarrow +V_{пит}.$

В момент t_4 при помощи управляющих напряжений V_{y1} и V_{y4} замыкаются ключи VT_1 и VT_4 . Так как транзисторы зашунтированы открытыми диодами VD_1 и VD_4 , то их включение происходит в режиме ZVS с минимальными потерями.

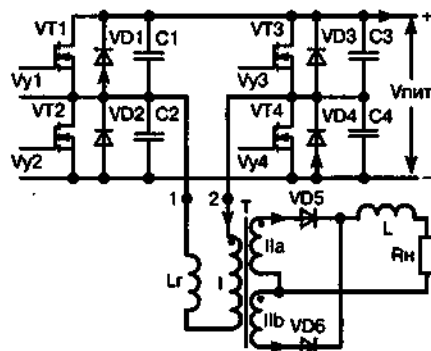


Рис. 6.7. Интервал $t_4 < t < t_5$

В этом интервала напряжение V_2-V_1 имеет полярность противоположную полярности в интервале $t_0 < t < t_1$. Диоды VD_5 и VD_6 открыты, и токи циркулируют в обоих выходных контурах.

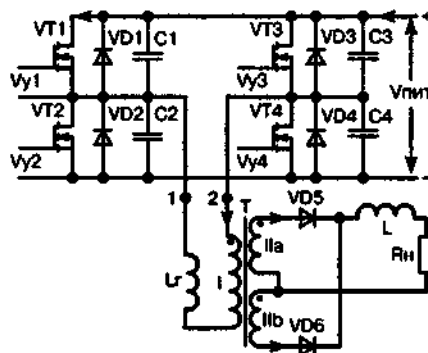
В конце интервала $I_{Lr}=0$ и энергия, накопленная в резонансной индуктивности L_r , возвращена в источник питания $V_{пит}$.

Так как в течение этого интервала энергия из источника питания $V_{пит}$ не потребляется, то в нагрузке R_n расходуется энергия, накопленная в индуктивности L . Поэтому ток в индуктивности L и нагрузке R_n уменьшается.

Интервал $t_5 < t < t_6$ (рис. 6.8). В течение этого интервала энергия накапливается в резонансной индуктивности L_r . При этом ток потребляется из источника питания $V_{пит}$ по цепи:

$+V_{пит} \rightarrow VT_1 \rightarrow \text{выход 1 моста} \rightarrow \text{обмотка резонансного дросселя } L_r \rightarrow \text{первичная обмотка трансформатора } T \rightarrow \text{выход 2 моста} \rightarrow VT_4 \rightarrow -V_{пит}$.

В этом интервале напряжение V_2-V_1 имеет полярность, противоположную полярности в интервале $t_0 < t < t_1$. Диоды VD_5 и VD_6 открыты, и токи циркулируют в обоих выходных контурах. Однако к концу интервала выходной ток полностью

Рис. 6.8. Интервал $t_4 < t < t_5$

вытесняется в контур IIb, VD6, L, Rн, IIb, поэтому диод VD5 закрывается.

Так как в течение этого интервала энергия источника питания $V_{пит}$ не достигает выходных цепей, то в нагрузке Rн расходуется энергия, накопленная в индуктивности L. Поэтому ток в индуктивности L и нагрузке Rн уменьшается.

Далее все повторяется также как в интервале $t_0 < t < t_1$, с той лишь разницей, что замкнуты транзисторы VT1 и VT4, а не VT2 и VT3. При этом напряжение V2–V1 имеет полярность, противоположную полярности в интервале $t_0 < t < t_1$.

6.5. Устройство управления сварочного источника ТОРУС

Назначение устройства управления

Устройство управления сварочного источника ТОРУС осуществляет:

- ♦ управление транзисторами мостового преобразователя, формируя внешнюю падающую вольтамперную характе-

ристику, которая необходима для сварочных технологий MMA и TIG;

- ♦ осуществляет защиту основных узлов преобразователя от перегрузки и перегрева;
- ♦ осуществляет плавную установку сварочного тока в диапазоне от минимального до максимального.

Устройство управления сварочного источника ТОРУС построено на базе ШИМ контроллера TL494.

Плата управления

Принципиальная электрическая схема платы управления сварочного источника ТОРУС изображена на рис. 6.9.

Преобразователь сварочного источника работает на частоте 60 кГц. Эта частота определяется частото задающими элементами RC-генератора микросхемы DA1. Как говорилось ранее, частота самого RC-генератора при этом в два раза выше и составляет 120 кГц.



Примечание.

Некоторой особенностью устройства управления сварочного источника ТОРУС является то, что микросхема ШИМ-контроллера DA1 не используется для формирования ШИМ сигнала управления мостовым преобразователем. Ее функции ограничены формированием базового двухтактного сигнала, максимальное заполнение которого ограничено лишь «мертвым» временем.

Для повышения помехоустойчивости питание микросхемы DA1 осуществляется через фильтр R18, C12. Транзисторы выходных каскадов DA1 включены по схеме с общим коллектором. При этом коллекторы CT1 и CT2 подключены к выводу питания VCC, а эмиттеры ET1 и ET2 нагружены резисторами R26 и R28.

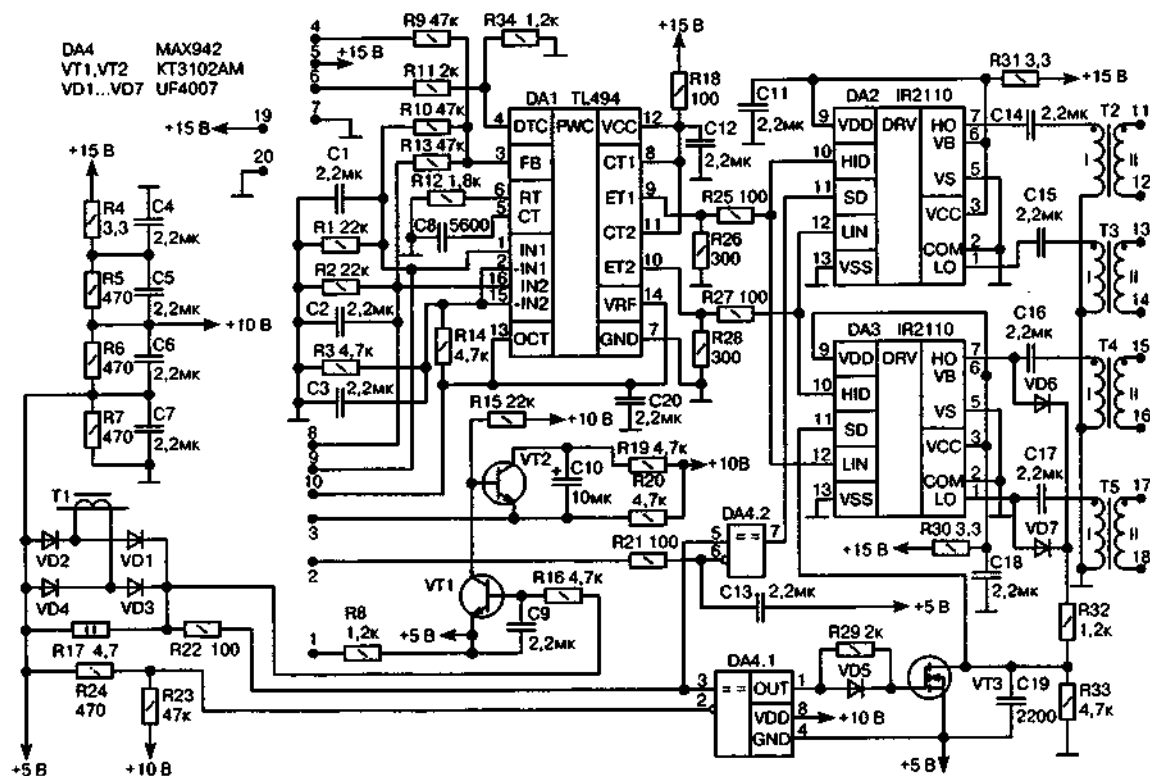


Рис. 6.9. Принципиальная электрическая схема платы управления

Двухтактный сигнал с выходов ET1 и ET2 через резисторы R25 и R27 поступает на входы HID и LIN микросхем DA2 и DA3, типа IR2110 или IR2113. Эти драйверные микросхемы предназначены для управления MOSFET и IGBT транзисторами и способны выдерживать большие токовые нагрузки по выходу (до 2 А).

Микросхема драйвера IR2110

Упрощенная структурная схема микросхемы драйвера IR2110 изображена на рис. 6.10.

Основная функция драйвера заключается в усилении по мощности входных управляющих логических сигналов, поступающих на его выводы HID и LIN. При этом сигнал не инвертируется и высокому логическому уровню на входах HID и LIN соответствует высокий управляющий уровень на выходах HO и LO.

Так как драйвер предназначен для управления стойкой мостового преобразователя, то потенциалы его выходных и входных цепей различаются. Особенно это справедливо для канала управления верхним транзистором стойки (VB, HO, VS), который «плавает» между шинами питания преобразователя. Для

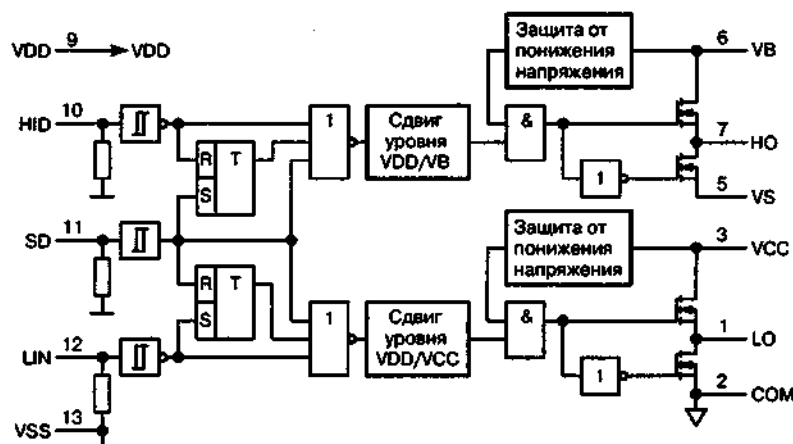


Рис. 6.10. Упрощенная структурная схема микросхемы драйвера IR2110

согласования потенциалов входных и выходных цепей служат специальные узлы сдвига уровня VDD/VB и VDD/VCC.

Каждый выходной канал микросхемы содержит узел защиты от понижения напряжения питания, который не допускает появления на выходе высокого управляющего уровня при низком питающем напряжении канала.



Примечание.

Этим предотвращается переход ключевого транзистора преобразователя в активную область, что может вызвать его повреждение.

Для осуществления быстродействующей защиты, микросхема имеет специальный вход SD. Высокий логический уровень на этом входе переводит выходные управляющие уровни в низкое состояние вне зависимости от состояния входных управляющих логических сигналов. При этом транзисторы стойки моста закрываются.

Входная логика микросхемы позволяет блокировать высокий управляющий логический уровень путем кратковременной подачи высокого логического уровня на вход SD. При этом устанавливается специальный внутренний RS триггер, которые продолжают блокировать активный входной уровень, даже после снятия сигнала SD. RS триггер сбрасывается после снятия высокого управляющего логического уровня.

Диаграммы сигналов на входах и выходах драйвера, а также на входе SD показаны на рис. 6.11.

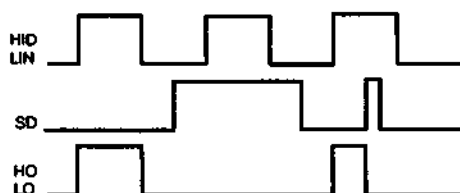


Рис. 6.11. Диаграммы входных и выходных сигналов драйвера IR2110

В устройстве управления сварочного источника ТОРУС вход SD драйвера DA2 используется для осуществления ШИМ. Как уже говорилось ранее, ШИМ производится только для одной стойки моста, собранной на транзисторах VT9—VT16 (рис. 6.1). Для управления другой стойкой моста, собранной на транзисторах VT1—VT8 (рис. 6.1) и работающей с максимально возможным заполнением, используется драйвер DA3.

Сигналы управления с выхода драйвера через конденсаторы C14—C17 и трансформаторы гальванической развязки (ТГР) Т2—Т5, поступают на затворы соответствующих ключевых транзисторов моста.

После прохождения сигналов управления через конденсаторы и ТГР, имеющие единичный коэффициент трансформации, теряется постоянная составляющая. В результате к затворам ключевых транзисторов прикладывается управляющее напряжение, изменяющееся в диапазоне от $-7,5$ В до $+7,5$ В при максимальном заполнении управляющего сигнала. При уменьшении заполнения управляющего сигнала (в результате ШИМ) положительный выброс управляющего напряжения возрастает, но не превышает 15 В.

Регулятор тока

Стабилизация заданного значения сварочного тока осуществляется при помощи релейного регулятора, собранного на быстроедействующем компараторе DA4.2 типа MAX942. Этот компаратор рассчитан на питание напряжением TTL уровня 5 В. Однако для питания устройства управления используется напряжение питания 15 В, а пороги переключения входной логики микросхем DA2 и DA3 составляют 7,5 В.

Поэтому для питания компаратора используется специальный делитель напряжения R4—R7, C4—C7, который формирует напряжения $+5$ В и $+10$ В. Подключенный между этими напряжениями компаратор DA4.2 получает возможность полноценного управления входом SD микросхемы DA2.

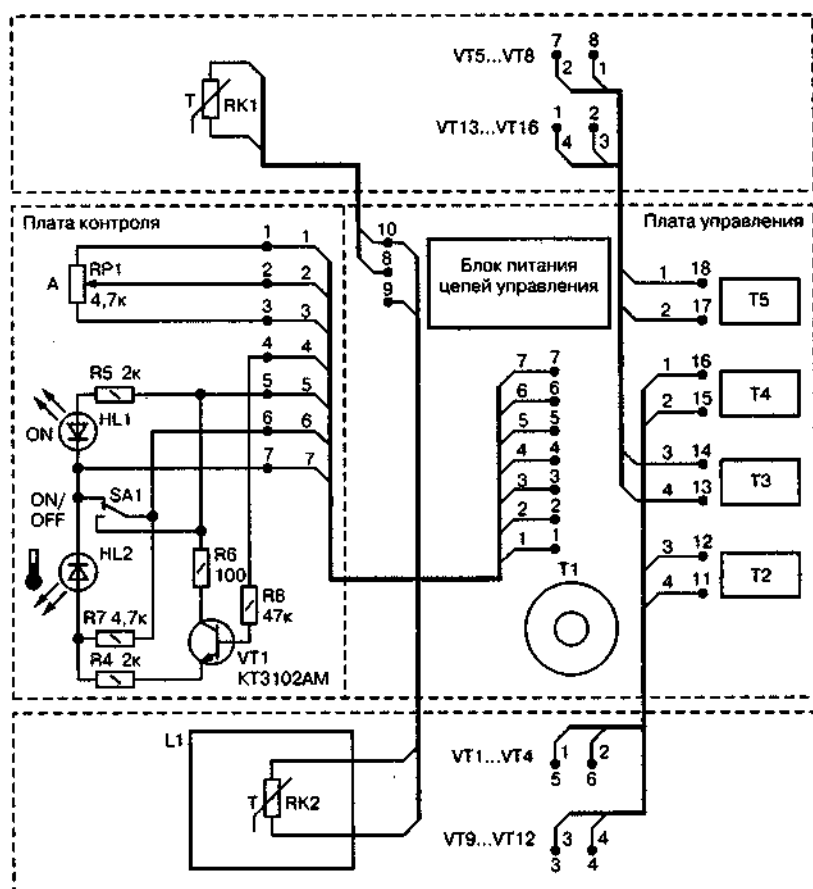


Рис. 6.12. Схема внешних соединений платы управления и силовых цепей

Сигнал, пропорциональный сварочному току, формируется при помощи трансформатора тока $T1$, первичная обмотка которого включена последовательно с первичной обмоткой силового трансформатора $T1$ (рис. 6.1).

Трансформатор тока намотан на ферритовом кольцевом сердечнике, и его обмотка содержит 100 витков. Роль первичной обмотки выполняет монтажный провод, идущий с выхода пре-

образователя на первичную обмотку силового трансформатора и продетый через окно сердечника трансформатора тока.

Вторичная обмотка трансформатора тока Т1 через выпрямительный мост VD1—VD4, нагружена на сопротивление R37. В результате во время работы сварочного источника на этом резисторе выделяется напряжение, пропорциональное сварочному току, которое через резистор R22 подается на прямые входы компараторов DA4.1 и DA4.2.

На инвертирующий вход компаратора DA4.2 через резистор R21 подается напряжение задания с движка переменного резистора RP1, расположенного на плате контроля (рис. 6.12), которая, в свою очередь, расположена на передней панели сварочного источника.

Пока мгновенное значение сварочного тока не превышает заданного значения, на выходе компаратора DA4.2 присутствует низкий логический уровень, который (по входу SD микросхемы DA3) разрешает работу транзисторов VT9—VT16 (рис. 6.1) преобразователя.

Как только мгновенное значение сварочного тока превысит заданное значение, на выходе компаратора DA4.2 формируется высокий логический уровень, который, по входу SD микросхемы DA3, закрывает транзисторы VT9—VT16 (рис. 6.1) преобразователя.

Конденсатор C13, совместно с резистором R21, образует низкочастотный RC фильтр, повышающий помехоустойчивость канала задания тока.

Узел, собранный на элементах VT1, VT2, C9, C10, R15, R16, R19 служит для осуществления функции «Горячий старт» (Hot Start) сварочного источника.



Примечание.

Эта функция облегчает зажигание сварочной дуги за счет кратковременного увеличения сварочного тока в первоначальный момент сварки, когда требуется допол-

нительная энергия для прогрева холодного металла свариваемой детали.

Работает узел горячего старта следующим образом. Во время холостого хода ток в сварочной цепи отсутствует и напряжение на резисторе R17 близко к нулевому значению. В результате этого транзистор VT1 закрыт, а транзистор VT2 открыт. При этом транзистор VT2:

- ♦ накоротко замыкает конденсатор C10;
- ♦ при помощи резистора R19 шунтирует резистор R20.

Это резистор R20 является верхним резистором делителя напряжения задатчика тока, состоящего из переменного резистора RP1 (рис. 6.12) и резисторов R20 и R8, расположенных на плате управления.



Примечание.

Т. к. резисторы R20 и R19 включены параллельно, то с движка переменного резистора RP1 снимается повышенное напряжение, обеспечивающее большее значение сварочного тока.

После начала сварки напряжение на резисторе R17 возрастает, и конденсатор C9 начинает заряжаться через резистор R16. Через некоторое время напряжение на конденсаторе C9 достигает порога, при котором транзистор VT1 открывается, а транзистор VT2 — закрывается.

Затем конденсатор C10 (через резистор R19) заряжается до уровня падения напряжения на резисторе R20, и сварочный ток уменьшается до своего номинального значения. После длительного перерыва в сварке, конденсатор C9 снова разряжается, и узел горячего старта возвращается в свое исходное состояние.

На базе компаратора DA4.1 собран узел блокировки холостого хода преобразователя.

Дело в том, что нормальная работа фазосдвигающих преобразователей нарушается в режиме холостого хода. В этом режиме энергии, накопленной в резонансном дросселе L1 (рис. 6.1), не хватает для перезарядки конденсаторов C1—C4 (рис. 6.1).

Поэтому эти конденсаторы каждый раз жестко разряжаются соответствующими ключевыми транзисторами. При этом транзисторы преобразователя подвергаются большим импульсным перегрузкам. Именно для того, чтобы избежать такого неблагоприятного режима работы, и нужен узел блокировки холостого хода преобразователя.

Кроме компаратора DA4.1, узел блокировки холостого хода содержит элементы VT3, VD5, VD6, VD7, C19, R23, R24, R29, R32, R33. Делитель напряжения R23, R24 фиксирует минимальный уровень тока (примерно 1,5 А). Если сварочный ток опускается ниже этого уровня, то на выходе компаратора DA4.1 формируется низкий логический уровень, который через резистор R29, поступает на затвор транзистора VT3 и закрывает его.

При этом сигналы управления с выхода драйвера DA3 через диоды VD6 и VD7, RC цепочку R32, R33, C19 поступают на вход SD и блокируют работу драйвера. После блокировки конденсатор C19 разряжается, и работа драйвера кратковременно возобновляется, что позволяет периодически тестировать сварочную цепь на отсутствие холостого хода.

После замыкания сварочной цепи, ток в ней быстро поднимается выше порогового уровня. При этом на выходе компаратора DA4.1 формируется высокий логический уровень, который через диод VD5, поступает на затвор транзистора VT3 и открывает его. Транзистор VT3 фиксирует низкий логический уровень на входе SD драйвера DA3 и нормальная работа преобразователя возобновляется.

Защита сварочного источника от перегрева

Кроме формирования базового двухтактного сигнала, микросхема DA1 осуществляет функцию тепловой защиты элементов преобразователя сварочного источника. Для этого стабильное напряжение +5 В с вывода VRF через контакт 10 платы управления поступает на делители напряжения RK1 (рис. 6.12), контакт 8 платы управления, R2, C2 и RK2 (рис. 6.12), контакт 9 платы управления, R1, C1.

Выходы делителей напряжения, соответственно, подключены на прямые входы 2-го и 1-го усилителей ошибки. На инвертирующие входы обоих усилителей ошибки через резистор R14 подается опорное напряжение +5 В с вывода VRF микросхемы DA1.

Для получения гистерезиса срабатывания с помощью резисторов R13 и R10 осуществляется положительная обратная связь с выхода усилителей ошибки (вывод FB микросхемы DA1) на выходы делителей напряжения.

Термометры сопротивления RK1 и RK2 используются для контроля температуры диодов выпрямителя VD2—VD9 и температуры сердечника резонансного дросселя L1 (рис. 6.1).

Включение/выключение сварочного источника осуществляется при помощи переключателя SA1 «ON/OFF», расположенного на плате контроля (рис. 6.12).

В положении «OFF» переключателя SA1, микросхема DA1 (рис. 6.9) заблокирована по цепи:

+15 В → контакт 5 → переключатель SA1 (рис. 6.12) →
контакт 6 → делитель напряжения R11 → R34 →
вывод DTC микросхемы DA1.

В этом случае микросхема DA1 не формирует базового двухтактного сигнала управления, и все транзисторы преобразователя заперты.

При переводе переключателя SA1 в положение «ON», вывод DTC микросхемы DA1 (рис. 6.9) подключается к общему проводу по цепи:

вывод DTC микросхемы DA1 → контакт 6 →
переключатель SA1 (рис. 6.12) → контакт 7 → общий провод.

При этом микросхема DA1 начинает формировать базовый двухтактный сигнал управления, который осуществляет управление транзисторами преобразователя в соответствии с рассмотренным ранее алгоритмом. Сварочный источник включен и готов к работе.

Светодиод HL1 «ON» индицирует подключение сварочного источника к сети и загорается по цепи:

+15 В (рис. 6.9) → контакт 5 → резистор R5 (рис. 6.12) →
светодиод HL1 → контакт 7 → общий провод.

Светодиод HL2 выполняет две функции.

Во-первых, он отображает выключенное состояние источника и загорается сразу после подключения сварочного источника к сети, когда переключатель HL2 находится в положении «OFF». При этом светодиод загорается по цепи:

+15 В (рис. 6.9) → контакт 5 → переключатель SA1 (рис. 6.12) →
резистор R7 → светодиод HL2 → контакт 7 → общий провод.

При переводе переключателя SA1 в положение «ON» эта цепь разрывается, и светодиод HL2 гаснет.

Во-вторых, он загорается при срабатывании тепловой защиты сварочного источника. При этом высокий уровень с вывода FB микросхемы DA1 через резистор R9, контакт 4 и резистор R8 (рис. 6.12) поступает на базу транзистора VT1, который открывается и светодиод HL2 загорается по цепи:

+15 В (рис. 6.9) → контакт 5 → резистор R6 (рис. 6.12) →
открытый транзистор VT1 → резистор R4 → светодиод HL2 →
контакт 7 → общий провод.

6.6. Ремонт сварочного источника ТОРУС

Необходимые приборы и оборудование

Для проведения ремонта нам потребуются следующие приборы и оборудование:

- ♦ осциллограф (желательно, двулучевой);
- ♦ цифровой мультиметр;
- ♦ сварочный балластный реостат РБ-315;
- ♦ амперметр постоянного тока на 200 А.

Начало ремонта

Ремонт сварочного источника ТОРУС необходимо начать с выполнения общей методики осмотра инверторного сварочного источника (раздел 1.2).

Если при общей проверке силовых компонентов были выявлены поврежденные, то не надо спешить с их заменой и последующим включением источника в сеть. Это может привести к повторению аварии, т. к. выгорание силовых компонентов зачастую влечет за собой повреждение соответствующих цепей управления.

Ремонт платы управления сварочного источника ТОРУС

Поэтому, произведя необходимые замены, перейдем к проверке платы управления. Расположение элементов на плате управления сварочного источника ТОРУС изображено на рис. 6.13.

Перед тем, как приступить к проверке платы управления, необходимо обеспечить ее независимое питание от отдельного источника постоянного напряжения 15 В. В качестве такого источника можно использовать собственный блок питания цепей управления (рис. 6.1) источника. Для этого необходимо выпаять его сетевые провода из платы и приспособить их для независимого подключения к сети при помощи шнура и вилки.

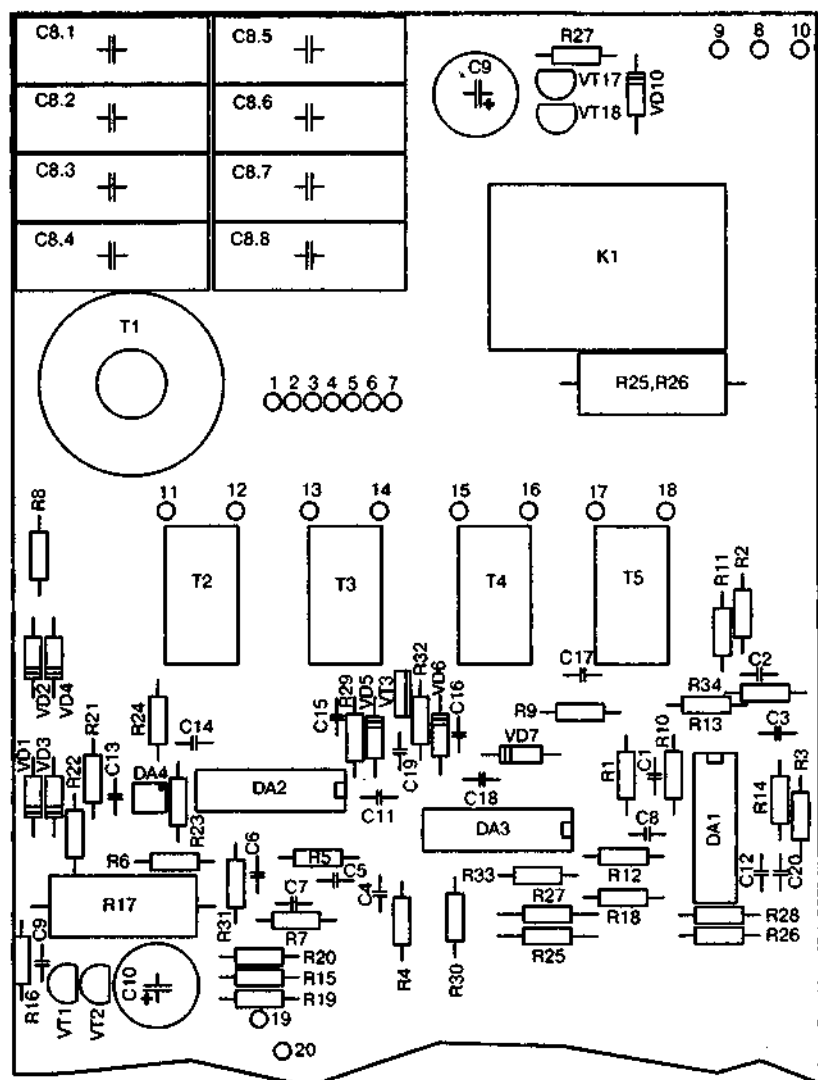


Рис. 6.13. Расположение элементов на плате управления сварочного источника TORUS

**Внимание.**

При помощи мультиметра убедитесь в том, что высокая сторона блока питания цепей управления полностью отделена от сварочного источника.

После блока питания цепей управления к сети с задержкой 3—5 с включается реле К1.

**Примечание.**

Если реле не включилось или включилось без задержки, то это говорит о неисправности блока питания цепей управления или схемы электронного реле зарядки.

В этом случае нужно определить неисправный узел и добиться его работоспособности. При этом судить о включении реле К1 нужно не только по характерному щелчку, но контролируя при помощи омметра состояние его контакта.

Одновременно необходимо убедиться в исправности зарядных резисторов R25 и R26, а также затворных резисторов R1—R10 и R13—R22 (рис. 6.1).

Включаем источник, переведя переключатель S1 (рис. 6.12) в положение «ON». При этом должен погаснуть светодиод HL2.

Установить на осциллографе коэффициент обоих каналов вертикального отклонения 0,5 В/дел. Коэффициент развертки установить 5 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупах обоих каналов перевести в положение 1/10. Щуп 1-го канала подключить к точке 1, а заземляющий зажим — к точке 2 (рис. 6.1 и рис. 6.12). Щуп 2-го канала подключить к точке 3, а заземляющий зажим — к точке 4 (рис. 6.1 и рис. 6.12). Убедитесь в том, что сигналы имеют форму, изображенную на рис. 6.14 (режим измерения: коэффициенты каналов вертикального отклонения 5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.).

Так как источник находится в режиме холостого хода (ток нагрузки отсутствует), то на затворах VT9—VT16 будет присут-

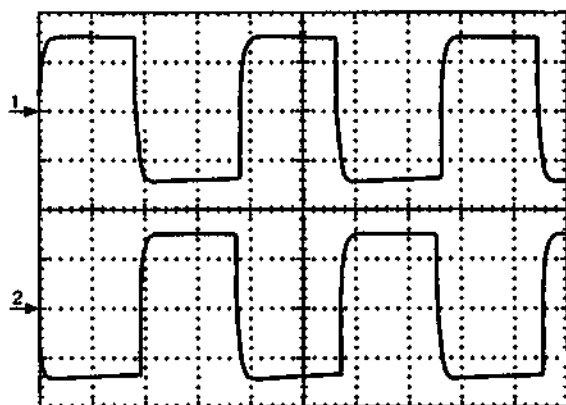


Рис. 6.14. Форма сигналов на затворе транзисторов VT13—VT16 (1-й канал) и затворе транзисторов VT9—VT12 (2-й канал)

ствовать переменное прямоугольное напряжение амплитудой 7,5 В и частотой 60 кГц (рис. 6.14).

На затворах транзисторов VT1—VT8 будут присутствовать короткие всплески управляющего напряжения.



Примечание.

Это характерно для режима холостого хода и является следствием работы узла блокировки холостого хода.

Чтобы отключить блокировку и увидеть непрерывный управляющий сигнал, подобный сигналу на транзисторах VT9—VT16, необходимо при помощи перемычки или пинцета закоротить выводы конденсатора C19 (рис. 6.13).

Если управляющие импульсы на затворах транзисторов преобразователя отсутствуют (на отдельных группах или сразу на всех), то необходимо локализовать неисправность и найти неисправный элемент. Для этого, первым делом, проверяем наличие импульсов на ножках 7 и 1 драйверных микросхем DA2, DA3. Если там присутствуют импульсы амплитудой 15 В (рис. 6.15), то это говорит, что неисправны:

- ♦ либо конденсаторы связи С14—С17 (если отсутствуют импульсы после конденсаторов);
- ♦ либо трансформаторы гальванической развязки (если отсутствуют импульсы после трансформаторов);
- ♦ либо закорочены или оборваны связи между вторичными обмотками трансформаторов и затворами транзисторов преобразователя.

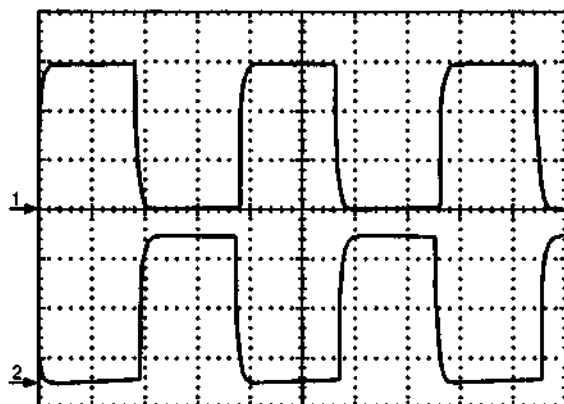


Рис. 6.15. Форма сигналов на ножке 7 (1-й канал) и ножке 1 (2-й канал) микросхемы DA2 (DA3). Режим измерения: коэффициенты каналов вертикального отклонения 5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

Если на выходах DA2, DA3 импульсы управления отсутствуют, то необходимо убедиться в том, что корпуса микросхем не разогреваются, а на ножках 10, 12 есть импульсы управления, поступающие с микросхемы DA1 (рис. 6.16). Кроме этого на ножках 3, 6, 7 этих микросхем должно присутствовать напряжение +15 В, а на ножке 11 — напряжение +5 В.



Примечание.

Если все эти условия соблюдены, то, скорее всего, причиной неисправности является одна или обе драйверные микросхемы.

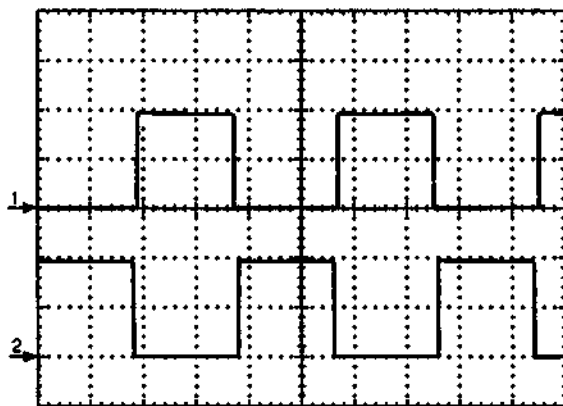


Рис. 6.16. Форма сигналов на ножке 10 (1-й канал) и ножке 12 (2-й канал) микросхемы DA2 (DA3). Режим измерения: коэффициенты каналов вертикального отклонения 5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

Если не поступают импульсы управления с микросхемы DA1, то необходимо убедиться, что на ножках 8, 11, 12 этой микросхемы присутствует напряжение питания +15 В. Кроме этого, на ножках 3 и 4 не должно быть напряжения (0 В).

Если эти условия соблюдены, то возможно причиной неисправности является микросхема DA1. В противном случае ищем причину нарушения нормального режима. Причиной высокого уровня на ножке 3 может быть закороченный датчик температуры RK1 или RK2. В этом случае происходит ложное срабатывание тепловой защиты, и работа DA1 блокируется. Причиной высокого напряжения на ножке 4 может быть неисправный переключатель S1 (рис. 6.12).

Добившись наличия управляющих сигналов на затворах транзисторов преобразователя, можно перейти к проверке регулятора и схемы блокировки холостого хода. Для этого, от постороннего регулируемого источника подадим постоянное напряжение 0—7 В на резистор R17.

При этом плюсовой вывод источника подключается к точке соединения резисторов R17, R22. После подключения источника

регулируем его выходное напряжение в указанном диапазоне и одновременно наблюдаем за длительностью импульсов на ножках 1, 7 микросхемы DA2.

При увеличении напряжения длительность импульсов уменьшается, а при уменьшении — наоборот, увеличивается.



Примечание.

Также аналогичный эффект должен получаться при помощи потенциометра установки сварочного тока RP1, расположенного на передней панели.

При увеличении тока длительность импульсов на ножках 1, 7 микросхемы DA2 увеличивается, а при уменьшении — также уменьшается. Такое поведение является признаком исправности канала стабилизации и установки сварочного тока.

Для проверки узла блокировки холостого хода устанавливаем нулевое напряжение на резисторе R17 (можно просто отключить внешний источник). При этом импульсы на ножках 1, 7 микросхемы DA3 пропадают, и остаются только кратковременные зондирующие вспышки. После подачи небольшого напряжения на R17 ($>0,1$ В) непрерывная последовательность импульсов на ножках 1, 7 микросхемы DA3 восстанавливается.



Внимание.

Из сварочных источников последних версий узел блокировки холостого хода исключен.

После того, как мы убедились в работоспособности платы управления, можно приступать к полной проверке сварочного источника.

Для этого восстановим штатное питание блока питания цепей управления. В разрыв любого провода выпрямительного моста включим лампочку мощностью 100—150 Вт.

**Примечание.**

Если после включения источника лампочка горит в полный накал, то что-то не в порядке.

Необходимо повторить цикл ремонтных мероприятий с самого начала, но с большим пристрастием. Если же после включения источника лампочка не горит, то это является хорошим знаком. После прохождения этого теста можно убрать лампочку и включить сварочный источник в сеть непосредственно.

6.7. Испытание сварочного источника ТОРУС на холостом ходу

**Внимание.**

Помните, что все цепи сварочного источника находятся под высоким постоянным напряжением. Поэтому, во избежание получения электрического удара, во время работы нужно проявлять предельную внимательность и осторожность.

Порядок подготовки к измерениям:

- ♦ установить мультиметр в режим измерения постоянного напряжения на пределе 200 В и подключить его щупы к выходам (+) и (–) источника;
- ♦ подключить сварочный источник к сети и включить его;
- ♦ убедиться в том, что на выходе сварочного источника присутствует напряжение холостого хода $50 \text{ В} \pm 10\%$.

6.8. Испытание сварочного источника ТОРУС при номинальной нагрузке

Подготовка к испытанию:

- ♦ подключить сварочный источник к балластному реостату, используя кабели, входящие в комплект изделия. Последовательно с реостатом включить амперметр;
- ♦ установить на осциллографе коэффициент канала вертикального отклонения 0,5 В/дел. Коэффициент развертки установить 5 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупе перевести в положение 1/1. Щуп подключить к катоду VD1, а заземляющий зажим к аноду VD2 (рис. 6.13);
- ♦ установить мультиметр в режим измерения постоянного напряжения на пределе 200 В и подключить его щупы к выходам (+) и (-) источника;
- ♦ подключить сварочного источник к сети 220 В и включить его;
- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить максимальный сварочный ток 200 А, вращая его по часовой стрелке до упора;



Рис. 6.17. Форма сигнала на резисторе R17 (рис. 6.9). Режим измерения: коэффициент канала 0,5 В/дел. и коэффициент развертки 5 мкс/дел.

- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 200 А;
- ♦ убедитесь в том, что форма сигнала на экране осциллографа имеет форму, изображенную на рис. 6.17;
- ♦ убедитесь в том, что выходной ток равен $200 \text{ А} \pm 10 \%$. При этом выходное напряжение равно $28 \text{ В} \pm 10\%$.
- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сварочный источник.

6.9. Проверка тепловой защиты

С параметрами настройки и нагрузки, используемыми в предыдущем пункте, включаем сварочный источник и оставляем его работать до момента срабатывания защита от перегрева ключевых транзисторов инвертора (загорится светодиод HL2 «Перегрев»). После охлаждения и автоматического сброса тепловой защиты, отключаем сварочный источник и проводим тщательный осмотр внутренних силовых цепей на отсутствие дефектов и подгорания. Если всё нормально, то собираем сварочный источник.

6.10. Рабочее испытание сварочного источника ТОРУС

Проверенным и настроенным сварочным источником при токе 160 А выполнить пробный сварочный шов.

СВАРОЧНЫЙ ИСТОЧНИК RYTMARC

Сварочный источник RytmArc является ярким представителем профессиональных инверторных сварочных источников периода 80х-90х годов. Тогда инверторные источники стоили дорого, и это благотворно отражалось на их характеристиках.

7.1. Особенности ремонта источников, выпуск которых прекращен

Время от времени в ремонт попадают сварочные источники, выпущенные несколько десятков лет назад. Обычно в подобных источниках используется устаревшая элементная база, выпуск которой на данный момент прекращен. В этом случае ремонтник сталкивается с проблемой замены устаревших компонентов современными. При этом порой даже приходится частично изменять схемные решения сварочного источника.

Рассмотрим пример сложного ремонта сварочного источника RytmArc. Этот сварочный источник был разработан в 80-е годы прошлого столетия и выпускался до середины 90-х. Источник является типичным представителем семейства однофазных сварочных источников малой мощности, ориентированных на бытовое применение и предназначен для ручной сварки постоянным током величиной 5—140 А.

В оригинальном преобразователе сварочного источника RytmArc использованы мощные биполярные транзисторные модули типа ESM2953. В конкретном аварийном случае эти модули сгорели. Кроме этого, буквально выгорели некоторые транзисторы на плате драйвера, и кое-чего не хватало после неудачных предыдущих ремонтов.

В данной ситуации наиболее оправданным было бы решение купить новые модули и заменить ими сгоревшие, но в фирме, где эти модули были в наличии, их предложили по цене 65\$ за штуку, при условии, что купить надо не менее 50 шт. (кратно упаковке). Так как мелкосерийное производство RytmArc не планировалось, то этот вариант был отклонен и был начат поиск альтернативной замены.

При этом выбор пал на IGBT транзисторы IRG4PC50U фирмы International Rectifier [<http://www.irf.com>], которые были вполне доступны и свободно продавались в розницу по цене 14 у.е. за штуку (на момент ремонта).



Примечание.

Недостатком IRG4PC50U, по сравнению с ESM2953, является то, что его сток имеет гальваническую связь с теплоотводящим основанием.

Для устранения этого недостатка транзисторы были установлены на алюминиевые пластины толщиной 4 мм и размером 25×30 мм, которые прижимались к основному радиатору через слюдяную прокладку толщиной 0,05 мм. При этом пришлось изготовить новую плату преобразователя, а также драйвер, рассчитанный для управления IGBT транзисторами. После переделки сварочный источник безотказно функционирует.

7.2. Общее описание источника RytmArc

На рис. 7.1 изображена принципиально-блочная схема источника после переделки. К сожалению, автор не имел в своем распоряжении фирменной документации и поэтому терминология и позиционные обозначения на схемах могут отличаться от значений, установленных производителем.

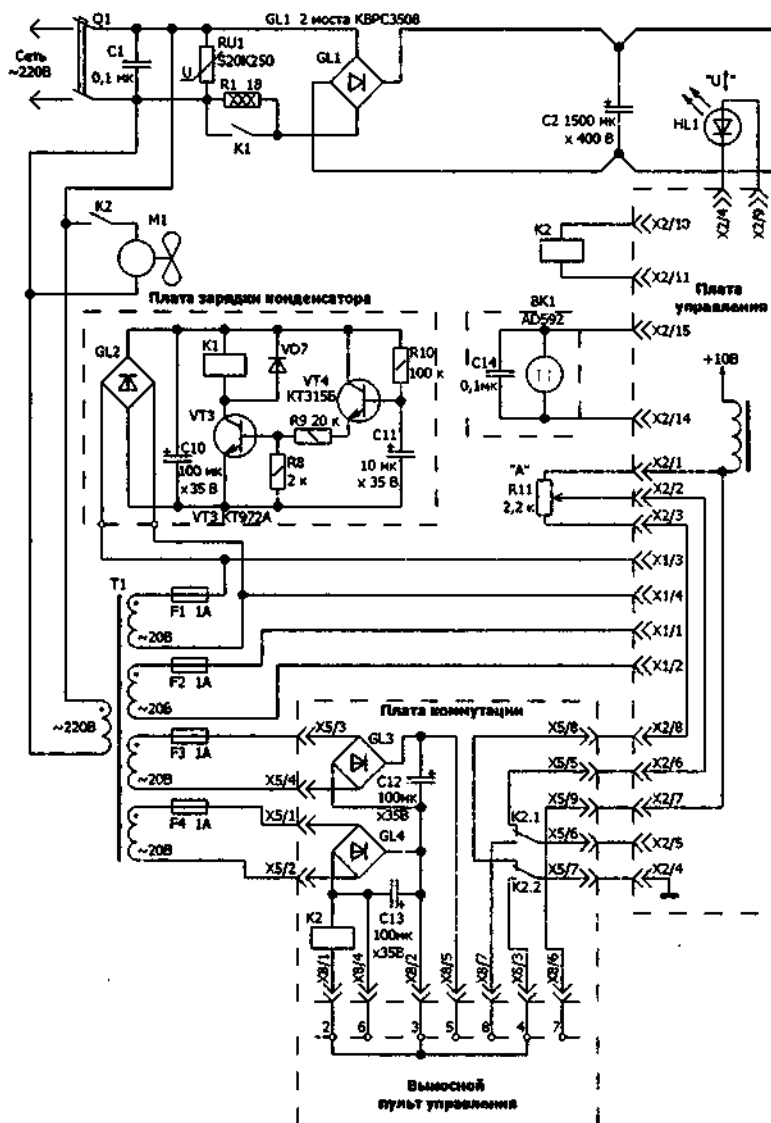
Как уже говорилось выше, схемные решения источника являются типичными для источников этого класса и поныне. Поэтому тем, кто хочет отремонтировать или даже изготавливать подобные сварочные источники, будет полезно с ними познакомиться.

Источник питается от переменного напряжения 220 В 50 Гц, которое через выключатель Q1 и контакты реле K1 поступает на выпрямитель GL1, который состоит из двух выпрямительных мостов KBPC3508, включенных параллельно.

Пульсирующее напряжение с выхода выпрямителя сглаживается на конденсаторе большой емкости C1. После включения в сеть конденсатор C1 заряжается через резистор R1, который с задержкой времени примерно в 1 секунду шунтируется контактом реле K1. Задержка времени формируется электронным реле времени, собранном на плате зарядки конденсатора. Электронное реле собрано по классической схеме и особых пояснений не требует.

Электронные узлы схемы управления источника питаются от трансформатора T1, который формирует все необходимые напряжения и обеспечивает гальваническую развязку.

Выпрямленное напряжение с конденсатора C1 поступает на плату преобразователя, где преобразуется в напряжение высокой частоты (примерно 30 кГц). С выхода преобразователя через трансформатор тока T3, высокочастотное напряжение поступает на первичную обмотку трансформатора T2. Трансформатор T2 уменьшает амплитуду высокочастотного напряжения до необходимой величины и осуществляет гальваническую развязку



сварочной цепи от сети. Переменное напряжение с выхода трансформатора выпрямляется однополупериодным выпрямителем на диодах VD5 и VD6.

Каждый из них состоит из двух корпусов BYV54V200, в свою очередь, содержащих по два высокочастотных диода. Пульсация выпрямленного тока устраняется с помощью дросселя L1, после которого постоянный ток поступает в сварочную цепь.

Внешняя нагрузочная характеристика сварочного источника формируется блоком управления. Этот блок собран на плате управления, который, контролируя выходное напряжение и ток источника, формирует управляющий ШИМ сигнал для преобразователя.

Величину сварочного тока задают с помощью переменного резистора R11 «А», установленного на передней панели сварочного источника. При необходимости, в качестве задатчика сварочного тока можно использовать выносной пульт управления (ВПУ), который подключается к разъему X8 платы коммутации.

С помощью ВПУ можно осуществлять более сложный алгоритм управления сварочным током, при котором сварочный ток меняется от минимального заданного значения до максимального, с заданной частотой и скважностью.

При подключении ВПУ (на рис. 7.1 пульт подключен) внутренний задатчик R11 автоматически отключается контактами реле K2, на обмотку у которого через переключку установленную в разъемном соединении пульта, подается напряжение с выхода выпрямителя GL4. Кроме этого, с выхода выпрямителей GL3 и GL4, снимается двухполярное напряжение, необходимое для питания элементов схемы ВПУ.

В цикле прямого хода одноконтурного преобразователя, когда транзисторы VT1 и VT2 открыты, энергия накапливается в индуктивности намагничивания и индуктивности рассеяния первичной обмотки трансформатора T2.

В цикле обратного хода, когда транзисторы VT1 и VT2 закрыты, эта энергия возвращается в источник питания через ди-

оды VD1 и VD2. Более подробно работа этого преобразователя будет рассмотрена позже.

RCD-цепочки R4C4VD3 и R5C5VD4, включенные параллельно транзисторам VT1 и VT2, уменьшают мощность, рассеиваемую на этих транзисторах в момент их запираания.

На рис. 7.2 изображена принципиальная электрическая схема одного канала драйвера, предназначенного для управления мощным биполярным транзистором типа ESM2953.

Оригинальный драйвер «заточен» для управления биполярным транзистором и использует особенности внутренней структуры транзистора ESM2953.

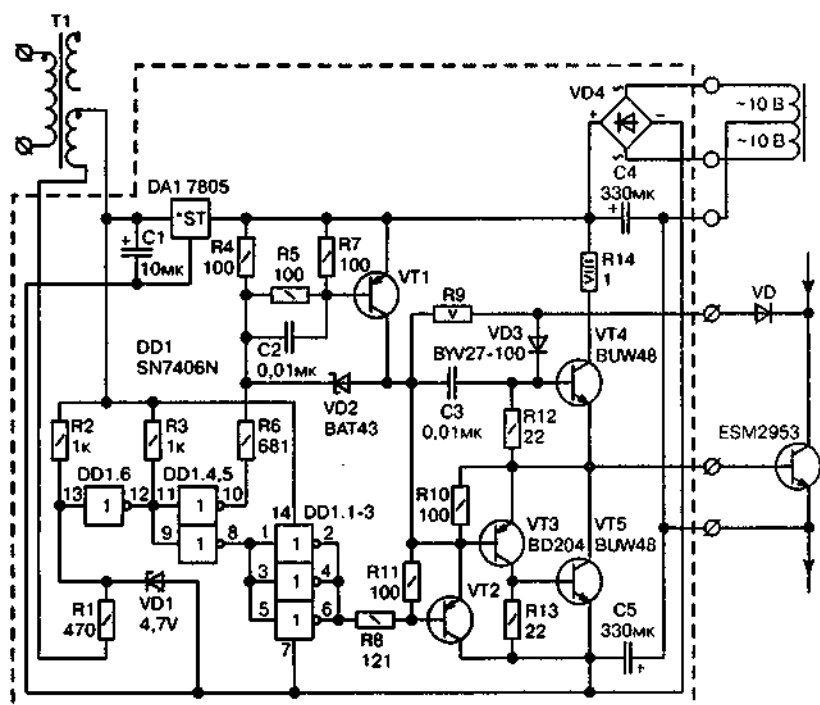


Рис. 7.2. Принципиальная электрическая схема драйвера транзистора ESM2953

**Примечание.**

По этой причине данный драйвер не годится для управления IGBT транзистором.

На рис. 7.3 изображена принципиальная схема модифицированного драйвера источника «RytmArc», адаптированного для управления IGBT транзисторами преобразователя. Трансформатор Т1 осуществляет гальваническую развязку между блоком управления и каналами драйвера. В данном случае трансформаторная развязка имеет неоспоримые преимущества перед оптронной, т. к. автоматически ограничивает длительность отпирающих импульсов на уровне, не допускающем насыщения трансформатора Т2 конвертора.

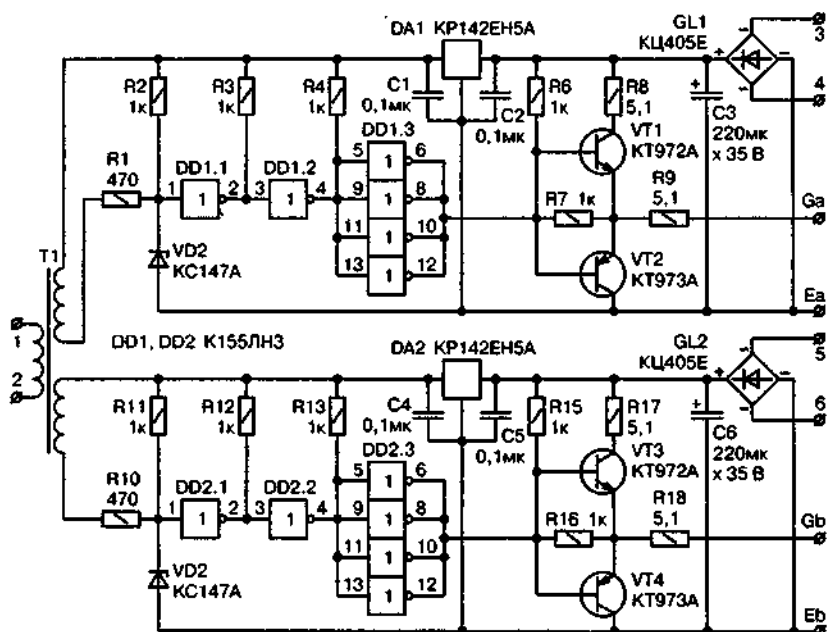


Рис. 7.3. Принципиальная электрическая схема драйвера IGBT

**Примечание.**

Оба канала драйвера выполнены по аналогичной схеме и поэтому рассмотрим работу верхнего канала А.

Импульсы с вторичной обмотки трансформатора через резистор R1 поступают на вход формирователя, собранного на инверторах DD1. IGBT транзистор имеет довольно значительную входную емкость C_{ies} (между затвором и эмиттером) и поэтому, перед тем как поступить на его вход, импульсы с выхода формирователя поступают на вход усилителя мощности, собранного на транзисторах VT1, VT2 и резисторах R6—R8.

С выхода усилителя мощности через резистор R9 импульсы поступают на затвор IGBT транзистора. Резистор R9 предотвращает колебательный процесс в контуре, образованном индуктивностью присоединительного проводника и входной емкостью транзистора.

Переменное напряжение с отдельной обмотки трансформатора T1 (рис. 7.1) выпрямляется мостовым выпрямителем GL1 и сглаживается на конденсаторе C3. Питание формирователя осуществляется стабилизированным напряжением +5 В с выхода стабилизатора DA1. Описанная схема не требует настройки и работоспособна сразу после правильной сборки и монтажа.

7.3. Блок управления сварочного источника RytmArc

Принципиальная электрическая схема БУ сварочного источника RytmArc изображена на рис. 7.4.

Для питания БУ задействованы две обмотки трансформатора T1 (рис. 7.1) на напряжение примерно 20 В. Эти обмотки подключены, соответственно, к контактам X1/1, X1/2 и X1/2, X1/4.

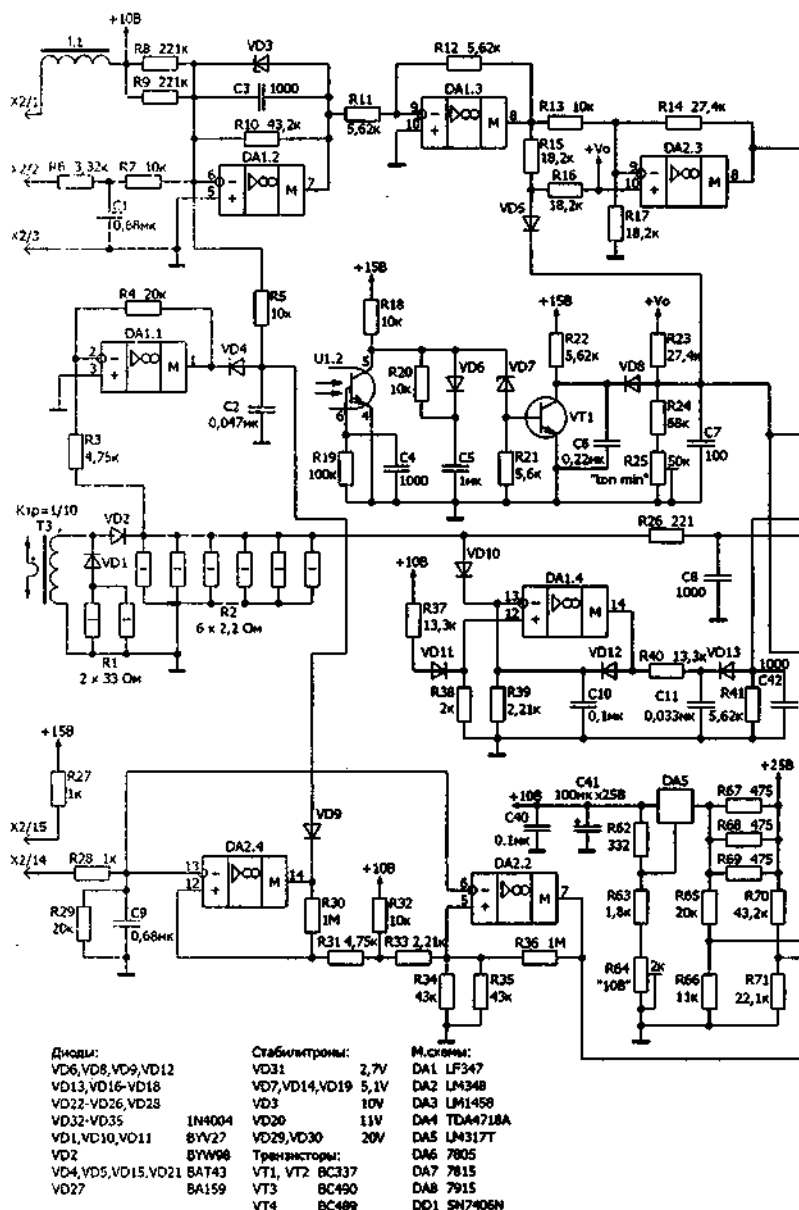
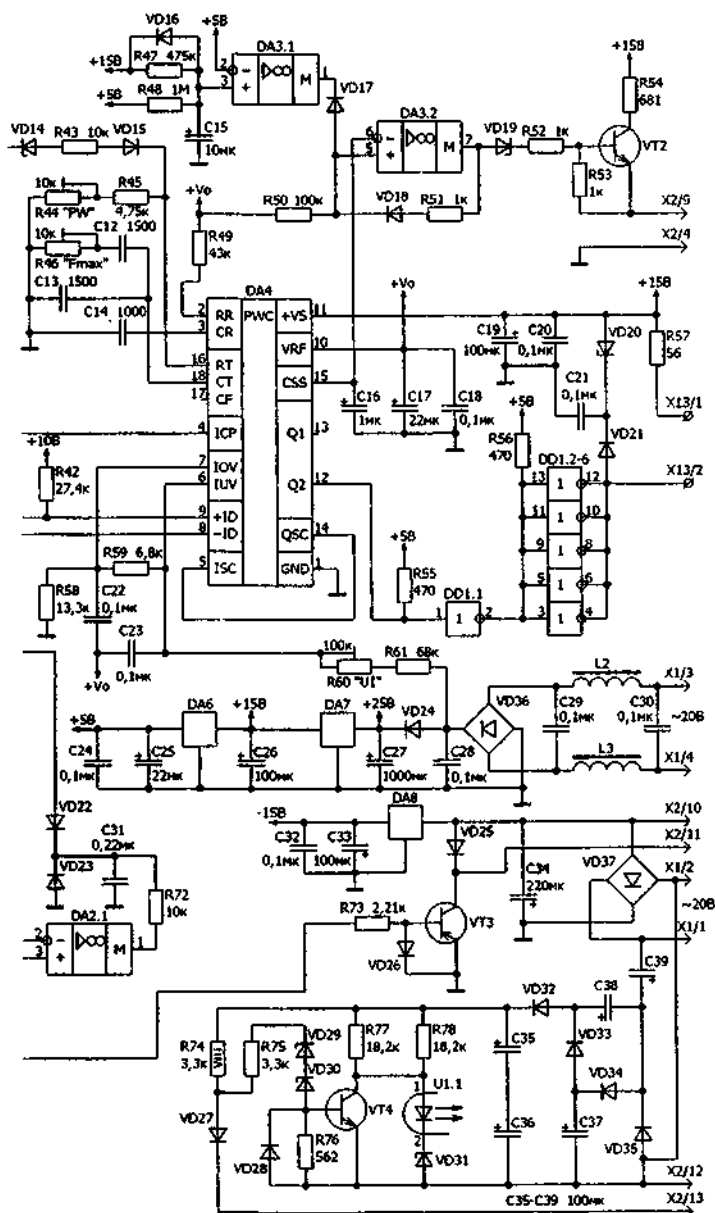


Рис. 7.4. Принципиальная электрическая схема БУ



сварочного источника RytmArc

С контактов X1/1 и X1/2 переменное напряжение поступает на диодный мостик VD37. Выпрямленное отрицательное напряжение сглаживается на конденсаторе C34 и поступает на вход стабилизатора DA8. С выхода стабилизатора DA8 снимается стабилизированное напряжение -15 В , необходимое для питания операционных усилителей БУ.

Также к контактам X1/1 и X/2 подключен умножитель напряжения на элементах C35—C39 и VD32—VD35, формирующий нестабилизированное напряжения $+100\text{ В}$, питающее узел ограничения напряжения холостого хода источника.

С контактов X1/3 и X1/4 переменное напряжение через LC-фильтр L2, L3, C29, C30, который защищает схему контроля сетевого напряжения от импульсных помех, поступает на диодный мостик VD36.

Дроссели L2 и L3 (а также L1) намотаны на кольцах диаметром примерно 10 мм из феррита с проницаемостью $1000\text{—}2000$. Обмотка выполнена в один слой, виток к витку, обычным одножильным монтажным проводом (можно извлечь из сетевого кабеля UTP) сечением примерно $0,1\text{ мм}^2$.

С выхода мостика положительное пульсирующее напряжение через резисторы R58—R61 поступает на входы контроля напряжения питания MC DA4. Конденсаторы C23, C24 и C28 служат для дополнительной фильтрации импульсных помех, проникающих в схему контроля сетевого напряжения по цепям питания.

Компаратор, собранный на операционном усилителе DA3.2, диоде VD18 и резисторах R50, R51, сравнивает напряжение на конденсаторе «мягкого старта» C16 с опорным напряжением V_0 . Если напряжение сети в норме, то на конденсаторе C16 и выводе CSS (ножка 15) DA4 присутствует напряжение $+5\text{ В}$, которое больше $V_0=+2,5\text{ В}$.

В этом случае отрицательное напряжение на выходе DA3.2 через стабилитрон VD19 и резистор R52 запирает транзистор VT2, и индикатор отклонения напряжения сети HL1 (рис. 7.1) не горит.

В противном случае компаратор DA3.2 через резистор R51 и диод VD18 защелкивается положительным напряжением со своего выхода. Положительное напряжение, с выхода DA3.2, поступает на базу VT2, который открывается. По цепи:

+15 В → резистор R54 → открытый транзистор VT2 → X2/9 загорается индикатор HL1 (рис. 7.1). В момент включения источника узел, собранный на элементах DA3.1, VD16, VD17, C15, R47, R48, формирует отрицательный импульс на положительном входе DA3.2, предотвращая его защелкивание. С помощью подстроечного резистора R60 добиваются срабатывания схемы контроля сетевого напряжения и зажигания индикатора HL1 (рис. 7.1), если напряжение сети выходит за рамки диапазона 205—242 В.

С выхода мостика VD36 положительное пульсирующее напряжение через диод VD24, поступает на вход стабилизаторов DA5 и DA7, предварительно сглаживаясь на конденсаторе фильтра C27.

Питание на вход стабилизатора DA5, формирующего напряжение +10 В, поступает через шунт, состоящий из трех резисторов R67—R69, включенных параллельно. Шунт является элементом резистивного моста R66—R71 схемы контроля подключения датчика тока (переменный резистор R11 или выносной пульт управления, изображенные на рис. 7.1). Напряжение в диагонали моста контролируется компаратором на операционном усилителе DA2.1. Если датчик не подключен, то ток потребления стабилизатора становится ниже некоторой величины (около 7 мА).

При этом на выходе DA2.1 появляется отрицательное напряжение, которое с помощью цепочки R72, C31, VD22 и VD23 фиксирует на входе ICP (ножка 4) МС ШИМ-контроллера DA4 нулевое напряжение, блокирующее его работу. Точное значение +10 В на выходе стабилизатора DA5 можно выставить при помощи подстроечного резистора R64, который является элементом делителя напряжения R62—R64, включенного на выходе этого стабилизатора.

С выхода стабилизатора DA7 снимается напряжение +15 В, которое необходимо для питания операционных усилителей БУ, а также является входным для стабилизатора DA6, с выхода которого снимается напряжение +5 В, необходимое для питания ТТЛ-микросхемы DD1 формирователя выходных импульсов.

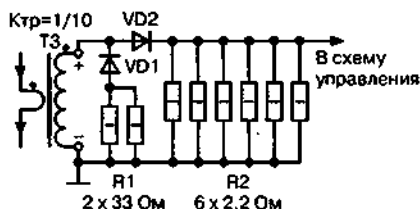


Рис. 7.5. Схема формирования сигнала обратной связи по току

Для получения сигнала обратной связи по току используется узел формирования напряжения, пропорционального току (ФНПТ) нагрузки (рис. 7.5). Этот узел использует трансформатор тока (ТТ) Т3, имеющего коэффициент трансформации $K_{тр.тт}=1/10$.

В цикле прямого хода преобразователя ток во вторичной обмотке ТТ протекает через диод VD2 и шунт R2, состоящий из шести резисторов по 2,2 Ом, включенных параллельно.

Сигнал с шунта поступает в схему управления, где используется для формирования крутопадающей нагрузочной характеристики сварочного источника, а также для защиты преобразователя от токовых перегрузок.

В цикле обратного хода преобразователя на вторичной обмотке ТТ формируется напряжение запирающей для VD2 и отпирающей для VD1 полярности. Диод VD1 отпирается и ток размагничивания сердечника ТТ протекает через резистор R2. Так как резистор R1 имеет сопротивление выше, чем у R2, то сердечник ТТ гарантированно размагничивается за время обратного хода конвертора.

Напряжение с выхода ФНПТ поступает в узел накопителя токовой защиты и через RC-фильтр R26C8, на отрицательный вход -ID компаратора быстродействующей токовой защиты MC DA4. На вход +ID поступает напряжение примерно +1,7 В с делителя напряжения R41, R42. Токовая защита сработает, как

только амплитудное значение тока транзисторов преобразователя превысит примерно 45 А.

Узел накопителя токовой защиты собран на элементах DA1.4, VD10—VD13, C10, C11 и R37—R40. Рассмотрим его работу. Делитель напряжения, собранный на элементах VD11 и R37, R38, задает порог срабатывания накопителя. Пока ток транзисторов преобразователя не превышает порога срабатывания, VD12 открыт и ОУ DA1.4 работает в режиме повторителя.

В этом случае на выходе DA1.4 и конденсаторе C11 поддерживается напряжение, равное напряжению делителя R41, R42. При этом диод VD13 заперт, поэтому накопитель не оказывает ни какого влияния на порог срабатывания токовой защиты. В момент токовой перегрузки на выходе DA1.4 формируется отрицательный импульс, который через резистор R40, разряжает конденсатор C11.

Длительность отрицательного импульса определяется RC-цепочкой R39, C10. Если токовые перегрузки следуют слишком часто и их амплитуда превышает 50 А, то конденсатор C11 разряжается настолько, что через диод VD13 начинает шунтировать резистор R41 делителя напряжения R41R42, задающего порог срабатывания токовой защиты. В результате этого порог срабатывания токовой защиты снижается.

Для контроля температурного режима транзисторов преобразователя служит термопреобразователь BK1 (рис. 7.1), который имеет тепловой контакт с радиатором, на котором установлены транзисторы преобразователя. Термопреобразователь, формирующий выходной ток пропорциональный температуре, включен в измерительную схему через клеммы X2/14 и X2/15.

С резистора R29 снимается напряжение, пропорциональное выходному току термопреобразователя, которое подается на компараторы DA2.4 и DA2.2. Конденсатор C9 служит для фильтрации импульсных помех.

Схема контроля температуры имеет два порога срабатывания. Оба порога срабатывания определяются делителем на-

пряжения R32—R35. При достижении температурой первого порога в $+50^{\circ}\text{C}$ на выходе компаратора DA2.2 появляется отрицательное напряжение, которое через резистор R73 отпирает транзистор VT3.

Отпираясь, транзистор VT3 создает цепь протекания тока в цепи обмотки реле K2 (рис. 7.1). Реле K2 срабатывает и своими контактами включает вентилятор M1 (рис. 7.1) принудительного воздушного охлаждения.

Если температура продолжает расти и достигает второго порога в $+85^{\circ}\text{C}$, то уже на выходе компаратора DA2.4 появляется отрицательное напряжение, которое через диод VD9 попадает в цепи управления и снижает сварочный ток до 5 А. После охлаждения транзисторов работа источника возобновляется.

7.4. Формирование нагрузочной характеристики сварочного источника RytmArc

Несомненно, что качество сварки напрямую зависит от вида нагрузочной вольтамперной характеристики (ВАХ) сварочного

источника. На рис. 7.6 изображена классическая ВАХ сварочного источника, предназначенного для ручной сварки. Можно выделить четыре различных участка ВАХ — А, В, С и D.

Участок А. Характеризует выходное напряжение источника на холостом ходу, а также реакцию источника на ток нагрузки, меньший чем $I_{\text{св. мин}} = 5 \text{ А}$. Так как ВАХ электрической дуги в области малых токов загибается вверх, то

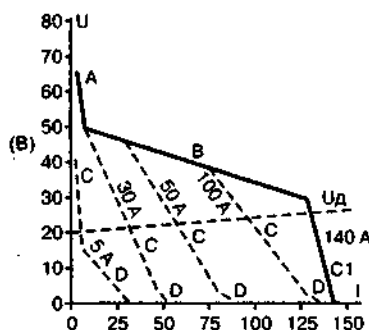


Рис. 7.6. Нагрузочная характеристика сварочного источника

высокое напряжение холостого хода сварочного источника облегчает начальное зажигание дуги и повышает ее устойчивость.

По требованиям электробезопасности, напряжение холостого хода источников питания не должно превышать 100 В (среднее значение для источников постоянного тока), согласно ГОСТ 12.2.007.8-75 п.2.2 и ДСТУ 2456-94 п. 7.12. Обычно, удовлетворительные результаты достигаются при напряжении холостого хода $U_{xx}=60\text{—}70$ В.

Участок В. Это пологий участок ВАХ, ограничивающий максимальное напряжение дуги, что облегчает ее разрыв в момент окончания сварки. Кроме этого, благодаря этому участку, сварочный источник не подвергается бесполезной перегрузке, при работе на длинную дугу, что увеличивает надежность его работы.

Участок С. Это рабочий участок характеристики, где ВАХ имеет падающий характер. На данном участке ВАХ выходной ток источника мало зависит от напряжения (длины) дуги, что актуально для ручной сварки.

Участок D. Это более пологий участок ВАХ при выходном напряжении меньше 18 В. Благодаря данному участку выходной ток источника форсируется в момент первичного касания электрода детали, что улучшает начальное зажигание дуги, а также уменьшает вероятность залипания электрода.

Участок C1. Данный участок характерен для источника RytmArc и является следствием работы максимальной токовой защиты.

Теперь рассмотрим, какими средствами формируется ВАХ сварочного источника RytmArc.

Для формирования участка А служит узел умножителя напряжения, собранный на элементах VD32—VD35 и C35—C38, позволяющий получить напряжение +95 В из переменного напряжения примерно 20 В, поступающего на плату БУ с трансформатора Т1.

С выхода умножителя напряжение поступает на делитель R74, R75, VD29, VD30, где понижается до +65 В и через диод VD27 и дроссель L1 поступает в сварочную цепь.

**Примечание.**

Данный узел в настройке не нуждается и после правильной сборки готов к работе.

Для формирования участка В служит узел, собранный на элементах R18—R22, R74—R78, C4—C6, VD27, VD7—VD31, VD6—VD8, U1, VT1, VT4. Узел реагирует на заполнение и амплитуду импульсов напряжения перед дросселем L1.

Когда импульс присутствует и его напряжение превышает напряжение стабилизации стабилитронов VD29, VD30 (около 45 В), транзистор VT4 открывается и шунтирует светодиод оптрона U1. Транзистор оптрона U1 закрывается и конденсатор C5 заряжается через резистор R18 и диод VD6.

В паузе между импульсами транзистор VT1 закрывается, транзистор оптрона U1 открывается и конденсатор C10 разряжается через резистор R20.

**Примечание.**

Соотношение сопротивлений резисторов R18, R20 выбрано таким, что пока заполнение импульсов менее 0,35 (выходное напряжение источника меньше 35 В, при амплитуде импульса 100 В), напряжение на C5 не поднимется выше 5,1 В, стабилитрон VD7 и транзистор VT1 заперты.

При увеличении заполнения транзистор VT1 открывается и через диод VD8, блокирует работу ШИМ-контроллера. Благодаря этому данный узел, как и предыдущий, в настройке не нуждается и после правильной сборки готов к работе.

На формирование участка С задействованы максимальные ресурсы БУ источника.

Для преобразования импульсного сигнала, поступающего с узла формирования обратной связи по току (рис. 7.5), в непрерывный служит узел фиксации (пиковый детектор), собранный на элементах R3, R4, C2, VD4, DA1.1.

При изменении выходного тока источника в диапазоне от 5 до 140 А, напряжение на выходе данного узла будет меняться в диапазоне от 0,25 до 7,2 В. Непрерывный сигнал с выхода узла фиксации поступает на вход ОУ DA1.2. Там он вычитается из сигнала задания тока, снимаемого с движка переменного резистора R11»А» (рис. 7.1). Далее усиленный сигнал рассогласования с выхода ОУ DA1.2 через инвертирующий повторитель на ОУ DA1.3, делитель напряжения R15, R16 и диод VD5 прикладывается к выводу 4 ШИМ-контроллера DA4 — входу его компаратора A1.

Для формирования участка D используется регулируемый делитель напряжения R35—R37. С помощью потенциометра R37 «ton.min» можно установить минимальную длительность импульсов ШИМ-контроллера, а, следовательно, и минимальное напряжение на выходе источника. С помощью этой настройки можно сформировать жесткую ступеньку на нагрузочной характеристике, при напряжении меньшем, чем напряжение дуги (<15 В).

Так как ШИМ-контроллер не может формировать импульсы короче «ton.min», то для ограничения тока при КЗ используется специальный узел, собранный на элементах R13, R14, R17, R43, VD14, VD15, DA2.3. Этот узел снижает частоту ШИМ, если выходной ток начинает превышать заданное значение (меняется полярность сигнала рассогласования), таким образом, уменьшая заполнение выходного ШИМ сигнала.

7.5. Настройка блока управления сварочного источника RytmArc

После ремонта или сборки БУ его необходимо предварительно проверить и настроить без подключения силовой части.

Для этого можно рекомендовать следующую методику:

1. Проверяем наличие стабильных напряжений +5 В, +15 В и -15 В на выходе стабилизаторов DA6, DA7 и DA8.
2. Проверяем наличие опорного напряжения +2,5 В на выводе 10 DA4.
3. С помощью потенциометра R64 устанавливаем напряжение +10 В на выходе стабилизатора DA5. Все токовые и температурные пороги срабатывания защит привязаны к напряжению +10 В и автоматически выставляются после установки этого напряжения.
4. Потенциометр R44 «PW» выставляем в максимальное сопротивление, а с помощью R46 «Fmax» устанавливаем частоту ШИМ-сигнала (или частоту следования импульсов на выводе 14 DA4) равной 30 кГц (или около этого).
5. Устанавливаем потенциометр регулятора тока R1 «А» (рис. 7.1) в минимум и имитируем нарастание тока транзисторов инвертора от 0 до 1,5 А (от 0 до -0,23 В на C2). На выходе DA1.3 напряжение меняется от 3,9 до 2,93 В, а на выходе DA2.3 достигает значения 5,1 В. Но стабилитрон VD14 еще не проводит (все время на выводе 12 DA4 присутствует ШИМ сигнал максимальной частоты 30 кГц). При дальнейшем увеличении тока напряжение на выходе DA2.3 поднимается выше 5,1 В и частота ШИМ начинает уменьшаться (степень уменьшения регулируется с помощью R44).
6. Выставляем регулятор тока в максимум и имитируем нарастание тока транзисторов инвертора от 40 до 50 А (от -6.17 до -7.72 В на C2). На выходе DA1.3 напряжение меняется от 10 до 2,93 В, а на выходе DA2.3 достигает значения 5,1 В. Но стабилитрон VD14 еще не проводит, т. к. все время на выводе 12 DA4 присутствует ШИМ сигнал максимальной частоты 30 кГц. При дальнейшем увеличении тока напряжение на выходе DA2.3 поднимается выше 5,1 В, и частота ШИМ начинает уменьшаться.

Одновременно отслеживаем, как ШИМ контроллер реагирует на нарастание тока (при увеличении тока должно уменьшаться заполнение импульсов).

7. Резистором R25 добиваемся, чтобы длительность импульсов не становилась менее 15% периода (для $F = 30$ кГц — 5 мкс).

Далее можно продолжить настройку совместно с инвертором. С помощью R44 нужно установить максимальный ток 140 А, при КЗ в сварочной цепи. Затем, с помощью потенциометра R46, устанавливаем частоту ШИМ-сигнала равной 30 кГц. На этом настройку можно считать законченной.

7.6. Использование альтернативного ШИМ-контроллера

Зачастую во время ремонта возникает проблема отсутствия замены для поврежденного ШИМ-контроллера. Например, нужной микросхемы нет в магазинах радиотоваров или она уже давно не выпускается, что актуально для устаревшего, хотя и весьма не плохого, ШИМ-контроллера TDA4718A.

Наиболее простым способом решения может быть замена этого контроллера его ближайшими аналогами — TDA4714C и TDA4716C. В отличие от TDA4718A, TDA4714C и TDA4716C не могут синхронизироваться от внешнего генератора (что, в общем-то, и не требуется) и не имеют компаратора контроля понижения напряжения (а вот это уже не хорошо).

Последний недостаток можно исправить, навесив на вход Overvoltage два внешних компаратора. Или, в крайнем случае, махнуть на него рукой, уповая на стабильность питающей сети и эффективность токовой защиты (но лучше так не делать). Кроме этого у TDA4716 нужно соединить ножки 10 и 11.

В табл. 7.1 приводится соответствие ножек TDA4714 и TDA4716 ножкам TDA4718.

Соответствия между ножками контроллеров

Таблица 7.1

TDA4718	TDA4714	TDA4716
1	14	16
2	8	8
3	9	9
4	10	12
5	-	-
6	-	-
7	11	13
8	12	14
9	13	15
10	1	1
11	2	2
12	4	4
13	3	3
14	-	-
15	5	5
16	6	6
17	-	-
18	7	7

Если описанный вариант не возможен, то можно попытаться заменить TDA4718A неким альтернативным контроллером. Желательно, чтобы этот контроллер имел тот же набор функциональных блоков, что и TDA4718A.

Возможно, основной проблемой, которую надо решить при замене контроллера является то, что в БУ Rytmarc используется способность контроллера TDA4718A снижать частоту ШИМ сигнала, без изменения длительности импульса, при подаче положительного смещения на частотоподающий резистор Rt (R44R45).

В ШИМ-контроллерах SG1524, TL494, UC3825 и их аналогов, которые обычно пытаются использовать в качестве альтернативы, в этом случае частота также уменьшается. Но при этом остается неизменным заполнение импульсов ШИМ-сигналом. Это делает невозможным непосредственное использование этих контроллеров. Кроме того обязательным условием является на

личие узла «мягкого» старта или другого подобного узла, который обеспечит задержку повторного включения контроллера, после срабатывания защиты по контролю напряжения или тока, на время $>1,8$ с.

Наиболее близкий к TDA4718A набор функциональных блоков содержит ШИМ-контроллер UC3825, блок-схема которого изображена на рис. 7.7. В табл. 7.2 расписаны выводы микросхемы UC3825.

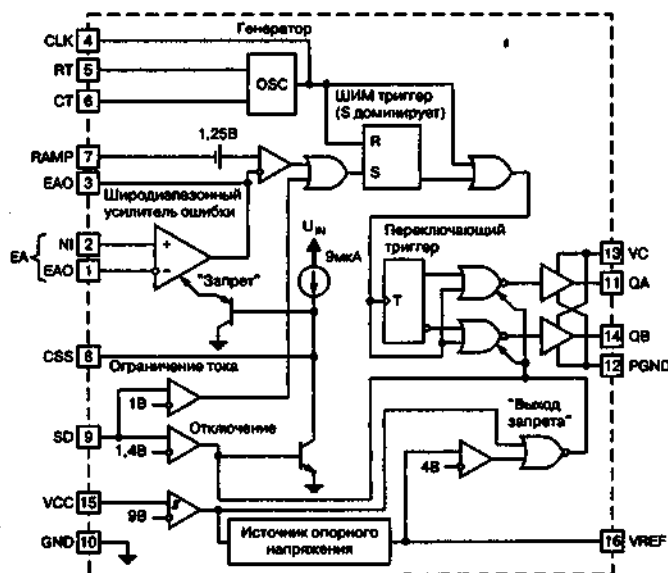


Рис. 7.7. Блок-схема ШИМ-контроллера UC3825

Вывода микросхемы UC3825 и их функции

Таблица 7.2

Ножка	Обозначение	Функция
1	INV	Инвертирующий и не инвертирующий входы усилителя ошибки
2	NI	
3	EAO	Выход усилителя ошибки
4	CLK	Выход синхроимпульсов
5	Rt	Входы подключения резистора и конденсатора, задающих тактовую частоту ШИМ сигнала
6	Сt	

Таблица 7.2 (продолжение)

Ножка	Обозначение	Функция
7	RAMP	Вход пилообразного сигнала
8	CSS	Вход мягкого старта
9	SD	Вход ограничения тока и отключения
10	GND	Аналоговая «земля»
11	QA	Выход А
12	PGND	Драйверная «земля»
13	VC	Драйверное напряжение питания
14	QB	Выход В
15	VCC	Аналоговое напряжение питания
16	VREF	Выход опорного напряжения

Особенности ШИМ-контроллера UC1825:

- ♦ совместимость с топологиями, осуществляющими стабилизацию напряжения или тока;
- ♦ рабочая частота до 1 МГц;
- ♦ задержка прохождения сигнала 50 нс;
- ♦ мощные комплиментарные выходы на ток до 1,5 А;
- ♦ широкополосный усилитель ошибки;
- ♦ наличие логики эффективно подавляющей сдвоенные импульсы;
- ♦ поцикловое ограничение тока;
- ♦ мягкий старт с ограничением максимального заполнения импульсов;
- ♦ защита от пониженного напряжения питания с гистерезисом;
- ♦ низкий пусковой ток (1,1 мА);
- ♦ точный источник опорного напряжения (5,1 В±1%).



Примечание.

ШИМ-контроллер UC1825 оптимизирован для применения в высокочастотных импульсных источниках питания.

При разработке контроллера много внимание было уделено минимизации задержек распространения сигнала через компа

раторы и логические схемы. Этот контроллер, при соответствующей организации обратной связи, может использоваться для стабилизации тока или напряжения, с возможностью компенсации возмущений входного напряжения.

Схема защиты включает:

- ♦ компаратор ограничения тока с порогом срабатывания 1 В;
- ♦ порт отключения, совместимый с уровнями ТТЛ (1,4 В);
- ♦ схему мягкого старта, ограничивающую максимальное заполнение выходных импульсов.

Логическая схема контроллера включает в себя ШИМ триггер, который предотвращает дрожание импульсов, а также появление сдвоенных импульсов.

Узел контроля питания, блокирующий работу схемы при недопустимо низком входном напряжении, имеет гистерезис 800 мВ, что обеспечивает низкий пусковой ток. Если напряжение питания контроллера опускается ниже 9 В, то его выходы переключаются в высокоимпедансное состояние.

Комплиментарные выходные драйверы контроллера рассчитаны на значительные броски выходного втекающего или вытекающего тока при работе на емкостную нагрузку, которой являются входные цепи MOSFET и IGBT. Включенному состоянию выходов соответствует высокий уровень.

На рис. 7.8 изображен вариант использования UC3825, в котором решены все вышеуказанные проблемы совместимости с контроллером TDA4718A. Проблема снижения частоты решена при помощи узла R49, R82, C14, C44, VD40, VT5.

Конденсатор C14 заряжается через резистор R49. В момент появления фронта тактового импульса на выводе 4 DA4 транзистор VT5 открывается и разряжает конденсатор C14. Так как при изменении частоты параметры цепочки R49C14 не меняются, то на C14 формируется пилообразное напряжение с неизменной скоростью нарастания. С помощью диода VD40 ограничивается напряжение на входе RAMP ШИМ-контроллера, при снижении частоты тактовых импульсов (рис. 7.9).

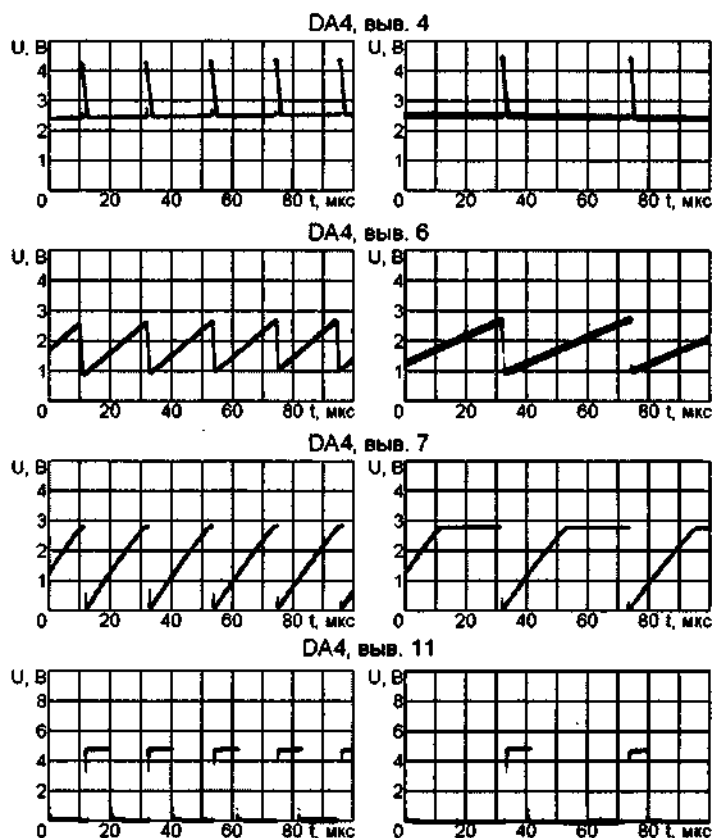


Рис. 7.9. Осциллограммы на выводах ШИМ-контроллера UC3825

напряжения +2,5 В используется дополнительный стабилизатор R79, VD41.

Элементы, требующие подстройки, помечены в схеме «звездочкой».

СВАРОЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЕМЕЙСТВА ETALON

Отличительной особенностью этих сварочных источников является использование транзисторного модуля IGBT в преобразователе. Сварочные источники этого семейства выпускаются на токи от 100 до 180 А. В этой главе рассматриваются источники, используемые для технологий MMA. Однако эта информация будет полезна и при ремонте TIG источников, которые во многом подобны MMA источникам.

8.1. Состав семейства и технические характеристики

Состав семейства

Источники семейства ETALON присутствуют на рынке под торговыми марками:

- ♦ Etalon ZX7-180R;
- ♦ Hammer TIG-180R;
- ♦ Kaiserism TIG-160R;
- ♦ Kende Inverter ZX7-200R;
- ♦ MaxPower WT-130/180S;
- ♦ NSAX-180.

Не смотря на различия в названиях, эти источники имеют одинаковое схемное и компоновочное решение.

**Примечание.**

Так как различия между источниками не существенны, то достаточно рассмотреть один из них, чтобы получить полное представление о семействе.

Технические характеристики сварочного источника Etalon ZX7-180R

Остановим свой выбор на сварочном источнике Etalon ZX7-180R, который имеет следующие технические параметры:

- ♦ напряжение питающей сети, В 220;
- ♦ частота питающей сети, Гц 50;
- ♦ максимальная мощность, потребляемая из сети, кВА ... 8;
- ♦ сварочный ток, А 5—180;
- ♦ напряжение холостого хода, В 65;
- ♦ диаметр используемых электродов, мм 2—4;
- ♦ вес, кг. 8.

Etalon ZX7-180R представляет собой сварочный источник инверторного типа. Он оборудован тепловой защитой и защитой от короткого замыкания.

**Примечание.**

Принципиальные схемы сварочного источника Etalon ZX7-180R, представленные в этой главе, основаны на схемах, срисованных с источников WT-180S и NSAX-180. Схемы выложили пользователи ildus и Юрий_Ф на интернет-форуме «Power Electronics» [<http://valvol.flyboard.ru/>].

Позиционные обозначения, присвоенные на этих схемах электронным компонентам, могут отличаться от позиционных обозначений, указанных в оригинальной документации производителей или нанесенных на платах различных версий сварочных источников семейства Etalon.

8.2. Силовые цепи

На рис. 8.1 изображена принципиальная электрическая схема силовых цепей сварочного источника.

Сварочный источник подключается к сети 220 В 50 Гц при помощи гибкого шнура и сетевой вилки Х1. Переменное напряжение сети через выключатель SF1 поступает на вход двухполупериодного выпрямителя VD2. С выхода выпрямителя VD2 выпрямленное напряжение поступает на конденсаторы фильтра C22, C23, которые служат для сглаживания пульсации выпрямленного напряжения. Резистор R27 служит для разрядки конденсаторов фильтра, после отключения источника из сети.



Примечание.

Сварочные источники семейства Etalon не оборудованы схемой предварительной зарядки конденсаторов фильтра. Этой может являться причиной повреждений выключателя SF1, мостового выпрямителя VD2, а также конденсаторов фильтра C22, C23.

Выпрямленное и сглаженное постоянное напряжение с выхода фильтра поступает на двухтактный полумостовой преобразователь. Он выполнен на транзисторах и диодах модуля VT5. Преобразует постоянное напряжение в переменное частотой примерно 20 кГц. Устройство и работа полумостового преобразователя рассматривались ранее в главе 1.

Переменное напряжение с выхода преобразователя через трансформатор тока Т3 и конденсаторы C16, C17 поступает на первичную обмотку силового высокочастотного трансформатора Т4. Последний снижает величину переменного напряжения до требуемого уровня, а также служит для осуществления гальванической развязки сварочной цепи от питающей сети.

Переменное напряжение на вторичной обмотке трансформатора Т4 выпрямляется при помощи двухполупериодного вы-

прямителя VD7, VD8 и через дроссель L1 и клеммы X2, X3 поступает в сварочную цепь. Дроссель L1 служит для сглаживания пульсации сварочного тока.

Конденсаторы C20, C28 совместно с индуктивностью дросселя L1 образуют низкочастотный фильтр, подавляющий радиопомехи, проникающие из преобразователя в сварочную цепь и входные цепи платы управления.

На плате управления формируется управляющий ШИМ сигнал, который через конденсатор C13 и трансформатор гальванической развязки T2 поступает на затворы транзисторов полумостового преобразователя. Сигнал токовой обратной связи формируется при помощи трансформатора тока T3.

Ток вторичной обмотки трансформатора тока выпрямляется при помощи выпрямителя VD3—VD6 и протекает через резисторы R31, R32. В результате на этих резисторах выделяется напряжение, величина которого пропорциональна выходному току преобразователя и сварочному току. Максимальная величина этого напряжения запоминается при помощи пикового детектора VD24, C30 и через резистор R33 подается на плату управления.

Питание цепей платы управления осуществляется стабильным напряжением +12 В, которое формируется при помощи стабилизатора DA4. Входное напряжение стабилизатора формируется при помощи маломощного трансформатора T1, выпрямителя VD17, VD18 и конденсатора фильтра C24. Конденсаторы C26, C27, включенные параллельно диодам выпрямителя, блокируют высокочастотные помехи, которые проникают из сети через трансформатор T1.

Вентилятор M1 служит для охлаждения силовых электронных компонентов, трансформатора и дросселя сварочного источника.

Потенциометр RP1 «Ток» расположен на передней панели сварочного источника и служит для установки величины сварочного тока. При помощи подстроечного резистора R34 устанавливается требуемая частота ШИМ преобразователя, а при

помощи резистора R35 устанавливается максимальный ток сварочного источника.

Светодиоды HL1—HL3 также расположены на передней панели источника и служит для индикации перегрева, сварки и включения в сеть, соответственно.

Температурный режим транзисторного модуля VT5 и силового трансформатора Т4 контролируется при помощи контактных термостатов SK1, SK2.

8.3. Плата управления

Принципиальная электрическая схема платы управления изображена на рис. 8.2.

На плате управления расположены основные цепи устройства управления сварочного источника, которое осуществляет управление транзисторами преобразователя, формируя внешнюю падающую вольтамперную характеристику. ВАХ необходима для сварочной технологии MMA и TIG.

Кроме этого, устройство управления осуществляет защиту основных узлов преобразователя от перегрева. С помощью устройства управления осуществляется плавная установка сварочного тока в диапазоне от минимального до максимального.

Устройство управления сварочного источника Etalon построено на базе ШИМ контроллера SG3525AP.



Примечание.

Эта микросхема является полным аналогом микросхемы UC3525.

Питание цепей управления осуществляется стабилизированным напряжением +12 В, которое формируется при помощи стабилизатора DA4 (рис. 8.1).

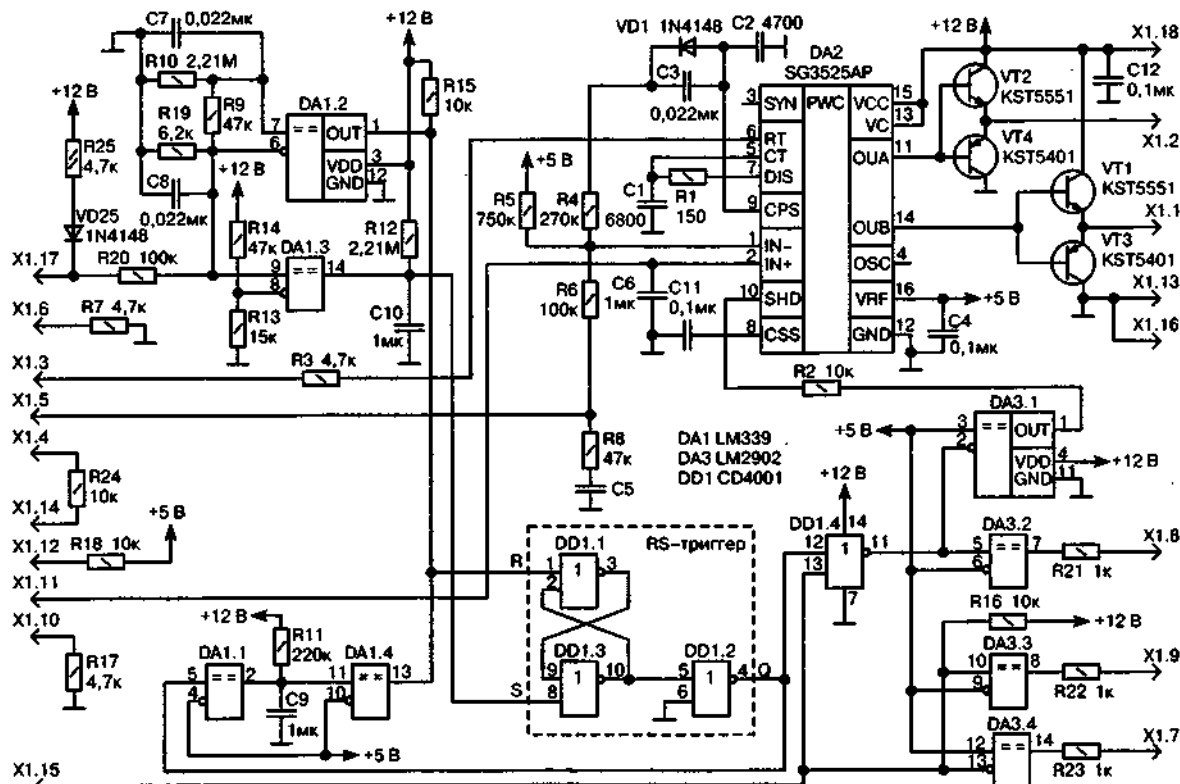


Рис. 8.2. Принципиальная электрическая схема платы управления

Внутренний усилитель ошибки ШИМ-контроллера DA2 суммирует:

- ♦ сигнал токовой обратной связи, поступающий через соединитель X1.5 и резистор R6;
- ♦ сигнал установки сварочного тока, который поступает через соединитель X1.11.



Примечание.

По своей сути сумматор является пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором, который управляет заполнением ШИМ сигнала таким образом, чтобы выходной ток сварочного источника соответствовал заданному.

Параметры ПИ регулятора определяются элементами обратной связи C2, C3, R4—R6.

Выходной сигнал ШИМ-контроллера DA2 усиливается по мощности при помощи транзисторов VT1—VT4 и через соединители X1.1 и X1.2, поступает на первичную обмотку трансформатора гальванической развязки (рис. 8.1).

Частота и максимальное заполнение ШИМ сигнала определяется элементами C1, R1, R3, R34 (рис. 8.1).

Работа преобразователя сварочного источника разрешена, если на обоих входах логического элемента (ЛЭ) DD1.4 присутствуют низкие логические уровни. В этом случае, на выходе DD1.4 присутствует высокий логический уровень, который инвертируется компаратором DA3.1 и поступает на вход SHD ШИМ-контроллера DA2, разрешая его работу. Одновременно, высокий уровень через компаратор DA3.2 и резистор R21 зажигает светодиод HL2 «Сварка» (рис. 8.1), расположенный на передней панели сварочного источника.

Работа преобразователя сварочного источника блокируется на холостом ходу при помощи узла контроля напряжения холостого хода, содержащего компаратор DA1.3. Выходное напряже-

ние сварочного источника через соединитель X1.17 и делитель напряжения R19, R20, подается на прямой вход DA1.3 и сравнивается с напряжением 2,9 В, которое подается на инверсный вход DA1.3 с выхода делителя напряжения R13, R14.

После завершения сварки на выходе сварочного источника устанавливается напряжение, превышающее 50 В. При этом на выходе DA1.3 (с задержкой 2—3 с, определяемой постоянной времени цепочки R12, C10) устанавливается высокий уровень, который подается на вход S RS-триггера DD1.1—DD1.3.

При этом, на выходе Q RS-триггера формируется высокий уровень, который инвертируется ЛЭ DD1.4. Низкий уровень с выхода DD1.4 инвертируется компаратором DA3.1 и через резистор R2 подается на вход SHD ШИМ-контроллера DA2, блокируя его работу.

В результате работа преобразователя сварочного источника прекращается. Одновременно низкий уровень с выхода DD1.4 через компаратор DA3.2, гасит светодиод HL2 «Сварка» (рис. 8.1), расположенный на передней панели сварочного источника.

Включение сварочного источника производится при помощи узла запуска, содержащего компаратор DA1.2. Во время холостого хода напряжение на конденсаторах C7 и C8 выравнивается, и на выходе DA1.2 присутствует низкий уровень.

После замыкания сварочной цепи и снижения напряжения на выходе сварочного источника, конденсаторы C7 и C8 разряжаются. Однако, благодаря дополнительному сопротивлению R9, конденсатор C7 разряжается медленнее. Поэтому на выходе DA1.2 формируется короткий импульс, который сбрасывает RS-триггер и разрешает работу сварочного источника.

Узел, содержащий компараторы DA1.1 и DA1.4, не допускает включение сварочного источника в течение 0,12 с после его отключения. Таким образом, предотвращаются ложные включения сварочного источника в моменты окончания сварки.

Тепловая защита IGBT модуля VT5 и трансформатора T4 осуществляется при помощи контактных термостатов SK1, SK2 (рис. 8.1).

Пока температура не превышает предельно допустимой, контакты термостатов замкнуты, и через соединитель X1.15 (рис. 8.2), удерживают на входе ЛЭ DD1.4 (ножка 13) низкий уровень.

В результате на выходе DD1.4 присутствует высокий уровень, который разрешает работу преобразователя сварочного источника. Одновременно низкий уровень присутствует на прямом входе DA3.3 и инверсном входе DA3.4. В результате этого светится диод HL3 «Сеть» и погашен светодиод HL1 «Перегрев».

Если температура модуля или трансформатора превысит допустимую, то контакты соответствующего термостата разомкнутся. При этом благодаря подтягивающему резистору R16, на рассмотренных ранее входах DD1.4, DA3.3 и DA3.4 появляется высокий уровень.

В результате этого преобразователь сварочного источника будет отключен. При этом светодиод HL1 «Перегрев» будет зажжен, светодиод HL3 «Сеть» погашен. После снижения температуры контакты термостата замкнутся, и работа сварочного источника будет автоматически возобновлена.

8.4. Методика проверки сварочного источника Etalon

Необходимые приборы и оборудование

Ремонт сварочного источника необходимо начать с выполнения общей методики осмотра инверторного сварочного источника (раздел 1.2).

Для проведения ремонта нам потребуются следующие приборы и оборудование:

- ♦ осциллограф (желательно двулучевой);
- ♦ цифровой мультиметр;
- ♦ лабораторный автотрансформатор регулируемый (ЛАТР)
0—250 В на ток 5—10 А;

- ♦ регулируемый источник постоянного напряжения 0—30 В, 5 А (например, типа PS-305D);
- ♦ сварочный балластный реостат РБ-315;
- ♦ амперметр постоянного тока 200 А.

Электрические измерения при выключенном аппарате

При помощи мультиметра (в режиме проверки диодов) необходимо проверить:

- ♦ целостность мостового выпрямителя VD2 (рис. 8.1);
- ♦ диоды VD7—VD8 (рис. 8.1). Диоды выпрямителя можно проверить без выпаивания из платы;
- ♦ IGBT модуль VT5 (рис. 8.1). Каждый транзистор модуля (рис. 8.3) проверяется по методике, описанной в разделе 1.2.



Примечание.

В отличие от дискретных транзисторов, транзисторы модуля изолированы от основания. Для проверки состояния этой изоляции можно воспользоваться электротехническим мегомметром на 1000 В. При проверке сопротивления изоляции модуль должен быть полностью отключен.

Щупы мегомметра подключаются между теплоотводящим основанием и клеммами 1-3 модуля, которые нужно предварительно замкнуть перемычкой. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1 МОм.

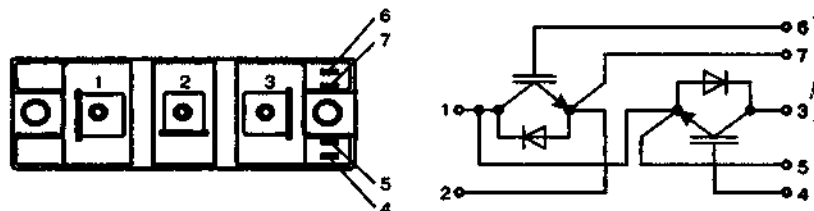


Рис. 8.3. Внутренняя схема и расположение выводов модуля DM2G100SH6A

Включение и проверка цепей управления

На рис. 8.4 представлено расположение элементов на плате управления сварочного источника Etalon.

Предварительно необходимо установить выходное напряжение регулируемого источника постоянного напряжения равным +18—24 В. Выключить источник и подключить его на вход стабилизатора DA4 (рис. 8.1) с соблюдением полярности.

Включить регулируемый источник постоянного напряжения. После этого необходимо убедиться в том, что:

- ♦ индикатор HL3 «Сеть» (рис. 8.1) на передней панели сварочного источника светится;
- ♦ индикатор HL1 «Перегрев» (рис. 8.1) на передней панели сварочного источника не светится.

При помощи мультиметра убедиться в том, что напряжение на выходе стабилизатора DA4 (рис. 8.1) равно $+12\text{ В} \pm 5\%$;

Установить на осциллографе коэффициенты 1-го и 2-го каналов вертикального отклонения 0,5 В/дел. Коэффициент развертки установить 10 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупах обоих каналов перевести в положение 1/10. Щуп 1-го канала подключить

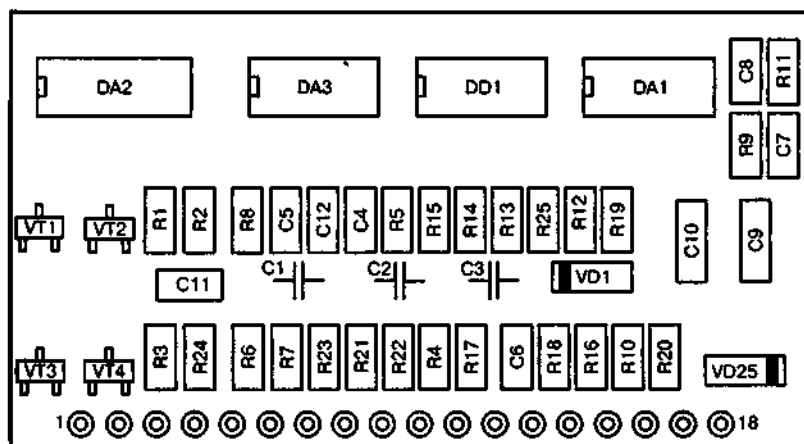


Рис. 8.4. Расположение элементов на плате управления сварочного источника Etalon

к эмиттеру VT3 (соединитель X1.1 на рис. 8.2), а щуп второго канала к эмиттеру VT4 (соединитель X1.2 на рис. 8.2). Заземляющие зажимы подключить к корпусу стабилизатора DA4.

Убедитесь в том, что сигналы имеют форму, изображенную на рис. 8.5. Режим измерения: коэффициенты обоих каналов 5 В/дел. и коэффициент развертки 10 мкс/дел.

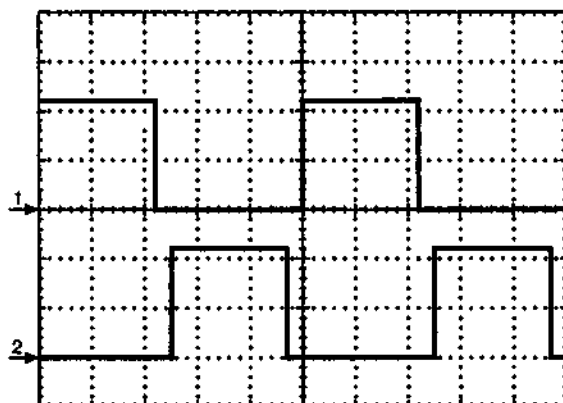


Рис. 8.5. Форма сигналов на эмиттерах транзисторов VT3 (1-й канал) и VT4 (2-й канал)

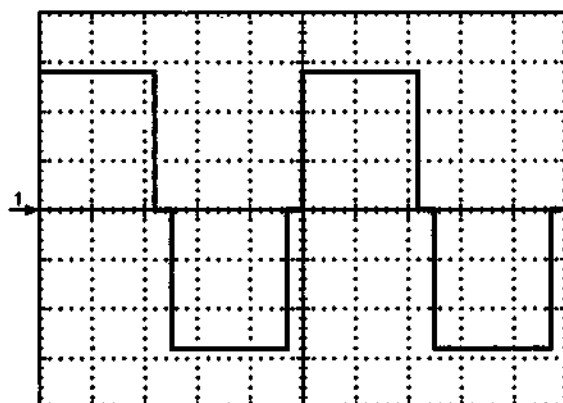


Рис. 8.6. Форма напряжения между затвором и эмиттером каждого транзистора модуля VT5

С помощью подстроечного резистора R34 (рис. 8.1) установить частоту сигнала 20 кГц (длительность периода 50 мс).

Не меняя настроек осциллографа, убедиться в том, что напряжение между затвором и эмиттером каждого транзистора модуля VT5 имеет форму, изображенную на рис. 8.6. Режим измерения: коэффициент канала вертикального отклонения 5 В/дел. и коэффициент развертки 10 мкс/дел.

8.5. Практические рекомендации по усовершенствованию сварочного источника

Основные причины неисправностей сварочных источников семейства ETALON

В данном разделе в сокращенном виде приводится методика замены IGBT модуля, а также общие соображения по усовершенствованию сварочных источников семейства Etalon.

Перечислим основные причины выхода из строя сварочных источников семейства ETALON:

- ♦ во-первых, сварочные источники семейства Etalon не оборудованы схемой предварительной зарядки конденсаторов фильтра. Этой может являться причиной повреждений выключателя SF1, мостового выпрямителя VD2, а также конденсаторов фильтра C22, C23;
- ♦ во-вторых, сварочный источник не оборудован защитой от понижения напряжения сети. В результате, при сетевом напряжении ниже 190 В начинает снижаться амплитуда управляющих импульсов транзисторов преобразователя. Это приводит к повышению потерь, перегреву и выходу из строя IGBT модуля;
- ♦ в-третьих, RC-цепи в цепи затворов транзисторов модуля VT5 сильно затягивает фронты нарастания и спада импульсов, что приводит к повышению потерь коммутации;

- ♦ в-четвертых, диоды выпрямителя расположены на радиаторе в один ряд. В результате, те диоды, которые расположены ближе к центру, больше нагружены и работают в более жестких температурных условиях.

Простой способ организация зарядки конденсаторов фильтра

Предварительную зарядку конденсаторов фильтра можно организовать, подключив параллельно контактам выключателя SF1 зарядные резисторы или специальный узел зарядки. Возможная электрическая схема такого узла изображена на рис. 8.7.

В основе узла зарядки лежит электронное реле времени, собранное на элементах K1, VT1, VD1, VD3, VD4, R1, C1. После подключения сварочного источника, конденсаторы фильтра C22, C23 заряжаются небольшим током через зарядный резистор R2. Через некоторое время, достаточное для зарядки конденсаторов, зарядный резистор замыкается контактом реле K1.

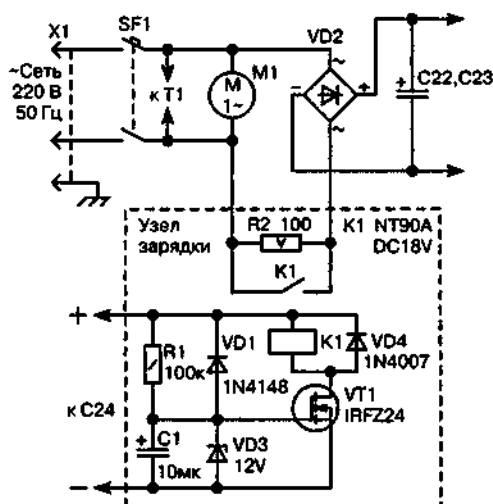


Рис. 8.7. Простой способ организация зарядки конденсаторов фильтра

Задержка срабатывания реле K1 определяется временем зарядки конденсатора C1 и составляет примерно 0,2 с.

Чтобы не нарушить нормальную работу сварочного источника, зарядный резистор R2 необходимо врезать непосредственно перед выпрямителем VD2. Вентилятора M1 и первичная обмотка трансформатора T1 включаются до зарядного резистора.

После подключения сварочного источника к сети конденсаторы фильтра плавно заряжаются через дополнительные резисторы. Включение сварочного источника, производится с задержкой в 1—2 мин. При этом контакты выключателя SF1 шунтируют дополнительные резисторы, и далее сварочный источник работает в штатном режиме.

Замена модуля IGBT на дискретные элементы

Практика показывает, что на источниках семейства Etalon частенько выходит из строя IGBT модуль, стоимость которого достигает 200\$ США. При этом стоимость ремонта сварочного источника составляет примерно половину его рыночной стоимости.

В этом случае будет вполне резонным заменить IGBT модуль его аналогом, собранном на дискретных элементах.



Примечание.

Методика подобной замены описана в статье Чеснокова С. В. «Переделка сварочника ETALON ZX7-180R (Замена модуля IGBT на дискретные элементы)» [valvolodin.narod.ru/articles/remake_ZX7-180.pdf].

На рис. 8.8 приведена принципиальная электрическая схема аналога модуля, собранного на дискретных элементах (дискретный модуль).

Теперь каждый транзистор преобразователя состоит из двух IGBT транзисторов IRG4PC50UD, включенных параллельно.

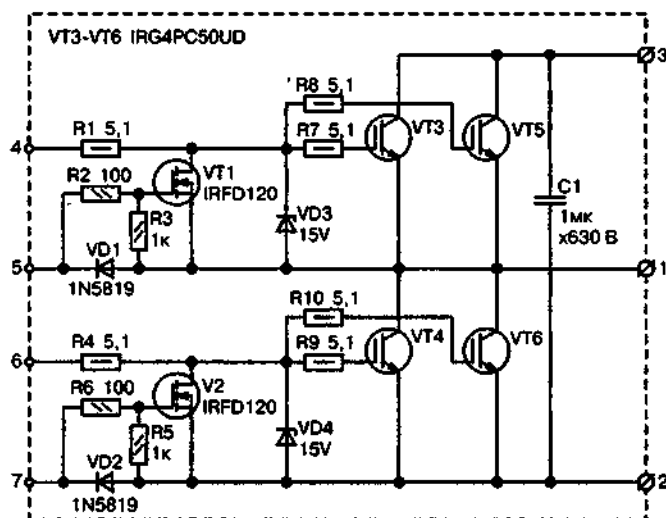


Рис. 8.8. Принципиальная электрическая схема преобразователя, собранного на дискретных элементах

Для управления каждой парой транзисторов используется драйвер. Использование драйверов позволяет:

- ♦ снизить коммутационные потери;
- ♦ увеличить надежность управления.

При этом в исходную схему управления необходимо внести небольшие изменения, которые заключаются в удалении элементов R28, R29, C14, C15.



Примечание.

После этого, вместо резисторов R28, R29 необходимо вставить перемычки.

Кроме драйверов в дискретный модуль включен конденсатор C1, который создает локальную цепь для протекания высокочастотного тока и таким образом нейтрализует влияние индуктивности соединительных питающих проводов.

На рис. 8.9 изображен рисунок печатной платы дискретного модуля.

На рис. 8.10 изображено расположение элементов на печатной плате дискретного модуля.

Все электронные компоненты, кроме транзисторов VT3—VT6, расположены со стороны дорожек. Транзисторы VT3—VT6 расположены с обратной стороны платы. Выводы транзисторов пропущены в соответствующие отверстия и пропаяны.

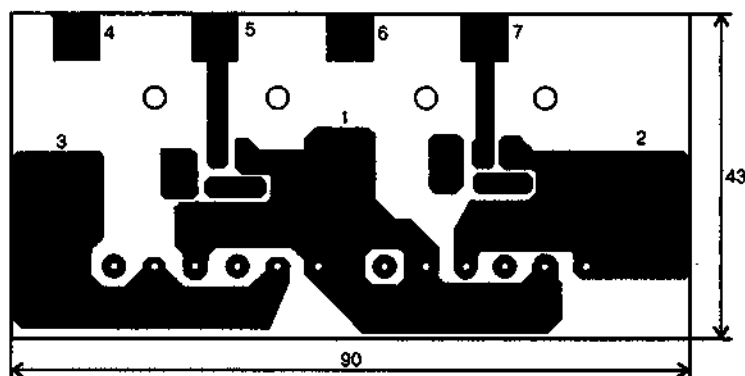


Рис. 8.9. Рисунок печатной платы дискретного модуля

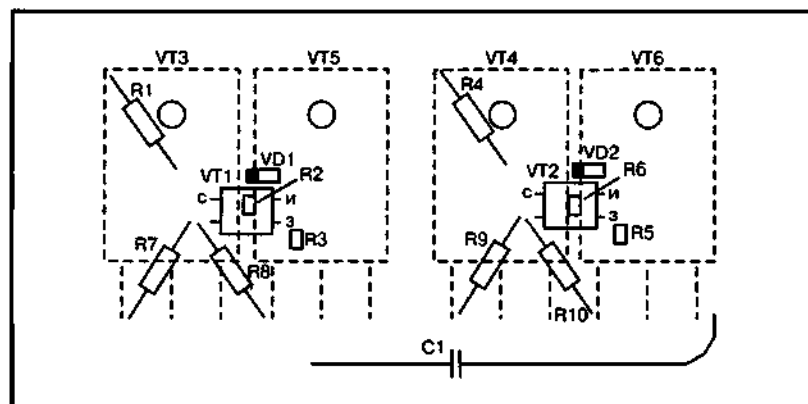


Рис. 8.10. Расположение элементов на печатной плате дискретного модуля

Вся конструкция прижимается к охладителю винтами, пропущенными через плату и крепежные отверстия транзисторов. При этом транзисторы оказываются прижатыми к охладителю своими теплоотводящими основаниями.



Совет.

Между транзисторами и охладителем необходимо положить лист слюды, толщиной 0,035—0,05 мм.

После сборки конструкции, необходимо проверить прочность изоляции между модулем и охладителем. Для этой цели можно использовать электротехнический мегомметром на 1000 В. При проверке сопротивления изоляции модуль должен быть полностью отключен. Щупы мегомметра подключаются между теплоотводящим основанием и клеммами 1-3 модуля, которые нужно предварительно замкнуть перемычкой.



Примечание.

Сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм.

Проблему, связанную с отсутствием защиты от понижения напряжения питания, можно решить, заменив трансформаторный блок питания. В качестве альтернативы можно использовать любой импульсный блок питания, способный сохранять работоспособность при снижении сетевого напряжения до 140—160 В. Этот блок питания должен обеспечивать выходное напряжение 18—24 В при токе нагрузки 200—300 мА.

8.6. Испытания сварочного источника

Электрические измерения при работе источника на холостом ходу

Помните, что все цепи сварочного источника находятся под высоким постоянным напряжением. Чтобы не получить удар электрическим током, во время работы нужно проявлять предельную внимательность и осторожность. При этом следует помнить, что металлический корпус осциллографа также находится под напряжением и является источником опасности.



Внимание.

Поэтому необходимо избегать электрического контакта с корпусом осциллографа при работающем сварочном источнике. А все манипуляции с его ручками управления и щупами можно производить только при полностью отключенном от сети сварочном источнике.

Порядок подготовки к измерениям:

- ♦ установить потенциометр RP1 «Ток» (рис. 8.1) на максимум (повернуть по часовой стрелке до упора);
- ♦ откинуть провод, идущий к клемме 3 модуля VT5 (рис. 8.1) и в разрыв включить лампочку 220 В, 75—100 Вт;
- ♦ кабель питания сварочного источника подключить на выход ЛАТР. Как и в предыдущем пункте, питание на стабилизатор DA4 (рис. 8.1) подаем от внешнего регулируемого источника постоянного напряжения;
- ♦ выход сварочного источника также нагрузить на лампочку 220 В, 75—100 Вт.

Включение и проверка производится так.

Установить на осциллографе коэффициент канала вертикального отклонения 10 В/дел. Коэффициент развертки установить 10 мкс/дел. Входной делитель напряжения на щупах обоих каналов перевести в положение 1/10. Щуп осциллографа под-

ключить к клемме 1, а зажим заземления — к клемме 2 модуля VT5 (рис. 8.1).

Включить питание ЛАТР, предварительно установив на его выходе нулевое напряжение (повернув его ручку до предела против часовой стрелки). Включить сетевой выключатель аппарата и постепенно увеличить напряжение на выходе ЛАТР до 220 В. При этом необходимо убедиться в том, что:

- ♦ индикатор HL3 «Сеть» на передней панели сварочного источника (рис. 8.1) светится;
- ♦ включился вентилятор M1 охлаждения (рис. 8.1);
- ♦ нить накала лампы, через которую идет питание на модуль VT5, светится незначительно.

Добиться минимума свечения лампы, вращая подстроечный резистор R34 (расположен ближе к краю платы). Убедитесь в том, что напряжение на выходе преобразователя имеет форму, изображенную на рис. 8.11. Режим измерения: коэффициент канала вертикального отклонения 100 В/дел. и коэффициент развертки 10 мкс/дел.

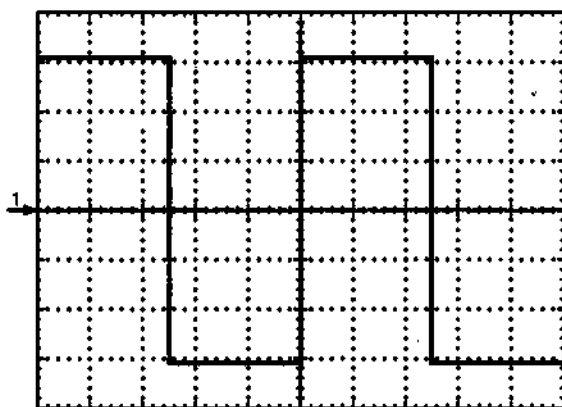


Рис. 8.11. Форма напряжения на выходе преобразователя

Испытание источника при работе на нагрузку

Для проведения испытаний сварочного источника под нагрузкой необходимо обзавестись эквивалентом нагрузки, роль которого с успехом может выполнить сварочный балластный реостат РБ-315 (табл.10.1). В крайнем случае, можно использовать несколько мощных проволочных резисторов, изготовленных из толстого ($\varnothing 4\text{—}5\text{ мм}$) нихрома.

Нагрузочные испытания проводятся на исправном аппарате перед его окончательной сборкой в корпус. В ходе испытаний при включенной нагрузке не допускается производить какие-то переключения внутри источника.

Подготовка к испытанию проводится так.

Отключить дополнительный регулируемый источник постоянного напряжения и лампочки, которые использовались на предыдущем этапе испытания. Восстановить штатные цепи питания узлов сварочного аппарата.

Подключить сварочный источник к балластному реостату, используя кабели, входящие в комплект изделия. Последовательно с реостатом включить амперметр.

Установить мультиметр в режим измерения постоянного напряжения на пределе 200 В и подключите его щупы к выходам (+) и (–) источника.

Подключить питающий кабель сварочного источника к сети 230 В и включить сетевой выключатель аппарата.



Внимание.

В течение испытаний необходимо избегать контакта с металлическими поверхностями измерительных приборов, т. к. они находятся под высоким напряжением.

Последовательность испытаний сварочного источника Etalon приведена ниже.

1. Испытание при минимальной нагрузке:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить минимальный сварочный ток 5 А;

- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 5 А;
- ♦ убедиться в том, что выходной ток равен $5 \text{ А} \pm 20 \%$. При этом выходное напряжение должно быть равно $20,2 \text{ В} \pm 20 \%$;
- ♦ отключить балластный реостат при помощи переключателей тока, а затем выключить сетевой выключатель сварочного источника.

2. Испытание при номинальной нагрузке:

- ♦ при помощи потенциометра регулировки сварочного тока установить максимальный сварочный ток 180 А, вращая его по часовой стрелке до упора;
- ♦ воспользовавшись табл. 10.1, с помощью балластного реостата установить ток нагрузки, ближайший к 180 А;
- ♦ убедиться в том, что выходной ток равен $180 \text{ А} \pm 10 \%$. При этом выходное напряжение должно быть равно $27,2 \text{ В} \pm 10 \%$. Если выходной ток не соответствует требуемому, то отрегулируйте его, используя подстроечный резистор R3 (рис. 8.1).



Внимание.

Кручение подстроечного резистора R35 производите только при выключенном сварочном источнике! При вращении подстроечника по часовой стрелке ток убавляется, а против часовой — прибавляется.

8.7. Проверка тепловой защиты

С параметрами настройки и нагрузки, используемыми в предыдущем пункте, включаем сварочный источник и оставляем его работать до момента срабатывания защиты от перегрева ключевых транзисторов инвертора (загорится светодиод HL1 «Перегрев»). После охлаждения и автоматического

сброса тепловой защиты, отключаем сварочный источник и проводим тщательный осмотр внутренних силовых цепей на отсутствие дефектов и подгорания. Если всё нормально, то собираем сварочный источник.

8.8. Рабочее испытание

Проверенным и настроенным сварочным источником при токе 160 А выполнить пробный сварочный шов (диаметр электрода 3 мм).

СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ ИНВЕРТОРНЫХ СВАРОЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В справочнике по элементной базе сварочных источников приводится подробное описание микросхем ШИМ-контроллеров, а также краткие технические данные силовых электронных комплектующих. Эта информация позволит детально разобраться с работой устройств управления сварочных источников, а также подобрать альтернативную замену в случае отсутствия оригинальных комплектующих.

9.1. ШИМ-контроллеры

Микросхема TDA4718A

Ранее мы познакомились с принципиально-блочной схемой инверторного сварочного источника RytmArc, а теперь рассмотрим блок управления (БУ) этого же источника.

БУ позволяет регулировать сварочный ток, а также формирует внешнюю нагрузочную характеристику сварочного источника путем контроля напряжения и тока в нагрузке и формирования соответствующего ШИМ управляющего сигнала для прямоходового преобразователя. Кроме этого БУ осуществляет защитные функции, не допускающие повреждения элементов преобразователя от перегрева и перегрузки, в условиях резко изменяющейся нагрузки источника.

БУ рассматриваемого источника выполнен на базе микросхемы (МС) TDA4718A фирмы Siemens.

Особенностями данной микросхемы являются:

- ♦ возможность прямого управления циклом ШИМ;
- ♦ двухтактный выход;
- ♦ встроенная схема быстрого ограничения тока;
- ♦ встроенная защита от повышенного и пониженного напряжения;
- ♦ мягкий старт.

МС TDA4718A представляет из себя двухтактный ШИМ-контроллер и содержит все аналоговые и цифровые узлы, необходимые для построения импульсного источника питания. МС может быть использована с двухтактными трансформаторными, полумостовыми и мостовыми, а также с однотактными обратными и прямо ходовыми преобразователями.

На рис. 9.1 показан вариант схематического изображения ШИМ-контроллера TDA4718A. В табл. 9.1 представлены нумерация и обозначения выводов микросхемы TDA4718A.

Нумерация и обозначения выводов микросхемы TDA4718A

Таблица 9.1

Ножка	Обозначение	Функция
1	GND	Общий
2	RR	RC элементы задающие параметры ГПН
3	CR	
4	ICP	Отрицательный вход компаратора K2
5	ISC	Вход синхронизации
6	IUV	Вход контроля понижения и повышения напряжения питания
7	IOV	
8	-ID	Отрицательный и положительный входы компаратора K7 быстродействующей токовой защиты
9	+ID	
10	VRF	Выход источника опорного напряжения
11	+VS	Напряжение питания микросхемы
12	Q2	Двухтактные выходы с открытым коллектором
13	Q1	
14	QSC	Выход синхроимпульсов
15	CSS	Вход мягкого старта
16	RT	Вывод подключения R _т ГУН
17	CF	Конденсатор фильтра
18	CT	Вывод подключения C _т ГУН

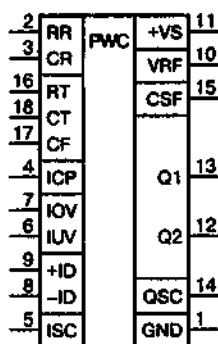


Рис. 9.1. Схематическое изображение ШИМ-контроллера TDA4718A

На рис. 9.2 показана блок-схема ШИМ-контроллера TDA4718A.

Генератор, управляемый напряжением (ГУН). ГУН генерирует пилообразное напряжение, частота которого зависит от напряжения на его управляющем входе CF. Среднее значение частоты, а также время нарастания и спада пилообразного напряжения можно изменять с помощью резистора R_t и конденсатора C_t. В течение спада пилообразного напряжения ГУН формирует синхроимпульс с низким активным уровнем, который используется для синхронизации внутренних и внешних узлов.

Генератор пилообразного напряжения (ГПН). ГПН запускается сигналом ГУН и работает на одинаковой с ним частоте. Выходное напряжение ГПН поступает на отрицательный вход компаратора K2, где его нарастающий фронт используется для

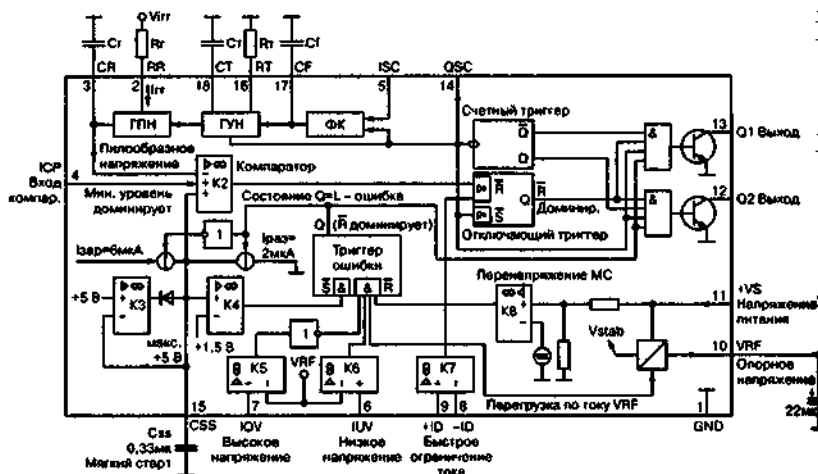


Рис. 9.2. Блок-схема ШИМ-контроллера TDA4718A

управления шириной выходных импульсов. Наклон нарастающего фронта напряжения ГПН задается током I_{rr} , который задается напряжением внешнего источника V_{rr} и сопротивлением R_r . Изменяя I_{rr} можно напрямую воздействовать на цикл формирования ШИМ сигнала. Возможность прямого управления циклом может быть использована, например, для компенсации возмущения от нестабильности питающего напряжения.

Фазовый компаратор (ФК). ФК используется для частотной и фазовой синхронизации ГУН с внешним источником инхронизирующего напряжения. Если микросхема используется без внешней синхронизации, то выводы QSC и ISC необходимо соединить. В этом случае на управляющем входе ГУН устанавливается напряжение необходимое для генерации средней расчетной частоты.

Счетный триггер. Счетный триггер изменяет свое состояние по отрицательному фронту входного импульса. Это гарантирует, что только один выход из двух будет разрешен.

Компаратор K2. Из двух положительных входов компаратора с отрицательным входом сравнивается тот, на котором более низкий уровень. Как только величина нарастающего фронта пилообразного напряжения на отрицательном входе компаратора превысит минимальный уровень на положительных входах компаратора, оба выхода будут заблокированы посредством сброса отключающего триггера. Время, в течение которого выходы заблокированы, может изменяться в широких пределах. Так как частота постоянна, то это позволяет осуществлять широтно-импульсную модуляцию состояния выходов МС.

Отключающий триггер. Отключающий триггер разрешает выходы в начале каждого полупериода. Если есть сигнал с компаратора быстрого ограничения тока K7 или с компаратора K2, то выходы немедленно переводятся в отключенное состояние.

Компаратор K3. Компаратор K3 ограничивает напряжение на конденсаторе мягкого старта C_{ss} , а также на одном из входов компаратора K2, на максимальном уровне +5 В. Напряжение

ГПН, впрочем, может подниматься до 5,5 В. Поэтому, для соответствующего наклона нарастающего фронта напряжения ГПН, можно ограничить время открытого состояния выходных ключей.

Компаратор К4. Компаратор К4 имеет порог переключения +1,5 В и устанавливает триггер ошибки, если напряжение на конденсаторе C_{ss} меньше 1,5 В. Но триггер ошибки может быть установлен только если отсутствует сигнал сброса. Эта особенность позволяет удерживать выходы МС в закрытом состоянии пока присутствует сигнал ошибки.

Мягкий старт. Положительный вход компаратора К2 с меньшим уровнем задает время открытого состояния активного выходного ключа. После включения напряжение на конденсаторе C_{ss} равно нулю. Пока нет ошибки, этот конденсатор заряжается током 6 мкА до максимального напряжения +5 В.

В случае ошибки конденсатор разряжается током 2 мкА. Как только напряжение на конденсаторе C_{ss} понизится ниже 1,5 В триггер ошибки будет установлен и выходы будут разрешены если исчезло условие ошибки. Минимальное напряжение пилообразного напряжения ГПН равно 1,8 В и поэтому время открытого состояния выходных ключей будет непрерывно и линейно увеличиваться, как только напряжение на конденсаторе C_{ss} превысит 1,8 В.

Триггер ошибки. Сигнал ошибки, подведенный к входу триггера, вызывает немедленное запираание выходов и после того, как ошибка устранена, включает мягкий старт.

Компараторы К5, К6, К8 и Перегрузка по току VRF. Эти компараторы являются датчиками ошибок и посредством триггера ошибок немедленно блокируют выходы МС, если ошибка произошла. После устранения ошибки МС снова включается через мягкий старт.

Компаратор К7. Компаратор позволяет определять перегрузку по току. Это объясняет тот факт, что оба входа компаратора выведены наружу МС. После устранения перегрузки во

врат к нормальной работе происходит уже в следующем полупериоде, без мягкого старта. К7 имеет диапазон рабочих входных синфазных напряжений от 0 до +4 В. Задержка срабатывания между возникновением перегрузки и блокировкой выходов — 250 нс.

Выходы. Оба выхода представляют собой транзисторные ключи с открытым коллектором и работают в двухтактном режиме. Активный уровень ключей низкий. Время, в течение которого один из ключей находится в открытом состоянии, может изменяться в широких пределах. Время, в течение которого оба выхода заблокированы, равно длительности спада пилообразного напряжения ГУН.

Опорное напряжение. На выходе VRF MC формирует термостабильное напряжение +2,5 В, которое может быть использовано во внешних схемах компараторов, генераторов пилообразного напряжения и т. п.

Микросхема TL494

Микросхема TL494 является ШИМ контроллером импульсного источника питания и включает в себя все необходимые для этого блоки. TL494 производится многими мировыми производителями электронных компонентов, такими как Texas Instruments, ON Semiconductor, Motorola, Fairchild Semiconductor, Fujitsu, Samsung и т. д. Эта микросхема выпускается под своим оригинальным, а также под альтернативными названиями, такими как mPC494C, MB3759, KA7500B, IR3M02 и т. п. Отечественными аналогами TL494 являются микросхемы 1114EY3 и 1114EY4.

Основные особенности ШИМ контроллера TL494:

- ♦ полный набор узлов необходимый для осуществления ШИМ управления;
- ♦ открытые выходы для втекающего и вытекающего тока величиной до 200 мА;

- ♦ возможность выбора однотактного или двухтактного режима работы;
- ♦ встроенная схема подавления сдвоенных импульсов на выходе;
- ♦ возможность регулировки длительности мертвого времени;
- ♦ внутренний прецизионный источник опорного напряжения $5\text{ В} \pm 5\%$;
- ♦ легко организуемая синхронизация нескольких контроллеров.

На рис. 9.3 показано схематехническое изображение микросхемы TL494. В табл. 9.2 представлена нумерация и обозначения выводов.

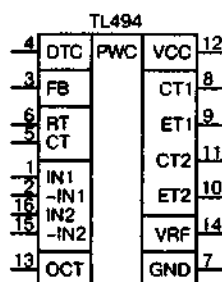


Рис. 9.3.
Схематехническое
изображение
микросхемы TL494

Нумерация и обозначения выводов микросхемы TL494

Таблица 9.2

Ножка	Обозначение	Функция
1 2	IN1 -IN1	Прямой и инвертирующий входы первого усилителя ошибки
3	FB	Выход обратной связи
4	DTC	Вход установки «мертвого» времени
5 6	CT RT	RC элементы, задающие частоту внутреннего генератора
7	GND	Общий вывод
8 9	CT1 ET1	Открытый коллектор и эмиттер транзистора первого выходного канала
10 11	ET2 CT2	Открытый эмиттер и коллектор транзистора второго выходного канала
12	VCC	Вывод питания микросхемы
13	OCT	Выбор режима работы выходных каскадов (двухтактный/однотактный)
14	VRF	Выход источника опорного напряжения +5 В
15 16	-IN2 IN2	Прямой и инвертирующий входы второго усилителя ошибки.

На рис. 9.4 изображена функциональная схема этой микросхемы.

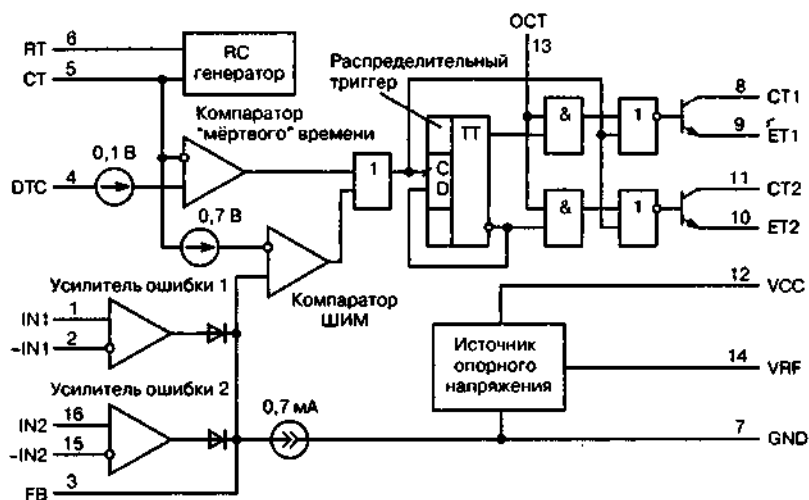


Рис. 9.4. Функциональная схема микросхемы TL494

RC генератор. ШИМ контроллер TL494 работает на фиксированной частоте, которая определяется внутренним RC генератором. Частота генератора программируется внешними резистором R_T и конденсатором C_T , подключаемыми к выводам RT и CT микросхемы.

Конденсатор C_T заряжается стабильным током, величина которого программируется при помощи резистора R_T . Величину зарядного тока можно определить по формуле

$$I_{\text{зар}} \approx 3,65/R_T.$$

После того, как напряжение на конденсаторе достигает 3 В, он быстро разряжается до нуля и процесс снова повторяется. На рис. 9.5 приведены графические зависимости частоты внутреннего генератора от номиналов частото задающих элементов. Эту частоту можно ориентировочно определить по формуле

$$F_{\text{ген}} = 1,2/(R_T \times C_T).$$

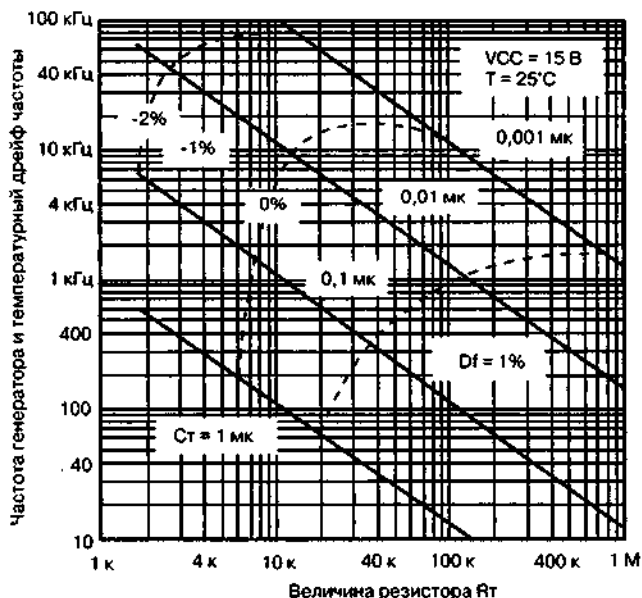


Рис. 9.5. Частота генератора и ее температурный дрейф в зависимости от величин R_t и C_t

Предусмотрена возможность синхронизации частоты генераторов нескольких ведомых контроллеров с частотой генератора ведущего контроллера. В качестве сигнала синхронизации используется напряжение на выводе C_t ведущего контроллера. Для переключения в подчиненный режим, входы R_t ведомых контроллеров подключается к выходу источника опорного напряжения V_{REF} , а пилообразное напряжение синхронизации подается на входы C_t . При этом частотозадающий конденсатор C_t подключен только к входу C_t ведущего контроллера.

Усилители ошибки. TL494 содержит два усилителя ошибки, работающих на общий выход FD . Уровень на выходе FD подтягивается к общему выводу GND при помощи источника тока 0,7 мА. Усилители допускают синфазное входное напряжение в диапазоне от -0,3 В до V_{CC} -2 В.

Компаратор ШИМ. Компаратор ШИМ используется для широтно-импульсной модуляции выходного сигнала. На прямой вход компаратора подается напряжение с выхода усилителей ошибки, а на инверсный вход пилообразное напряжение с RC генератора. Заполнение выходных импульсов компаратора уменьшается при возрастании уровня напряжения на выходе FB и становится нулевым, когда этот уровень больше 3,7 В.

Для гарантированного получения максимального заполнения ШИМ сигнала, пилообразное напряжение генератора сдвинуто в плюс на 0,7 В. При этом максимальное заполнение выходных импульсов компаратора ШИМ получается, когда напряжение FB меньше 0,7 В.

Компаратор «мертвого» времени. Для полного выключения транзисторам двухтактного преобразователя требуется некоторое время. Поэтому для исключения сквозных токов в стойках двухтактного преобразователя между противофазными импульсами управления транзисторами вводят специальную паузу, которая называется «мертвым» временем (dead time).

В течение этого времени все транзисторы преобразователя выключены. Для формирования «мертвого» времени используется специальный компаратор «мертвого» времени. Относительная длительность «мертвого» времени может регулироваться напряжением, подаваемым на вход ДТС, который подключен к прямому входу этого компаратора. На инверсный вход компаратора подается пилообразное напряжение с генератора.

Для получения «мертвого» времени даже при нулевом напряжении на входе ДТС потенциал прямого входа компаратора сдвинут в плюс на 0,1 В. При этом минимальная относительная длительность «мертвого» времени составляет примерно 5% от длительности периода RC генератора.

Распределительный триггер. Распределительный триггер построен на D-триггере и представляет собой делитель частоты на два. Этот триггер осуществляет поочередное распределение

ШИМ сигнала на выходные каскады. Синхронизация триггера осуществляется при помощи ШИМ сигнала, который формируется при помощи логического элемента (далее просто элементы) И, на входы которого заводятся сигналы с компаратора ШИМ и компаратора «мертвого» времени.

Противофазные логические уровни с выхода триггера через элементы И, поступают на элементы ИЛИ-НЕ выходных каскадов. Вход ОСТ позволяет выбирать одноктактный или двухтактный режим работы контроллера. Для выбора двухтактного режима, необходимо ОСТ подключить к VRF. В этом случае уровни с выхода триггера через элементы И поступают на элементы ИЛИ-НЕ выходных каскадов и поочередно блокируют их работу.

Для выбора одноктактного режима, необходимо ОСТ подключить к GND. В этом случае уровни с выхода триггера блокируются и выходные каскады одновременно активны.



Внимание.

В двухтактном режиме рабочая частота преобразователя в два раза ниже частоты RC-генератора. Соответственно, в одноктактном режиме, рабочая частота преобразователя равна частоте RC-генератора.

Выходной каскад. Выходной каскад контроллера TL494 представляют из себя элемент ИЛИ-НЕ, который управляет выходным транзистором. На один из входов элемента ИЛИ-НЕ заведен ШИМ сигнал, а на другой сигнал блокировки с выхода распределительного триггера. Выходной транзистор открыт, если оба этих сигнала имеют низкий логический уровень. Эмиттер и коллектор выходного транзистора выведены к внешним ножкам микросхемы. Благодаря этому, возможны два варианта включения этого транзистора, где он включен по схеме с общим эмиттером или общим коллектором.

Микросхема UC3525

ШИМ контроллер UC3525 содержит все узлы необходимые для постройки импульсных источников питания всех типов, с применением минимального количества навесных компонентов. На рис. 9.6 приведено схематехническое изображение этой микросхемы.

UC3525 производится многими мировыми производителями электронных компонентов, такими как Texas Instruments, ON Semiconductor, Motorola, Fairchild Semiconductor, Fujitsu, Linear Technology и т. д. Эта микросхема выпускается под своим оригинальным, а также под альтернативными названиями, такими например как KA3525A, SG3525A, LM3525, LT3525 и т. п.

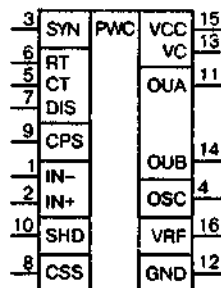


Рис. 9.6.
Схематехническое
изображение UC3525

Основные характеристики:

- ♦ напряжение питания в диапазоне от 8 до 35 В;
- ♦ внутренний источник опорного напряжения +5,1 В, настроенный с точностью 1%;
- ♦ задающий генератор, работающий в диапазоне от 100 Гц до 500 кГц;
- ♦ наличие специального входа синхронизации генератора;
- ♦ настраиваемое «мертвое» время;
- ♦ встроенная схема мягкого старта;
- ♦ поцикловое отключение;
- ♦ вход блокировки от пониженного напряжения питания, имеющий гистерезис;
- ♦ наличие триггера ШИМ, который предотвращает многократные срабатывания в течение одного импульса;
- ♦ квазикомплементарные выходные каскады.

На основе микросхемы широтно-импульсного модулятора UC1525A можно строить устройства управления любыми типами импульсных источников питания с минимальным количе-

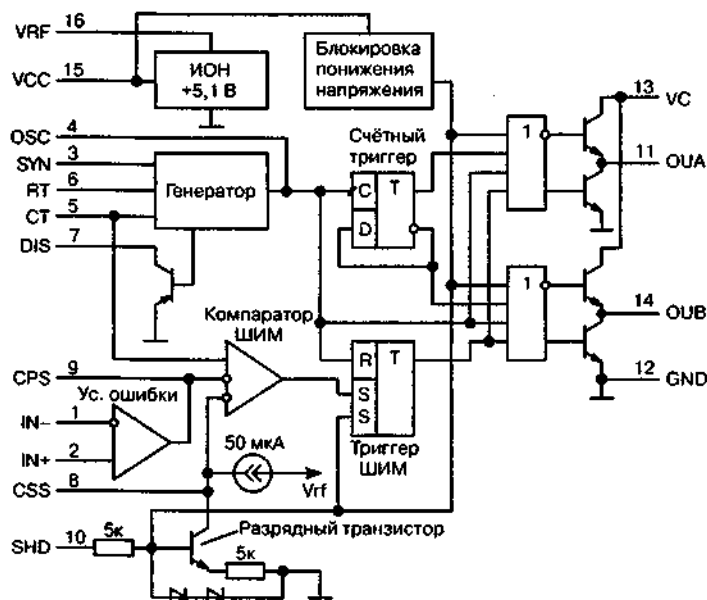


Рис. 9.7. Блок-схема микросхемы UC3525

ством внешних навесных компонентов. На рис. 9.7 изображена блок-схема микросхемы UC3525.

Источник опорного напряжения (ИОН). Микросхема содержит внутренний прецизионный источник опорного напряжения $+5,1\text{ В}$, который в процессе производства настроен с точностью 1% . Выход источника опорного напряжения, без каких-то резистивных делителей напряжений, может непосредственно подключаться к одному из входов усилителя ошибки.

Генератор. Период колебания генератора определяется суммарным временем зарядки и разрядки внешнего конденсатора C_T . Время зарядки настраивается при помощи внешних частото задающих элементов R_T , C_T и определяется по графику, изображенному на рис. 9.8.

Время разрядки, а также «мертвое» время настраивается при помощи единственного резистора R_d , включаемого между вы-

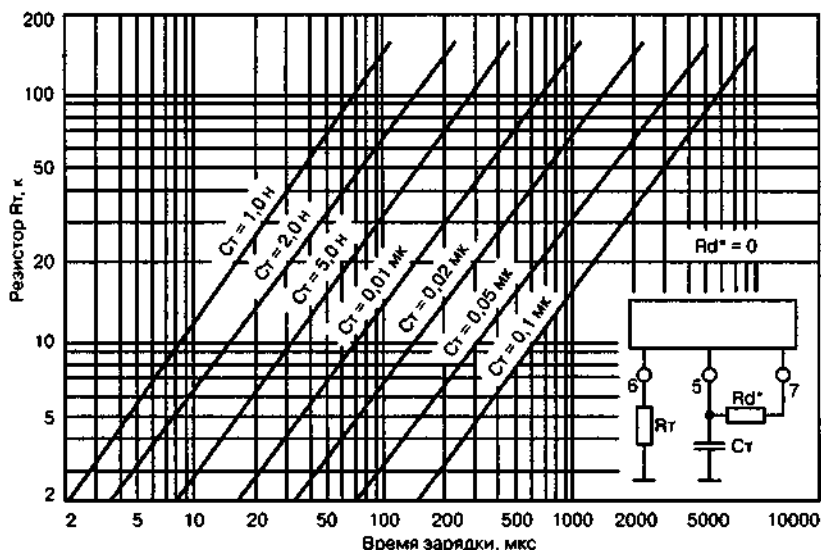


Рис. 9.8. Время зарядки конденсатора C_T в зависимости от величины резистора R_T

водами C_T и DIS. Зависимость времени разрядки для различных значений C_T и R_d изображена на рис. 9.9.

Частоту генератора можно определить по графикам на рис. 9.8, рис. 9.9 или по упрощенной формуле:

$$f = \frac{1}{C_T \cdot (0,7 \cdot R_T + 3 \cdot R_d)}$$

Наличие входа синхронизации SYN позволяет синхронизировать несколько ведомых контроллеров тактовым сигналом, который формирует один ведущий контроллер на выходе OSC.

Усилитель ошибки. Усилитель ошибки (рис. 9.7) представляет собой источник тока, управляемый напряжением (ИТУН), с максимальным выходным током 100 мкА. Выход усилителя ошибки подключен к внешнему выводу CPS и инвертирующему входу компаратора ШИМ.

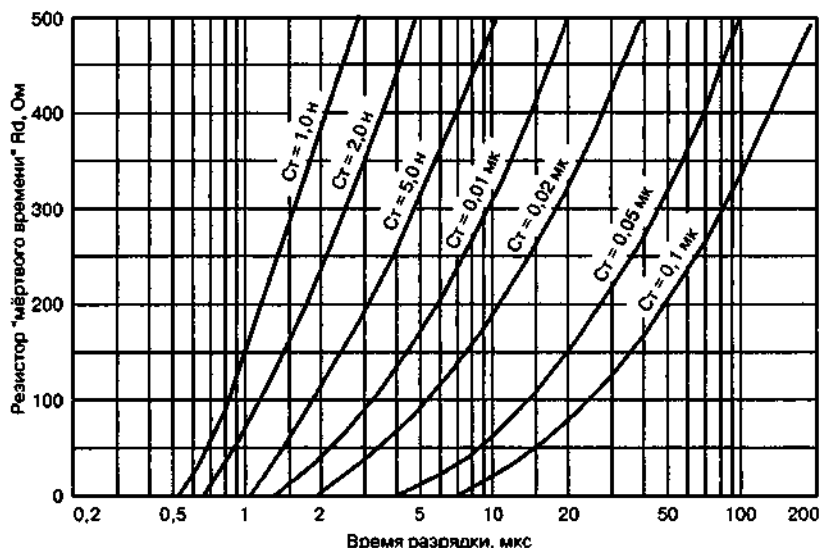


Рис. 9.9. Время разрядки конденсатора C_T в зависимости от величины резистора R_d

Компаратор ШИМ. Компаратор ШИМ служит для формирования ШИМ сигнала. Он имеет один прямой и два инверсных входа. На прямой вход подается пилообразное напряжение с конденсатора C_T . На один инверсный вход подается напряжение с выхода усилителя ошибки, а на другой с выхода устройства мягкого старта. При этом преобладает вход с более низким уровнем напряжения.

Триггер ШИМ и счетный триггер. Триггер ШИМ используется для повышения помехоустойчивости канала формирования ШИМ и устраняет дребезг ШИМ сигнала при высокочастотных флуктуациях напряжения на входах CPS и CSS микросхемы. Триггер ШИМ сбрасывается в начале каждого периода ШИМ импульсом синхронизации с выхода генератора и устанавливается сигналом с выхода компаратора ШИМ.

Счетный триггер каждый раз меняет свое состояние по переднему фронту импульса синхронизации. При сбросе триггера

ШИМ на одном из выходов OUA или OUB, определяемом счетным триггером, выводится высокий уровень. Соответственно, при установке триггера ШИМ, на обоих выходах OUA и OUB выводится низкий уровень.

Устройство мягкого старта. Микросхема UC3525 имеет встроенное устройство мягкого старта, для которого требуется только один внешний времязадающий конденсатор, подключаемый к входу CSS (конденсатор CSS). Вход SHD контролирует схему мягкого старта и выходные каскады, обеспечивая немедленное отключение через триггер ШИМ. Подача положительного напряжения на вывод выключения SHD позволяет выполнять две функции:

- ♦ сбросив триггер ШИМ, заблокировать ШИМ сигнал и быстро перевести выходы контроллера в неактивное состояние;
- ♦ начать разрядку внешнего CSS конденсатора.

Внешний конденсатор CSS заряжается током 50 мкА от внутреннего источника тока и разряжается суммарным током 100 мкА через разрядный транзистор. Если команда выключения короткая, ШИМ сигнал завершится без значительной разрядки CSS конденсатора. В этом случае можно достаточно удобно реализовать поцикловое ограничение тока.

Если команда выключения имеет длительность достаточную для разрядки CSS конденсатора, то следующее включение ШИМ контроллера произойдет с замедлением, в режиме «мягкого старта». Вывод SHD не должен оставаться не подключенным, т. к. это может привести к случайным отключениям, что нарушит нормальную работу ШИМ контроллера.

Блокировка понижения напряжения. Устройство мягкого старта также управляется блокировкой от понижения напряжения, которая удерживает выходы выключенными и конденсатор мягкого старта разряженным при пониженном питающем напряжении. Схема блокировки имеет гистерезис величиной примерно 0,5 В, позволяющий устранитьдребезг переключения.

Выходные каскады. Квазикомплементарные выходные каскады позволяют формировать втекающий и вытекающий выходной ток величиной до 0,2 А. В микросхеме UC3525A выходная ступень представляет 4ИЛИ-НЕ логику, дающую низкий пассивный и высокий активный уровни напряжения на выходе.

В табл. 9.3 представлено функциональное назначение и нумерация выводов контроллера UC3525.

Функциональное назначение и нумерация выводов контроллера UC3525

Таблица 9.3

Ножка	Обозначение	Функция
1	IN-	Входы усилителя ошибки
2	IN+	
3	SYN	Вход внешнего сигнала синхронизации
4	OSC	Выход тактового сигнала внутреннего генератора, используемый для синхронизации ведомых контроллеров
5	CT	Выводы подключения конденсатора C_T и резистора R_T , задающих рабочую частоту генератора контроллера
6	RT	
7	DIS	Вывод подключения резистора, программирующего длительность «мертвого времени»
8	CSS	Вывод подключения конденсатора «мягкого старта»
9	CPS	Выход усилителя ошибки
10	SHD	Вывод выключения контроллера, с последующим циклом «мягкого старта»
11	OUA	Выход А контроллера
12	GND	Общий вывод питания контроллера
13	VC	Отдельный вывод питания выходных каскадов контроллера
14	OUB	Выход В контроллера
15	VCC	Вывод питания контроллера
16	VRF	Вывод источника опорного напряжения +518 контроллера

Микросхема UC3845A

Основным производителем ШИМ-контроллера UC3845 является компания Texas Instruments. Однако этот контроллер под созвучными названиями производится многими другими компаниями. Отечественным аналогом этого контроллера яв-

ляется микросхема 1033ЕУ13. Микросхему UC3845 или ее аналоги можно без проблем обнаружить на прилавках любого городского магазина радиодеталей.

Микросхема UC3845 предназначена для использования в различных сетевых источниках питания и DC-DC преобразователях. Ее основные особенности:

- ♦ малый пусковой ток ($< 1 \text{ мА}$);
- ♦ программируемый ток разрядки конденсатора генератора;
- ♦ ограничение тока в каждом импульсе;
- ♦ улучшенные нагрузочные характеристики;
- ♦ блокировка от понижения напряжения, имеющая гистерезис;
- ♦ подавление сдвоенных импульсов;
- ♦ мощный выходной каскад;
- ♦ внутренний источник опорного напряжения;
- ♦ возможность работа на частоте до 500 кГц ;
- ♦ усилитель ошибки с низким выходным сопротивлением.

Микросхема UC3845 содержит все аналоговые и цифровые узлы, необходимые для построения импульсных источников питания, работающих в токовом режиме. Стартовый ток контроллера гарантированно не превышает 1 мА . В течение блокировки от пониженного напряжения, выходной каскад способен потреблять из выходной цепи ток $\geq 10 \text{ мА}$, если напряжение VCC превышает $6,2 \text{ В}$.

На рис. 9.10 показан вариант схмотехнического изображения микросхемы UC3845. На рис. 9.11 показана блок-схема микросхемы ШИМ-контроллера UC3845. В табл. 9.4 представлена нумерация и обозначения выводов микросхемы.

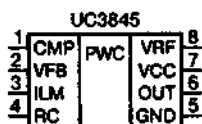


Рис. 9.10. Схмотехническое изображение микросхемы UC3845

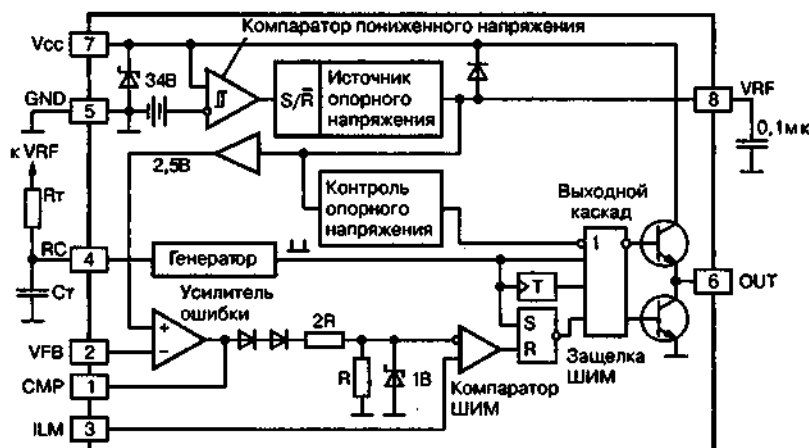


Рис. 9.11. Блок-схема микросхемы ШИМ-контроллера UC3845

Нумерация выводов микросхемы UC3845

Таблица 9.4

Ножка	Обозначение	Функция
1	CMP	Выход усилителя ошибки
2	VFB	Инвертирующий вход усилителя ошибки
3	ILM	Вход компаратора ШИМ
4	RC	Частотоподающий вход
5	GND	Общий вывод
6	OUT	Выход
7	VCC	Напряжение питания
8	VRF	Опорное напряжение

Компаратор пониженного напряжения. Компаратор пониженного напряжения блокирует работу микросхемы UC3845, если ее напряжение питания опустилось ниже допустимого уровня. Компаратор имеет гистерезис срабатывания, благодаря которому исключается возможность беспорядочного включения/выключения микросхемы.

Средний уровень включения компаратора пониженного напряжения составляет 8,4 В, а уровень выключения — 7,6 В.

Если напряжение питания микросхемы превышает уровень включения, то компаратор включается, и высокий уровень

его выхода разрешает работу источника опорного напряжения. После появления опорного напряжения узел контроля опорного напряжения разрешает работу выходного каскада контроллера.

Если напряжение питания микросхемы опустилось ниже уровня выключения, то компаратор выключается, и низкий уровень с его выхода запрещает работу источника опорного напряжения. После этого, посредством узла контроля опорного напряжения, запрещает работы выходного каскада и на выходе OUT фиксируется низкий уровень.

Источник опорного напряжения. Источник опорного напряжения 5 В служит для выполнения нескольких важных функций. Например, это напряжение, деленное пополам (2,5 В) при помощи внутреннего делителя напряжения, прикладывается к не инвертирующему входу усилителя ошибки.

Кроме этого опорное напряжение используется для формирования токов смещения и внутренних порогов, таких как порог генератора и порог ограничения максимального тока (1 В). Источник опорного напряжения имеет внешний вывод VREF, на котором присутствует напряжение 5 В.

Это напряжение может использоваться для различных целей, например для формирования сигнала задания сварочного тока. Ток нагрузки источника опорного напряжения не должен превышать 20 мА. Для нормальной работы источника опорного напряжения к внешнему выводу VREF необходимо подключить керамический конденсатор емкостью 0,1 мкФ. Этот конденсатор располагается на минимально возможном расстоянии от выводов VREF и GND.

Генератор. Генератор позволяет настраивать рабочую частоту ШИМ сигнала и максимальное заполнение импульса, которое для микросхемы UC3845 не может превышать 50%.

Во время работы внешний конденсатор C_t , подключенный к выводу RC, заряжается током, определяемым резистором R_t , который подключен между выводами RC и VREF. После того как напряжение на конденсаторе достигает верхнего порога (при-

мерно 3 В), внутренний триггер генератора переключается и начинается разрядка конденсатора.

Во время разрядки генератор формирует внутренний синхронизирующий импульс, который устанавливает триггер защелки ШИМ и принудительно фиксирует низкий уровень на выходе OUT.

Разрядка конденсатора продолжается до тех пор, пока напряжение на нем не достигнет напряжения (примерно 1,3 В). После этого внутренний триггер генератора возвращается в исходное состояние, при котором начинается новый цикл, и конденсатор снова заряжается.

Микросхема UC3845 имеет встроенный счетный триггер T, который служит для ограничения максимального заполнения импульса на уровне 50%. Поэтому генератор должен работать на частоте в два раза превышающей частоту ШИМ сигнала. Максимальная частота генератора может достигать 500 кГц.

Усилитель ошибки. Усилитель ошибки служит для измерения и компенсации ошибки регулирования выходного напряжения преобразователя, построенного на микросхеме UC3845. Для этого неинвертирующий вход усилителя ошибки связан с внутренним пороговым напряжением 2,5 В.

Это напряжение является опорным и именно с ним сравнивается выходное напряжение преобразователя, которое через соответствующий делитель напряжения подается к инвертирующему входу усилителя ошибки, который подключен к выводу VFB. Это классическая схема использования усилителя ошибки.

Выход усилителя ошибки подключен к внешнему выводу CMP, который используется для подключения различных схем компенсации, позволяющих увеличить устойчивость системы регулирования выходного напряжения преобразователя.

Выходное напряжение усилителя ошибки через цепочку из двух последовательно включенных диодов и через делитель напряжения $2R/R$, поступает на инвертирующий вход компаратора ШИМ.

Компаратор ШИМ. Модулятор ширины импульса, выполненный на компараторе ШИМ, по существу, сравнивает выход усилителя ошибки с выходным напряжением датчика тока. Это не прямое сравнение, т. к. между выходом усилителя ошибки и входом компаратора ШИМ включена цепочка, состоящая из двух диодов и делителя напряжения.

Диодная цепочка создает смещение напряжения, которое позволяет гарантированно получить нулевое заполнение импульса при низком напряжении на выходе усилителя ошибки.

Делитель снижает до допустимого уровня колебания напряжения на выходе усилителя ошибки. Стабилитрон, подключенный к инвертирующему входу компаратора ШИМ, ограничивает максимальное напряжение на этом входе и соответственно максимальный ток преобразователя на уровне, при котором датчик тока выдает напряжение 1 В. Таким образом, осуществляется защита по максимальному току.

Защелка ШИМ. RS-триггер защелки ШИМ используется для формирования ШИМ сигнала. Этот триггер устанавливается импульсом с генератора, который формируется во время разрядки конденсатора C_t и сбрасывается сигналом с компаратора ШИМ, после того как напряжение сигнала поступающего с датчика тока превысит уровень напряжения на инвертирующем входе компаратора ШИМ.

Когда защелка ШИМ установлена, разрешается формирование высокого управляющего уровня на выводе OUT. Когда защелка ШИМ сброшена, на выводе OUT удерживается низкий уровень, близкий к потенциалу общего провода. ШИМ модуляция выходных импульсов микросхемы осуществляется изменением уровня напряжения на инвертирующем входе компаратора ШИМ.

Выходной каскад. Микросхема UC3845 имеет выходной каскад (драйвер), предназначенный для непосредственного управления мощным транзистором однотактного преобразователя.

Для управления MOSFET транзистором выходной каскад способен формировать импульсный управляющий протекающий

и вытекающий ток амплитудой до 1 А. Выходной каскад микросхемы UC3845 также способен управлять биполярным транзистором.

Однако в этом случае средний втекающий и вытекающий ток не должен превышать 0,2 А. Для ограничения величины импульсного или среднего тока между выходом OUT и управляющим электродом транзистора включается резистор. Величина этого резистора определяется по закону Ома делением напряжения питания микросхемы на максимальный ток управления.

При работе выходного каскада на длинную цепь управления или первичную обмотку импульсного трансформатора, потенциал вывода OUT может кратковременно опускаться ниже потенциала общего провода. Этот процесс может привести к сбоям в работе микросхемы, а также к повреждению выходного каскада.



Совет.

Для предотвращения отрицательных выбросов, между выводами OUT и GND микросхемы необходимо включать диод Шоттки, обращенный катодом к выводу OUT.

9.2. Транзисторы

Принцип замены элемента

Целью ремонта является поиск неисправного компонента и его замена. Однако зачастую случается так, что под рукой не оказывается нужного транзистора или диода. И в этом случае возникает необходимо подобрать для него достойную замену. При этом не имеет смысла искать полностью идентичный электронный компонент. Достаточно, чтобы замена была не хуже прототипа по основным параметрам.

MOSFET транзисторы

Рассмотрим основные параметры MOSFET транзисторов:

- ♦ V_{DSS} — (Drain to Source Voltage) — максимальное напряжение сток-исток;
- ♦ V_{GSS} — (Gate to Source Voltage) — максимальное напряжение затвор-исток;
- ♦ I_D — (Continuous Drain Current) — максимальный постоянный ток стока. Обычно этот параметр указывается для температуры 25°C;
- ♦ I_{DM} — (Pulsed Drain Current) — импульсный ток стока. Этот параметр указывается для определенного заполнения и длительности импульса;
- ♦ $R_{DS(on)}$ — (Drain to Source On Resistance) — сопротивление канала сток-исток в открытом состоянии. Этот параметр указывается для определенного напряжения на затворе, как правило 4,5 и 10 В;
- ♦ $V_{GS(th)}$ — (Gate to Source Threshold Voltage) — пороговое напряжение затвор-исток при котором начинает открываться канал сток-исток;
- ♦ P_D — (Power Dissipation) — максимальная рассеиваемая мощность. Обычно этот параметр указывается для температуры 25°C.

В табл. 9.5 сведены характеристики на все MOSFET транзисторы, которые использованы в рассмотренных сварочных источниках.

Параметры MOSFET транзисторов

Таблица 9.5

Тип транзистора	Канал	V_{DSS} , В	V_{GSS} , В	I_D , А	I_{DM} , А	$R_{DS(on)}$, Ом	$V_{GS(th)}$, В	P_D , Вт	Корпус
2SK1157	N	450	±30	7	28	0,6	3,5	60	TO-220AB
2SK1158	N	500	±30	7	28	0,7	3,5	60	TO-220AB
2SK1167	N	450	±30	15	60	0,25	3,5	100	TO-247AC
2SK1168	N	500	±30	15	60	0,3	3,5	100	TO-247AC
2SK2611	N	900	±30	9	27	1,1	3,5	150	TO-247AC
2SK2698	N	500	±30	15	60	0,35	4	150	TO-247AC

Таблица 9.5 (продолжение)

Тип тран- зистора	Канал	V_{DS} , В	V_{GS} , В	I_D , А	I_{DM} , А	$R_{DS(on)}$, Ом	$V_{GS(th)}$, В	P_D , Вт	Корпус
2SK2837	N	500	± 30	20	80	0,21	3,5	150	TO-247AC
IRFPE40	N	800	± 20	5,4	22	2	4	150	TO-247AC
IRFP460	N	500	± 20	20	80	0,27	4	280	TO-247AC
IRF640	N	200	± 20	18	72	0,18	4	125	TO-220AB
IRFZ24	N	60	± 20	17	68	0,1	4	60	TO-220AB
IRF9224	P	-60	± 20	-11	44	0,28	-4	60	TO-220AB

IGBT транзисторы

Рассмотрим основные параметры IGBT транзисторов:

- ♦ V_{CES} — (Collector to Emitter Breakdown Voltage) — максимальное напряжение коллектор-эмиттер;
- ♦ V_{GE} — (Gate to Emitter Voltage) — максимальное напряжение затвор-эмиттер;
- ♦ I_C — (Continuous Collector Current) — максимальный постоянный ток коллектора. Обычно этот параметр указывается для температуры 25°C;
- ♦ I_{CM} — (Pulsed Collector Current) — импульсный ток коллектора. Этот параметр указывается для определенного заполнения и длительности импульса;
- ♦ $V_{CE(on)}$ — (Collector to Emitter Saturation Voltage) — напряжение насыщения коллектор эмиттер в открытом состоянии. Этот параметр указывается для определенного напряжения на затворе, как правило 15 В;
- ♦ $V_{GE(th)}$ — (Gate Threshold Voltage) — пороговое напряжение затвор-эмиттер при котором начинает открываться переход коллектор-эмиттер;
- ♦ P_D — (Power Dissipation) — максимальная рассеиваемая мощность. Обычно этот параметр указывается для температуры 25°C.

В табл. 9.6 сведены характеристики на все IGBT транзисторы, которые использованы в рассмотренных сварочных источниках.

Параметры IGBT транзисторов

Таблица 9.6

Тип транзистора	Канал	V_{GS} , В	V_{DS} , В	I_C , А	I_{CM} , А	$V_{CE(on)}$, В	$V_{GE(th)}$, В	P_D , Вт	Корпус
HGTG20N60A4	N	600	± 20	70	280	1,8	7	290	TO-220AB
HGTG30N60A4	N	600	± 20	75	240	1,8	7	463	TO-247
IRG4PC30U	N	600	± 20	55	220	1,65	6	200	TO-247AC
BSM100GB60DLC	N	600	± 20	130	200	1,95	6,5	445	IGBT-Module
CM150DY-12NF	N	600	± 20	150	300	1,7	7	590	IGBT-Module
DM2G100SH6A	N	600	± 20	125	200	1,95	7	450	IGBT-Module

9.3. Мощные диоды

Рассмотрим основные параметры диодов:

- ♦ V_R — (Cathode to Anode Voltage) — максимальное обратное напряжение на диоде;
- ♦ $I_{F(AV)}$ — (Continuous Forward Current) — максимальный прямой средний ток диода;
- ♦ I_{FSM} — (Single Pulse Forward Current) — максимальный прямой импульсный неповторяющийся ток диода;
- ♦ V_F — (Forward Voltage) — прямое напряжение на диоде;
- ♦ t_{rr} — (Reverse Recovery Time) — время обратного восстановления диода.

В табл. 9.7 сведены характеристики всех мощных диодов, которые использованы в рассмотренных сварочных источниках.

Параметры диодов

Таблица 9.7

Тип диода	V_R , В	I_C , А	I_{FSM} , А	V_F , В	t_{rr} , нс	Корпус
30CPQ150	150	2x15	340	0,93	Schottky	TO-247AC
80EBU02	200	80	800	0,79	35	PowIRtab
150EBU02	200	150	1600	0,79	45	PowIRtab
BYG20G	400	1,5	30	1,4	75	DO-214
BYG20J	600	1,5	30	1,4	75	DO-214
BYT30PI-600	600	30	200	1,8	130	DOP31
BYV54V-200	200	2x50	1000	0,8	60	SOT-227B

Таблица 9.7 (продолжение)

Тип диода	V_R , В	I_O , А	I_{PSM} , А	V_F , В	t_{rr} , нс	Корпус
D20LC20U	200	2x10	150	0,98	35	ITO-3P
D92M-02R	200	2x10	100	0,95	40	ITO-3P
DSEP12-12A	1200	15	90	1,79	40	TO-220AC
F30U60DN	600	2x30	180	2,1	90	TO-220F
FFPF30U60DN	600	2x30	180	2,1	90	TO-220F
HFA50PA60C	600	2x25	225	1,3	23	TO-247AC
MUR860	600	8	100	1,2	60	TO-220AC
RURG3020C	200	2x30	325	0,85	45	TO-247
RHRG30120	1200	30	300	2,6	65	TO-247
RURP860	600	8	100	1,2	60	TO-220AC
STTH3010	1000	30	180	1,8	50	TO-220AC
STTH6003CW	300	2x30	300	1	55	TO-247
US1J	600	1	30	1,7	100	DO-214AC

ПОЛЕЗНЫЕ САМОДЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕМОНТА ИНВЕРТОРОВ

В этой главе приводится нагрузочная таблица балластного реостата и описание самодельного дифференциального осциллографического пробника. Эта информация может оказаться очень полезной при проведении ремонта инверторных сварочных источников в ограниченных условиях.

10.1. Самодельные щупы для осциллографа

В процессе ремонта изделий силовой электроники зачастую возникает необходимость наблюдения «подвешенных» сигналов, например;

- ♦ управляющего напряжения на затворе верхнего транзистора в стойке мостового преобразователя;
- ♦ напряжения на первичной обмотке силового трансформатора, подключенного на выход преобразователя.

Подобные наблюдения можно производить при помощи осциллографа, имеющего гальванически развязанный измерительный канал или при помощи специального дифференциального щупа, который подключается на вход обычного осциллографа.



Примечание.

На данный момент, как первый, так и второй прибор являются достаточно дорогостоящими и обычно не

входят в обычный измерительный набор доступный среднестатистического ремонтника.

Однако при необходимости, вы можете самостоятельно изготовить дифференциальный щуп, который будет достаточно хорош для оценочных измерений.

Практические конструкции двух самодельных дифференциальных щупов были приведены пользователем rwn на интернет-форуме Power Electronics [<http://valvol.flyboard.ru/viewtopic.php?p=10069#10069>]. Каждый из щупов рассчитан на питание от двух шестивольтовых батареек типа 476А.

Принципиальная электрическая схема первого щупа изображена на рис. 10.1. Этот щуп выполнен на высокочастотном операционном усилителе LMH6703 и имеет частотно-компенсированный делитель с коэффициентом деления 1/100. Максимальное входное напряжение щупа 100 В.

Принципиальная электрическая схема второго щупа изображена на рис. 10.2. Этот щуп выполнен на высокочастотном операционном усилителе AD8065 и в оригинале имеет

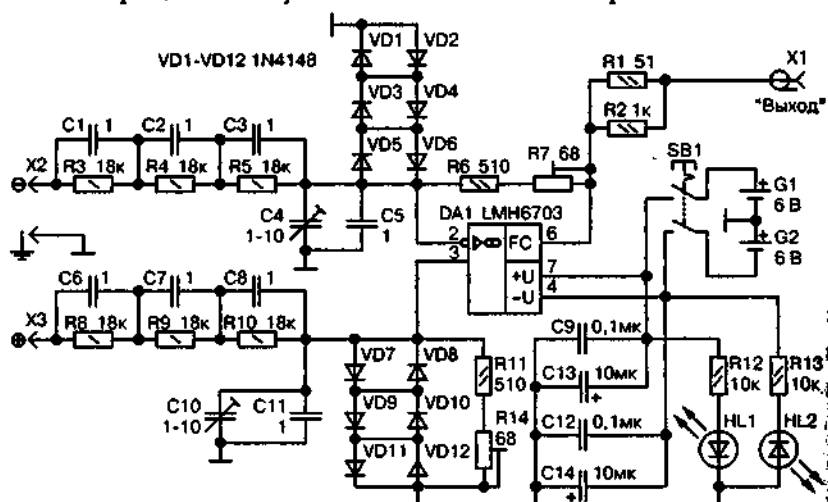


Рис. 10.1. Дифференциальный щуп с коэффициентом деления 1/100

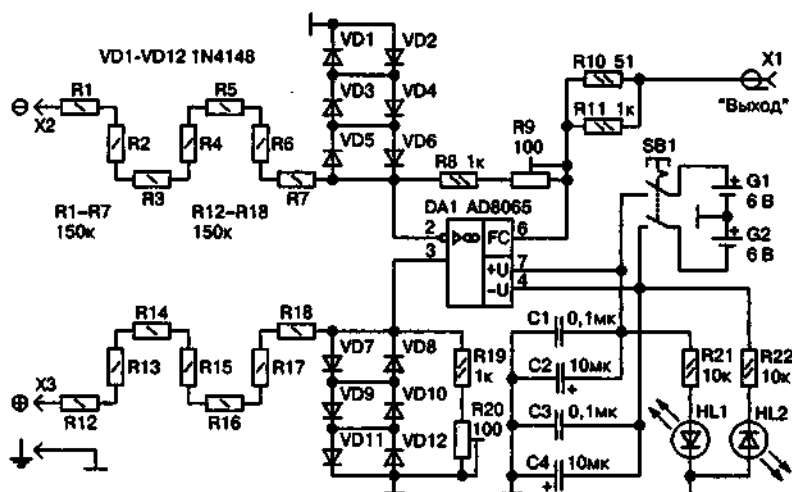


Рис. 10.2. Дифференциальный щуп с коэффициентом деления 1/1000

не компенсированный делитель с коэффициентом деления 1/1000. Максимальное входное напряжение щупа 1000 В.

Оба щупа собираются с использованием SMD-компонентов на плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита. При этом, медная фольга с одной стороны платы остается нетронутой и соединяется с общим проводом щупа, выполняя функцию экрана.



Примечание.

Монтаж должен быть максимально компактным.

Щуп помещается в экранированную коробочку, имеющий размеры, которые, кроме самого щупа, позволят разместить там две батарейки типа 476А. К выходу щупа подключается отрезок коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом, имеющий на конце разъем СР-50.

После сборки щупов их требуется настроить. Настройка щупа с коэффициентом деления 1/100 производится в следующей последовательности.

Шаг 1. Настройка коэффициента передачи канала (-). Для этого закорачиваем вход (+) на общий провод щупа. К выходному разъему щупа подключаем терминатор на 50 Ом. На вход канала (-) относительно общего провода подаем постоянное напряжение 15—20 В, и включаем питание щупа. Подключаем на выход щупа мультиметр и с помощью подстроечного резистора R7 устанавливаем выходное напряжение, которое в 100 раз меньше входного. Т. е. если на входе 15 В, то на выходе должно быть 0,15 В.

Шаг 2. Настройка коэффициента передачи канала (+). Для этого замыкаем входы (+) и (-) между собой и подаем на них 15—20 В постоянного напряжения, относительно общего провода щупа. С помощью подстроечного резистора R14 добиваемся нулевого выходного напряжения.

Шаг 3. Частотная компенсация делителя щупа. На этом этапе щуп необходимо подключить к осциллографу. Сначала настраиваем делитель канала (-). Для этого закорачиваем вход (+) на общий провод щупа и подаем на вход (-) сигнал от генератора прямоугольных импульсов. При помощи подстроечного конденсатора C4 добиваемся идеальной прямоугольности импульсов (без выбросов и завалов).

Завершив настройку канала (-), переходим к каналу (+). Для этого закорачиваем вход (-) на общий провод щупа и подаем на вход (+) сигнал от генератора прямоугольных импульсов. При помощи подстроечного конденсатора C10 добиваемся идеальной прямоугольности импульсов (без выбросов и завалов).



Примечание.

В качестве генератора прямоугольных импульсов можно использовать встроенный калибратор осциллографа или генератор, собранный на быстрой ТТЛ микросхеме. Для этой цели очень хорошо подходит микросхема 531ПГ1.

Настройка щупа с коэффициентом деления 1/1000 производится аналогично, с той лишь разницей, что для этого щупа не производится частотная компенсация и для настройки коэффициента передачи потребуется более высокое напряжение величиной 300—500 В.

10.2. Использование балластного реостата РБ-315 в качестве эквивалента нагрузки

Для проведения испытаний сварочных источников требуется мощная универсальная нагрузка, позволяющая имитировать работу источника на электрическую дугу. В качестве такой нагрузки с большим успехом можно использовать сварочный балластный реостат РБ-315 (рис. 10.3).

В табл. 10.1 приведено сопротивление реостата, а также ток, который им имитируется для различных положений переключателей выбора тока. Считается, что напряжение дуги определяется по формуле $U_d = 20 + 0,04 \times I_d$, где I_d — ток дуги.



Рис. 10.3. Внешний вид балластного реостата РБ-315

Сопротивления, токи и напряжения балластного реостата РБ-315 в режиме нагрузки

Таблица 10.1

Переключатели выбора тока							Сопротивление, Ом	Ток, А	Напряжение, В
6	10	20	40	80	80	80			
Положение переключателей (1 — вкл., 0 — выкл.)							5,00	4,03	20,16
1	0	0	0	0	0	0			
0	1	0	0	0	0	0			
1	1	0	0	0	0	0	3,00	6,76	20,27
1	1	0	0	0	0	0	1,88	10,90	20,44

Таблица 10.1 (продолжение)

Переключатели выбора тока							Сопротивление, Ом	Ток, А	Напряжение, В
6	10	20	40	80	80	80			
Положение переключателей (1 — вкл., 0 — выкл.)									
0	0	1	0	0	0	0			
1	0	1	0	0	0	0	1,15	17,96	20,72
0	1	1	0	0	0	0	1,00	20,83	20,83
1	1	1	0	0	0	0	0,83	25,21	21,01
0	0	0	1	0	0	0	0,75	28,17	21,13
1	0	0	1	0	0	0	0,65	32,67	21,31
0	1	0	1	0	0	0	0,60	35,71	21,43
1	1	0	1	0	0	0	0,54	40,35	21,61
0	0	1	1	0	0	0	0,50	43,48	21,74
1	0	1	1	0	0	0	0,45	48,25	21,93
0	1	1	1	0	0	0	0,43	51,47	22,06
1	1	1	1	0	0	0	0,39	56,38	22,26
0	0	0	0	1	0	0	0,38	59,70	22,39
1	0	0	0	1	0	0	0,35	64,76	22,59
0	1	0	0	1	0	0	0,33	68,18	22,73
1	1	0	0	1	0	0	0,31	73,39	22,94
0	0	1	0	1	0	0	0,30	76,92	23,08
1	0	1	0	1	0	0	0,28	82,30	23,29
0	1	1	0	1	0	0	0,27	85,94	23,44
1	1	1	0	1	0	0	0,26	91,48	23,66
0	0	0	1	1	0	0	0,25	95,24	23,81
1	0	0	1	1	0	0	0,24	100,96	24,04
0	1	0	1	1	0	0	0,23	104,84	24,19
1	1	0	1	1	0	0	0,22	110,75	24,43
0	0	1	1	1	0	0	0,21	114,75	24,59
1	0	1	1	1	0	0	0,21	120,86	24,83
0	1	1	1	1	0	0	0,20	125,00	25,00
1	1	1	1	1	0	0	0,19	131,31	25,25
0	0	0	0	0	1	1	0,19	135,59	25,42
1	0	0	0	0	1	1	0,18	142,12	25,68
0	1	0	0	0	1	1	0,18	146,55	25,86
1	1	0	0	0	1	1	0,17	153,31	26,13
0	0	1	0	0	1	1	0,17	157,89	26,32
1	0	1	0	0	1	1	0,16	164,89	26,60
0	1	1	0	0	1	1	0,16	169,64	26,79
1	1	1	0	0	1	1	0,15	176,90	27,08

Таблица 10.1 (продолжение)

Переключатели выбора тока							Сопротивление, Ом	Ток, А	Напряжение, В
6	10	20	40	80	80	80			
Положение переключателей (1 — вкл., 0 — выкл.)									
0	0	0	1	0	1	1			
1	0	0	1	0	1	1	0,15	181,82	27,27
0	1	0	1	0	1	1	0,15	189,34	27,57
1	1	0	1	0	1	1	0,14	194,44	27,78
0	0	1	1	0	1	1	0,14	202,25	28,09
1	0	1	1	0	1	1	0,14	207,55	28,30
0	1	1	1	0	1	1	0,13	215,65	28,63
1	1	1	1	0	1	1	0,13	221,15	28,85
0	0	0	0	1	1	1	0,13	229,57	29,18
1	0	0	0	1	1	1	0,13	235,29	29,41
0	1	0	0	1	1	1	0,12	244,05	29,76
1	1	0	0	1	1	1	0,12	250,00	30,00
0	0	1	0	1	1	1	0,12	259,11	30,36
1	0	1	0	1	1	1	0,12	265,31	30,61
0	1	1	0	1	1	1	0,11	274,79	30,99
1	1	1	0	1	1	1	0,11	281,25	31,25
0	0	0	1	1	1	1	0,11	291,14	31,65
1	0	0	1	1	1	1	0,11	297,87	31,91
0	1	0	1	1	1	1	0,10	308,19	32,33
1	1	0	1	1	1	1	0,10	315,22	32,61
0	0	1	1	1	1	1	0,10	325,99	33,04
1	0	1	1	1	1	1	0,10	333,33	33,33
0	1	1	1	1	1	1	0,10	344,59	33,78
1	1	1	1	1	1	1	0,10	352,27	34,09
0	0	0	0	0	0	0	0,09	364,06	34,56

1. Основные характеристики источников питания сварочной дуги

Внешняя вольтамперная характеристика источника

Нередко после сварки все пространство вдоль сварочного шва оказывается залепленным каплями металла, удалить которые можно только при помощи зубила и молотка.



Примечание.

Причина кроется в неудачно выбранной внешней характеристике сварочного источника.

Свойства сварочного источника определяются его **внешней вольтамперной характеристикой**. Внешняя вольтамперная характеристика (ВАХ) источника, это функциональная зависимость, показывающая зависимость выходного напряжения источника от тока.

Для снятия внешней характеристики источника необходимо последовательно нагружать сварочный источник статической нагрузкой различной величины и регистрировать выходные ток и напряжение, соответствующие этой нагрузке. По полученным результатам строится графическая зависимость.



Примечание.

В общем случае нагрузочная характеристика имеет нелинейный характер, зависящий от величины нагрузки источника.

Виды внешних характеристик

Обычно внешние характеристики источников питания бывают четырех видов: круто падающая, полого падающая, жесткая и возрастающая. Кроме этого различают статическую и динамическую внешнюю характеристику источника. В установившемся режиме процесс горения дуги определяется статическими характеристиками сварочного источника и сварочной дуги (рис. 1).

Как уже говорилось ранее, при ручной дуговой сварке, процесс протекает на токах соответствующих горизонтальному участку вольтамперной характеристики сварочной дуги. Из-за невозможности стабилизации длины дуги, горизонтальный участок вольтамперной характеристики дуги смещается относительно своего среднего значения. Для обеспечения высокого качества сварных соединений, при этом способе сварки, необходимо соблюдать следующие условия:

- ♦ изменения сварочного тока должны быть минимальными;
- ♦ сила тока короткого замыкания не должна превышать удвоенное значение сварочного тока.

В этом случае создаются благоприятные условия переноса металла с электрода в сварочную ванну, а также сварочный ток незначительно меняется при естественном изменении длины дуги.

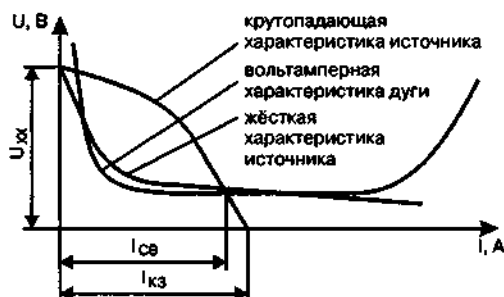


Рис. 1. Семейство вольтамперных характеристик

**Примечание.**

Описанным требованиям в полной мере отвечает крутопадающая характеристика сварочного источника.

Для регулировки сварочного тока, источник должен иметь задатчик тока. При этом напряжение дуги зависит от ее длины и газового состава.

При полуавтоматической сварке в среде защитного газа на больших плотностях тока, соответствующих началу восходящего участка вольтамперной характеристики дуги, для обеспечения саморегулирования сварочного процесса, внешняя характеристика сварочного источника должна быть жесткой и даже возрастающей (при сварке тонкой проволокой).

2. Термины и определения, использованные в книге

В данном разделе перечислены основные термины, использованные в книге [ГОСТ Р МЭК 60974-1-2004].

Статическая внешняя характеристика источника питания — это соотношение между напряжением на зажимах при нагрузке и сварочным током источника питания.

Падающая внешняя характеристика источника питания — это внешняя статическая характеристика, которая в своем нормальном сварочном диапазоне является такой, что при увеличении тока нагрузки напряжение уменьшается более чем на $7 \text{ В}/100 \text{ А}$.

Жесткая внешняя характеристика источника питания — это внешняя статическая характеристика, которая в своем нормальном сварочном диапазоне является такой, что при увеличении тока нагрузки напряжение либо уменьшается менее чем на $7 \text{ В}/100 \text{ А}$ или возрастает менее чем на $10 \text{ В}/100 \text{ А}$.

Сварочная цепь — это цепь, которая включает в себя все проводящие элементы, через которые будет протекать сварочный ток.

Цепь управления — это цепь для оперативного управления источником питания и/или для защиты силовых цепей.

Сварочный ток — это ток, протекающий через сварочную цепь во время сварки.

Напряжение холостого хода (U_{xx}) — это напряжение между выходными зажимами источника питания, за исключением напряжения стабилизации или зажигания дуги при разомкнутой внешней сварочной цепи.

Напряжение на зажимах под нагрузкой — это напряжение между выходными зажимами при подаче тока от источника питания.

Номинальный режим сварки — это режим источника питания при термически стабилизированном состоянии, определяемом номинальным сварочным током и напряжением при работе на номинальной нагрузке, а также номинальном напряжении питающей сети.

Стандартная нагрузка — это практически безындукционная постоянная активная (омическая) нагрузка с коэффициентом мощности не менее 0,99.

Номинальный сварочный ток — это ток источника питания для сварки на стандартную нагрузку при соответствующем номинальном напряжении на нагрузке. Значения тока даются как среднеквадратичные (действующие) значения для переменного тока и среднеарифметические значения для постоянного тока.

Рабочее сварочное напряжение — это напряжение на нагрузке источника питания, определяемое линейными зависимостями от рабочего сварочного тока, в соответствии со способом сварки для которого предназначен источник питания. Значения тока даются как среднеквадратичные (действующие) значения для переменного тока и среднеарифметические значения для постоянного тока.

Номинальное значение — это количественная величина, устанавливаемая изготовителем для номинального рабочего режима изделия, устройства или оборудования.

Номинальные характеристики — это набор номинальных величин и рабочих режимов источника питания.

Номинальная мощность — это номинальное значение отдаваемой мощности источника питания исходя из номинального рабочего тока и напряжения.

Максимально допустимый сварочный ток — это максимальное значение сварочного тока, которое можно получить в режиме сварки от источника питания при его регулировке на допустимый максимальный режим.

Минимально допустимый сварочный ток — это минимальное значение сварочного тока, которое можно получить в режиме сварки от источника питания при его регулировании на минимальный режим.

Номинальное напряжение холостого хода — это напряжение холостого хода, измеренное при номинальном напряжении питающей сети. Если источник питания для сварки оснащен устройством снижения величины напряжения холостого хода, то это напряжение, замеренное до срабатывания этого устройства.

Номинальное напряжение питания — это среднеквадратичное значение входного напряжения, на которое рассчитан источник питания для сварки.

Номинальный ток питания — это среднеквадратичное значение первичного тока, на которое рассчитан источник питания при номинальном сварочном режиме.

Номинальный ток холостого хода первичной цепи — это первичный ток источника питания при номинальном напряжении холостого хода.

Максимально допустимый ток питания — это максимальное значение первичного тока источника питания.

Превышение температуры — это разность между температурой частей источника питания и температурой окружающего воздуха.

Тепловое равновесие — это состояние, достигаемое в случае, если возрастание температуры любой части источника питания не превышает 2°C в течение 1 ч.

Тепловая защита — это система, предназначенная для защиты части, а возможно, и всего источника питания от чрезмерных превышений температуры. Тепловая защита должна иметь способность возврата (ручную или автоматическую), если температура падает до допустимых значений.

Продолжительность нагрузки ПН — это отношение продолжительности работы под нагрузкой к продолжительности полного цикла работы. Это отношение, находящееся в пределах от 0 до 1, может выражаться в процентах. Например, при продолжительности одного полного цикла работы 10 мин и ПН 60 % время непрерывной нагрузки составляет 6 мин, а период холостого хода — 4 мин.

Продолжительность включения ПВ — отношение продолжительности работы под нагрузкой к продолжительности полного цикла работы. Это отношение, находящееся в пределах от 0 до 1, может выражаться в процентах. Например, при продолжительности одного полного цикла работы 10 мин и ПВ 60 % время непрерывной нагрузки составляет 6 мин, а период отключенного состояния — 4 мин.



Примечание.

Длительность цикла работы при перемежающемся и повторно-кратковременном режимах составляет 5 мин для источников ручной дуговой сварки и 10 мин для источников механизированной сварки.

ОБЗОР РЕСУРСОВ СЕТИ ИНТЕРНЕТ ПО СВАРОЧНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ И ЕГО РЕМОНТУ

Сайты производителей сварочного оборудования СНГ

http://www.kzeso.com	КЗЭСО — Каховский завод сварочного оборудования
http://www.electric.spb.ru	Завод «Электрик» (Санкт-Петербург)
http://www.esva.ru	ЭСВА — Завод электросварочного оборудования (Калининград)
http://www.selma.ua	Фирма СЭЛМА (Симферополь)
http://www.tvset.com.ua	ГНПП «Объединение Коммунар» (Харьков)
http://www.artem.ua	ГАХК «АРТЕМ» (Киев)
http://www.uraltermosvar.ru	ЗАО «Уралтермосвар» (Екатеринбург)
http://tehnotron.ru	НПП ТЕХНОТРОН (Чебоксары)
http://www.pskovelectrosvar.ru	ЗАО Псковэлектросвар (Псков)
http://www.torus.ru	Производственная компания ТОР (Москва)
http://www.zavod-vto.ru	ПКП Завод Высокотехнологичного оборудования (Ульяновск)
http://www.electrotermosvar.ru	ОАО Электротермосвар (Москва)

Сайты зарубежных производителей сварочного оборудования

http://www.cemont.com	Компания CEMONT (Италия)
http://www.telwin.com	Компания TELWIN (Италия)
http://www.triodyn.com	Компания TRIODYN (Чехия)
http://www.hypertherm.com	Компания HyperTherm (США)
http://www.gys.fr	Компания GYS (Франция)
http://www.lincolnelectric.com	Компания LINCOLN ELECTRIC (США)
http://www.esab.com	Компания ESAB (Швеция)
http://www.blueweld.com	Компания BLUE WELD

http://www.decaweld.com	Компания DECA (Италия)
http://www.cloos.de	Компания CLOOS (Германия)
http://www.merkle.de	Компания MERKLE (Германия)
http://www.tbi-industries.com	Компания TBI (Германия)
http://www.kemppi.com	Компания KEMPPi (Финляндия)
http://www.thermadyne.com	Корпорация Thermal Dynamics (США)
http://store.weldingdepot.com	Компания WeldigDepot
http://www.fronius.com	Компания FRONIUS
http://www.sonscn.com	Компания SONSCN (Китай)

Организации и периодические издания СНГ

http://www.naks.ru	Национальная Ассоциация Контроля и Сварки (Россия)
http://www.ruswelding.org	Институт сварки России
http://www.paton.kiev.ua	Институт электросварки имени Е.О.Патона (Киев)
http://www.et.ua/welder	Информационно-технический журнал «Сварщик» (Киев)
http://www.welder.ru	Производственно-технический журнал «Сварщик» (Россия)

Зарубежные организации и периодические издания

http://www.amweld.com	Американское сварочное общество
http://www.twi.co.uk	Британский институт сварки TWI
http://www.wtia.com.au	Австралийский институт сварки
http://www.bil-ibs.be	Бельгийский институт сварки
http://www.ewf.be	Европейская федерация сварки
http://www.cesof.es	Испанская ассоциация сварки и технологий соединения материалов
http://www.iis.it	Итальянский институт сварки
http://www.iitw-iis.org	Международный институт сварки
http://www.dvs-ev.de	Немецкое сварочное общество
http://www.nil.nl	Нидерландский институт сварки
http://www.hera.co.nz/nziw	Новозеландский институт сварки
http://www.is.gliwice.pl	Польский институт сварки
http://www.ewi.org	Эдисоновский институт сварки (США)
http://www.wsoc.nii.ac.jp/jws	Японское сварочное общество

Различные ресурсы, посвященные сварочной тематике

http://valvolodin.narod.ru	Современные сварочные аппараты своими руками
http://welding.at.ua	Современная сварки и технологии
http://www.svarbazar.cz	Чешский сайт Svarbazar
http://www.weldstar.narod.ru	Сайт WeldStar
http://websvarka.ru	Рынок сварочной техники
http://sg-sg.chat.ru/central.html	Сайт Сергея Годыны

Уважаемые господа! **Книги издательства «Наука и Техника»**

**Вы можете заказать наложенным платежом
в нашем интернет-магазине**

www.nit.com.ru,

а также приобрести

➤ в крупнейших магазинах г. Москвы:

Т Д «БИБЛИО-ГЛОБУС» тел. (495) 781-19-00, 624-46-80	ул. Мясницкая, д. 6/3, стр. 1, ст. М «Лубянка»
Московский Дом Книги, «ДК на Новом Арбате»	ул.Новый Арбат, 8, ст. М «Арбатская», тел. (495) 789-35-91
Московский Дом Книги, технической книги»	Ленинский пр., д.40, ст. М «Ленинский пр.», «Дом тел. (499) 137-60-19
Московский Дом Книги, «Дом медицинской книги»	Комсомольский пр., д. 25, ст. М «Фрунзенская», тел. (499) 245-39-27
Дом книги «Молодая гвардия»	ул. Б. Полянка, д. 28, стр. 1, ст. М «Полянка» тел. (499) 238-50-01
Сеть магазинов «Новый книжный»	тел. (495) 937-85-81, (499) 177-22-11

➤ в крупнейших магазинах г. Санкт-Петербурга:

Санкт-Петербургский Дом Книги	Невский пр. 28 тел. (812) 448-23-57
«Энергия»	Московский пр. 57 тел. (812) 373-01-47
«Аристотель»	ул. А. Дундича 36, корп. 1 тел. (812) 778-00-95
Сеть магазинов «Книжный Дом»	тел. (812) 559-98-28

➤ в регионах России:

г. Воронеж, пл. Ленина д. 4	«Амитель»	(4732) 24-24-90
г. Екатеринбург, ул. Антона Валека д. 12	«Дом книги»	(343) 253-50-10
г. Екатеринбург	Сеть магазинов «100 000 книг на Декабристов»	(343) 353-09-40
г. Нижний Новгород, ул. Советская д. 14	«Дом книги»	(831) 277-52-07
г. Смоленск, ул. Октябрьской революции д. 13	«Кругозор»	(4812) 65-86-65
г. Челябинск, ул. Монакова, д. 31	«Техническая книга»	(904) 972 50 04
г. Хабаровск	Сеть книжно-канцелярских магазинов фирмы «Мирс»	(4212) 26-87-30

➤ и на Украине (оптом и в розницу) через представительство издательства

**г. Киев, ул. Курчатова 9/21, «Наука и Техника», ст. М «Лесная»
(044) 516-38-66**

e-mail: nits@voliacable.com, nitkiev@gmail.com

Мы рады сотрудничеству с Вами!