

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Список сокращений .....	5
Меры безопасности .....	6
Предостережение о мерах личной безопасности .....	8
<b>Глава 1. Импульсные источники питания бытовой и специальной радиоаппаратуры.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. Принципы схемотехники импульсных источников питания.....</b>	<b>10</b>
1.1.1. Схемотехника цепей ИИП.....	11
1.1.2. Варианты схемотехники вторичных цепей ИИП.....	12
1.1.3. Особенности двухполупериодных схем выпрямителей.....	15
1.1.4. Выпрямитель и фильтр напряжения.....	18
<b>1.2. Схемотехника защиты и формирования служебных сигналов .....</b>	<b>20</b>
1.2.1. Практические примеры схемотехники защиты ИИП.....	21
1.2.2. Формирование и контроль импульсов для схемы защиты .....	25
1.2.3. Организация контроля длительности импульсов управления.....	34
1.2.4. Работа устройства в режиме перегрузки.....	35
1.2.5. Особенности схемотехники компаратора.....	43
1.2.6. Схемы формирования сигнала POWERGOOD.....	50
<b>1.3. Рекомендации по выявлению неисправностей ИИП....</b>	<b>57</b>
1.3.1. Проверка каскада ШИМ-преобразователя.....	57
1.3.2. Безопасная проверка функционирования силового каскада .....	59
1.3.3. Завершающий этап проверки ИИП.....	60
1.3.4. Анализ и способы локализации часто встречающихся неисправностей ИИП .....	62
1.3.5. Особенные неисправности ИИП.....	69
<b>Глава 2. Современные возможности конструирования и схемотехники ИИП.....</b>	<b>71</b>
<b>2.1. Автогенераторные каскады ВЧ-преобразователей.....</b>	<b>74</b>
<b>2.2. Типовые схемы усилителей мощности в ИИП.....</b>	<b>76</b>
<b>2.3. Схемотехника ИИП с несколькими выходными напряжениями для разной токовой нагрузки .....</b>	<b>79</b>

<b>2.4. Методы стабилизации напряжения в ИИП .....</b>	<b>88</b>
Пример оптронного стабилизатора для преобразователя напряжения .....	91
<b>2.5. Стабилизаторы напряжения для альтернативных источников электропитания.....</b>	<b>92</b>
2.5.1. Проверка устройства и подготовка к работе.....	95
2.5.2. Возможные неисправности.....	96
<b>2.6. Соединение преобразователей и ИИП в параллельной электрической схеме .....</b>	<b>96</b>
2.6.1. Особенности электрической цепи при параллельном соединении .....	101
2.6.2. Технологическая схема подключения однофазного стабилизатора .....	102
2.6.3. Схема подключения трехфазного стабилизатора.....	103
2.6.4. Контрольно-измерительные приборы и защита от короткого замыкания.....	104
2.6.5. Модели с расширенным диапазоном стабилизации .....	104
<b>2.7. Преобразователи напряжения для альтернативных источников питания .....</b>	<b>108</b>
<hr/>	
<b>Глава 3. Особенности ИИП-преобразователей электроэнергии для нетрадиционных источников питания.....</b>	<b>113</b>
<b>3.1. ИИП-преобразователи, реализованные     на повышенной частоте .....</b>	<b>115</b>
3.1.1. Принцип работы схем управления преобразователей напряжения .....	117
3.1.2. Элементы против помех.....	127
<hr/>	
<b>Глава 4. Импортозамещение элементов для конструирования и ремонта ИИП .....</b>	<b>129</b>
<b>4.1. Импортозамещение элементов в транзисторном     секторе .....</b>	<b>130</b>
<b>4.2. Параметры серийных биполярных транзисторов .....</b>	<b>134</b>
<b>4.3. Мощные полевые транзисторы для ИИП .....</b>	<b>137</b>
<b>4.4. Выбор оксидного конденсатора для ИИП .....</b>	<b>139</b>
<hr/>	
<b>Литература .....</b>	<b>144</b>
Справочный материал из каталогов .....	145

# СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

---

АВИ – автогенераторный вспомогательный источник

БП – бестрансформаторный преобразователь

ВЧ – высокая частота, высокочастотный

ИБП – импульсный блок питания

ИИП – импульсный источник питания

ИОН – источник опорного напряжения

КЗ – короткое замыкание

КПД – коэффициент полезного действия

КС – каскад сопряжения

НЧ – низкая частота, низкочастотный

ПК – персональный компьютер

ПН – преобразователь напряжения

СИП – схема измерения перенапряжения

СК – согласующий каскад

УМ – усилитель мощности

ФПН – формирователь пилообразного напряжения

ЧИМ – частотно-импульсная модуляция

ШИМ – широтно-импульсная модуляция

ЭДС – электродвижущая сила

# МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

---

Выполняя работы по конструированию или ремонту электронной техники, вы должны всегда помнить несложные правила безопасности.

Знание основных правил позволяет организовать свою работу так, чтобы исключить либо свести к минимуму воздействие неблагоприятных факторов на себя и окружающих.

Работа с электричеством опасна тем, что оно не действует на органы чувств до момента соприкосновения с токоведущими проводниками и контактами. Это затрудняет дистанционное обнаружение опасности.

Прежде всего нужно соблюдать особую осторожность при работе с электричеством, горючими и легковоспламеняющимися жидкостями, кислотами и щелочами, иными токсичными веществами. Эти правила, по сути, знает любой школьник и, конечно же, специалист, обслуживающий импульсные источники электропитания. Но поскольку время от времени происходят трагедии из-за пренебрежения этими правилами, считаю нелишним напомнить основные требования техники безопасности.

Электрическое напряжение свыше 40 В опасно для жизни. Степень поражения зависит от пути прохождения электрического тока через тело человека и от силы тока, особенно той его части, которая проходит через сердце. Наиболее опасны пути тока «рука – нога» и «рука – рука». Поэтому при настройке радиоаппаратуры и поиске неисправностей старайтесь работать одной рукой во избежание прикосновения к токоведущим частям обеими руками. Особую осторожность необходимо соблюдать, когда электронное устройство преобразователя напряжения конструктивно собрано и эксплуатируется по бестрансформаторной схеме, с помощью импульсного преобразователя или через автотрансформатор. В этом случае выход даже низковольтного источника вторичного питания может оказаться под напряжением сети относительно «земли». Важно изолировать себя от «земли», чтобы исключить поражение электрическим током при случайном прикосновении к элементам устройства или его общей шине (общему проводу).

Монтажные работы следует производить вдали от заземляющих конструкций (водопроводных труб, радиаторов отопления) или при-

нять необходимые меры, чтобы исключить случайное прикосновение к ним.

Заменять вышедшие из строя или «подозрительные» детали следует только после полного верифицируемого отключения устройства от сети.

Нельзя проверять исправность предохранителей в устройстве импульсного преобразователя напряжения, включенного в сеть, путем их замыкания.

Следует помнить, что переутомление, опьянение, повышенная потливость, сердечные и нервные заболевания при прочих равных условиях создают повышенную опасность тяжелого поражения электрическим током. Поэтому занимайтесь любимым делом, отдохнув, с воодушевлением (на то оно и любимое), и в хорошем настроении.

И все у вас получится.

# ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ О МЕРАХ ЛИЧНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

---

Перед выполнением регулировочных операций под напряжением необходимо принять следующие меры предосторожности:

1. Установить разделительный трансформатор в цепи питания переменного тока.
2. Убедиться, что сетевое напряжение в пределах  $\sim 230 \text{ В} \pm 10\%$ , 50 Гц.
3. Перед подключением сетевой вилки убедиться, что кнопка включения устройства находится в положении «выключено».

Категорически запрещается во время проведения регулировочных и ремонтных работ непосредственно на печатных или монтажных платах «разрывать» или «замыкать» какие-либо элементы в электрической цепи при включенном в сеть источнике питания, а также работать в состоянии алкогольного или иного опьянения.

Всегда помните, что вы еще нужны вашим детям!

# 1 ИМПУЛЬСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ БЫТОВОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ РАДИОАППАРАТУРЫ

<b>2</b>	Современные возможности конструирования и схемотехники ИИП	71
<b>3</b>	Особенности ИИП преобразователей электроэнергии для нетрадиционных источников питания	113
<b>4</b>	Импортозамещение элементов для конструирования и ремонта ИИП	129

## 1.1. Принципы схемотехники импульсных источников питания

Каждое электронное устройство оснащено источником электропитания. Специфика исполнения источника и его технические параметры определяются общесистемными требованиями к устройству в целом и условиями его эксплуатации. В общем случае источники вторичного электропитания – это преобразователи первичной энергии в энергию, пригодную для работы устройства, наделенного определенными пользовательскими функциями. Дополнительной, часто, безусловно, необходимой функцией источника электропитания может быть обеспечение гальванической развязки между источником первичного напряжения и нагрузочными цепями.

Тип приборов под общим названием «источники питания» объединяет множество устройств. К их числу относятся как простые, на первый взгляд, электрохимические элементы с заданными характеристиками для переносных приборов, так и достаточно сложные, стационарные преобразователи энергии. Последние выполнены на основе узлов, способных осуществлять различные виды подстроек и регулировок для защиты от внешних и внутренних дестабилизирующих факторов.

Качество работы и временная стабильность параметров источника питания зачастую являются определяющими факторами работоспособности прибора в целом; в данной книге этому важному вопросу посвящен специальный раздел. Именно поэтому при проверке технических характеристик того или иного устройства источнику питания следует уделять особое внимание.

В XXI веке уже произошла замена традиционных источников питания стационарного оборудования на основе силовых трансформаторов, функционирующих на частоте питающей сети, импульсных источников питания, или так называемых бестрансформаторных преобразователей первичного сетевого напряжения. Принцип их действия основан на преобразовании исходного первичного напряжения низкой частоты (десятки герц) питающей промышленной сети в более высокочастотные колебания (несколько десятков килогерц) с последующей трансформацией. Сегодня преобразователи подобного типа составляют большинство источников вторичного электропитания устройств как бытового, так и промышленного назначения.



### **1.1.1. Схемотехника цепей ИИП**

Переход на использование преимущественно импульсных источников питания обусловлен рядом технических и экономических факторов, наиболее важными из которых являются следующие:

- источники бестрансформаторного питания мощностью до 1000 Вт имеют существенно более высокие массогабаритные характеристики по сравнению с аналогами, изготовленными на основе сетевых трансформаторов;
- обмотки трансформаторов ВЧ-колебаний ИБП имеют более высокую плотность тока, при их изготовлении используется гораздо меньше цветного металла, что приводит к снижению затрат на производство и на исходные материалы;
- высокая индукция насыщения и малые удельные потери материалов сердечников ВЧ-трансформаторов позволяют создавать ИБП с общим КПД, превышающим 80%, что в обычных источниках почти недостижимо;
- широкие возможности по автоматической регулировке номиналов выходных вторичных напряжений посредством воздействия на первичные цепи ВЧ-преобразователя.

Рассмотрим несколько примеров структурных схем построения ИИП в сети 220 В, 50 Гц.

Блок-схема электронных узлов импульсного источника питания с несколькими выходными напряжениями представлена на рис. 1.1.

Выпрямленное, отфильтрованное и стабилизированное напряжение подается в нагрузку с выхода вторичных цепей источника питания. В импульсных источниках для бытовой радиоаппаратуры во вторичной цепи формируются четыре номинала постоянных напряжений и особый служебный сигнал «питание в норме». Мы рассмотрим его в следующих разделах. Оригинальное наименование этого сигнала – POWERGOOD, или сокращенно PG.

Значения вторичных напряжений и допустимые уровни их возможных отклонений от номиналов приведены выше. Вторичные каналы обладают различной токовой нагрузочной способностью. Самая большая нагрузка падает на вторичный канал напряжения +5 В. При этом максимально возможный ток по каналу зависит от общей мощности источника питания.

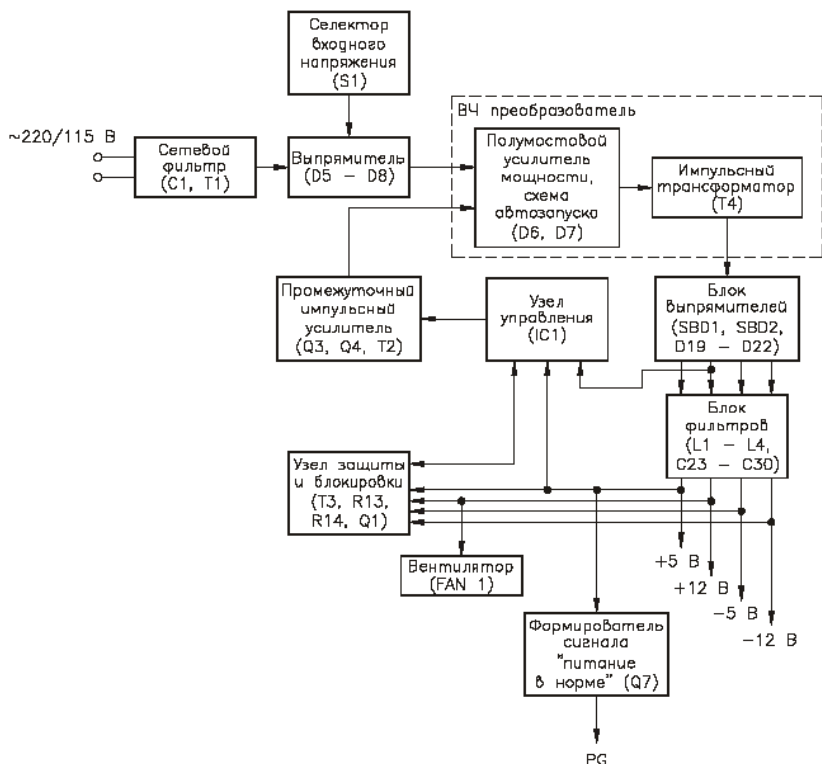


Рис. 1.1. Блок-схема электронных узлов ИИП

### 1.1.2. Варианты схемотехники вторичных цепей ИИП

В предельных режимах эксплуатации источника питания токовая нагрузка по каналу «+5 В» имеет значение, когда ток измеряется в десятках ампер. На выпрямительных элементах в этом случае происходит выделение значительной тепловой мощности.

Для повышения общего КПД источника и улучшения работы его теплового режима в импульсных преобразователях применяются матрицы на основе диодов Шоттки.

Эти диоды обладают улучшенными импульсными рабочими характеристиками, что способствует снижению временного интервала нахождения обоих выпрямительных диодов в проводящем состо-

нии во время изменения полярности импульсного напряжения. Прямое падение напряжения на них не выше 0,6 В.

Параллельно каждому из диодов в сборке SBD1 подключены демпфирующие RC-цепочки, снижающие уровень паразитных колебаний, возникающих на фронтах импульсов. К выводам обмоток W4 и W5 трансформатора подключен пропорционально интегрирующий фильтр на элементах R33 и C21. В схеме выпрямителей каналов +12 В и -12 В применяются обычные диоды с улучшенными импульсными характеристиками. С помощью пропорционально интегрирующего фильтра R33, C21 происходит «затягивание» фронтов импульсов и создаются более благоприятные условия для переключения диодов как в сборке SBD2, так и диодов D21 и D22. В течение увеличенного фронта импульса происходит восстановление полного обратного сопротивления диодов.

К выходу стабилизированного напряжения +12 В подключен вентилятор блока питания, используемый для охлаждения металлических радиаторов, на которых установлены силовые транзисторы Q5, Q6 и диодные сборки выпрямителей SBD1 и SBD2. На общем теплоотводе-радиаторе могут устанавливаться элементы с различными напряжениями на корпусе. Поэтому все компоненты крепятся на радиаторах через электроизолирующие теплопроводящие прокладки.

Для улучшения теплового контакта с радиатором дополнительно применяется теплопроводящая паста, изготовленная на основе кремнийорганических соединений.

С точки соединения катодов диодов сборки SBD2, выхода выпрямителя канала +12 В, снимается импульсное напряжение, и через диод D18 подается на емкостный фильтр на элементах C17, C18 и R31. Выход этого фильтра соединяется с выводом IC1/12 внутреннего питания микросхемы ШИМ-преобразователя.

Представленное схемотехническое решение (см. рис. 1.2) реализации вторичных цепей импульсных источников питания не является единственным.

Разнообразие наблюдается в выполнении схем выпрямителей и в использовании дополнительных интегральных стабилизаторов для поддержания постоянного уровня напряжения в каналах с наименьшей токовой нагрузкой. Дополнительные стабилизаторы устанавливаются в канале -5 В.

На рис. 1.2 представлен вариант принципиальной схемы вторичной цепи импульсного источника питания.

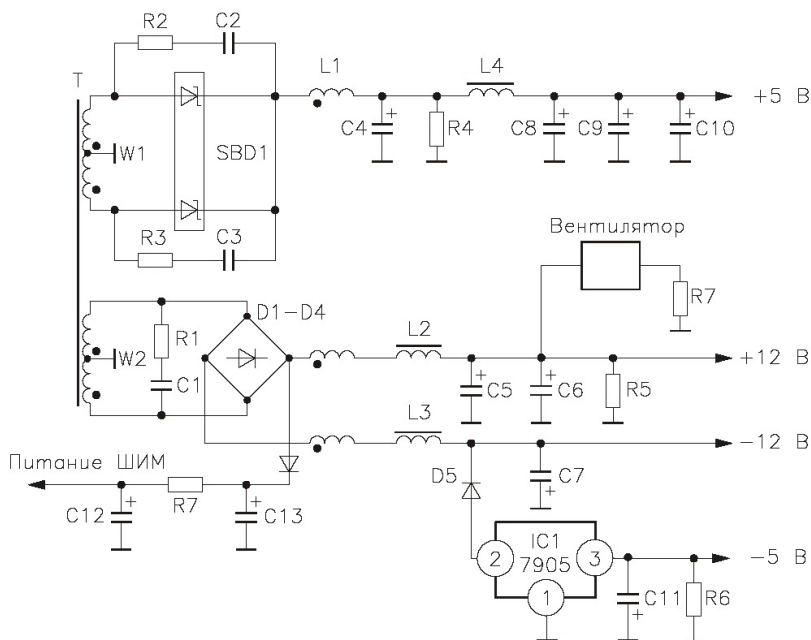


Рис. 1.2. Другой вариант электрической схемы вторичной цепи ИИП

Схема имеет ряд особенностей, по сравнению с рассмотренной выше. Вторичная цепь также содержит две вторичные обмотки  $W1$  и  $W2$  трансформатора  $T$ . Средняя точка каждой из них соединена с общим проводом вторичной цепи. Обмотка  $W1$  полностью используется только для формирования напряжения  $+5$  В. Остальные вторичные напряжения получают после выпрямления и преобразования исходного импульсного напряжения обмотки  $W2$ . Причем фильтрация отрицательных напряжений производится общей цепью Г-образного индуктивно-емкостного фильтра на элементах  $L1$ ,  $L3$ ,  $C7$ .

Для обеспечения групповой стабилизации вторичных напряжений в схему фильтра введен дроссель  $L1$ , который содержит три обмотки, намотанные в одном направлении на общем магнитопроводе.

Две обмотки дросселя  $L1$  включены в цепи фильтрации напряжений  $+5$  и  $+12$  В, третья – в цепь сглаживающего фильтра отрицательных напряжений.

В канале фильтрации напряжения  $+5$  В использованы два последовательно соединенных Г-образных фильтра. Первый включает в