Серия «Ремонт и обслуживание»

КУЛИЧКОВ А. В.

Выпуск 22

Импульсные блоки питания для IBM PC

ДМК издательство
Москва

ББК 32.844
К90

Куличков А. В.
К90 Импульсные блоки питания для IBM PC. – М.: ДМК пресс, – 120 с.: ил. (Ремонт и обслуживание; Вып. 22).

ISBN 5-89818-075-3

Книга посвящена вопросам ремонта и обслуживания импульсных источников вторичного электропитания, которые используются практически во всем современном импортном и отечественном радиоэлектронном оборудовании.

В книге рассмотрены теоретические вопросы проектирования и расчета импульсных источников питания, подробно описаны основы их схемотехники и принципы функционирования. Описываются различные способы стабилизации выходных напряжений, способы защиты источников питания от перегрузок во вторичных цепях, а также рассматриваются способы отключения источников питания при повышении выходных напряжений выше установленных пределов.

В качестве примеров рассмотрены источники питания современных компьютеров AT и ATX форм-факторов. В соответствующих разделах рассмотрены типовые неисправности и методы их поиска и устранения.

Книга предназначена для специалистов, занимающихся ремонтом и обслуживанием вычислительной техники и другой радиоэлектронной аппаратуры с импульсными источниками вторичного электропитания, подготовленных радиолюбителей и студентов высших и средних специальных учебных заведений.

ББК 32.844

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность наличия технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможный ущерб любого вида, связанный с применением или неприменимостью любых материалов данной книги.

ISBN 5-89818-075-3

© ДМК пресс

Содержание

Предисловие ... 5
Список сокращений ... 7
ГЛАВА 1
Введение в схемотехнику импульсных источников питания ... 8
1.1. Структурные схемы импульсных источников питания ... 9
1.2. Принципы построения бестрансформаторных источников питания ... 10
1.2.1. Автогенераторные каскады ВЧ преобразователей ... 11
1.2.2. Методы стабилизации напряжения в импульсных преобразователях напряжения ... 18
1.2.3. Основные схемы транзисторных усилителей мощности ... 22
ГЛАВА 2
Импульсный источник вторичного электропитания конструктива ATX фирмы DTK ... 24
2.1. Основные технические характеристики ... 25
2.2. Конструкция блока питания ... 26
2.3. Структурная схема ... 27
2.4. Принципиальная схема ... 29
2.4.1. Автогенераторный вспомогательный источник ... 32
2.4.2. ШИМ регулятор ... 36
2.4.3. Импульсный усилитель мощности ... 43
2.4.4. Вторичные цепи источника питания ... 47
2.4.5. Цепи защиты и цепи формирования служебных сигналов ... 54
2.5. Проведение работ с блоками питания конструктива ATX ... 57
2.5.1. Проверка каскада ШИМ преобразователя ... 60
2.5.2. Безопасная проверка функционирования силового каскада ... 61
2.5.3. Заключительная проверка блока питания ... 61
2.6. Основные неисправности, методы их поиска и устранения ... 62
ГЛАВА 3
Импульсные источники питания персональных компьютеров типа AT/XT ... 66
3.1. Основные технические характеристики ... 67
3.2. Конструкция блока питания ... 68
3.3. Структурная схема ... 69
3.4. Принципиальная схема ... 71
3.4.1. ШИМ преобразователь ... 75
3.4.2. Импульсный усилитель мощности ... 83
3.4.3. Вторичные цепи источника питания ... 89
3.4.4. Цепи защиты и цепи формирования служебных сигналов ... 92

3.5. Проведение работ с блоками питания компьютеров класса AT/XT 108
3.5.1. Проверка каскада ШИМ преобразователя 109
3.5.2. Безопасная проверка функционирования силового каскада 110
3.5.3. Заключительная проверка блока питания 110
3.6. Основные неисправности, методы их поиска и устранения 111

ПРИЛОЖЕНИЕ

Элементная база для замены радиодеталей 115

Предисловие

До недавнего времени в отечественной литературе уделялось недостаточное внимание публикациям, в которых описывались способы ремонта конкретных электронных устройств. Исключение составляли журнал «Радио» и книги серии «Массовая радиобиблиотека», однако даже в этих книгах и статьях основная часть материалов была посвящена работе узлов, непосредственно связанных с исполнением потребительских функций. Источники питания в большинстве таких устройств были выполнены по однотипным схемам, и принцип их действия был достаточно простым. С развитием электронной техники появилось много новых видов радиоэлектронных приборов бытового назначения, предназначенных для повседневного использования. За этот период произошла существенная модернизация отдельных узлов и, в частности, источников вторичного электропитания. Во многих моделях современного импортного и отечественного радиоэлектронного оборудования в качестве источников вторичного электропитания теперь используются экономичные импульсные преобразователи энергии первичной сети. Источники питания такого рода широко применяются и в современных персональных компьютерах.

В предлагаемой читателю книге подробно рассмотрены принципы действия импульсных источников вторичного электропитания, варианты их структурных и принципиальных схем, а также даны основные расчетные соотношения, необходимые при проектировании аппаратуры подобного типа. Кроме того, в книге детально описаны реальные импульсные источники питания, применяемые в современных компьютерах типа IBM PC XT/AT и ATX форм-факторов, а также приведены характерные неисправности источников питания компьютеров, методы их поиска и устранения.

Несмотря на постоянное совершенствование электронных устройств и повышение их надежности, техника тем не менее нуждается в ремонте, причем выполнение подобных работ требует все более квалифицированного подхода. Методика устранения возникающих неисправностей определяется характером отказа прибора и может быть произведена либо путем замены отдельных элементов, либо целых блоков (это экономит и финансы, и время). Данная книга как раз предназначена для тех, кто хочет, во-первых, квалифицированно и самостоятельно, с минимальными затратами, справиться с возникшими неполадками и, во-вторых, удовлетворить профессиональное любопытство и расширить свои знания в области схемотехники современных импульсных бестрансформаторных источников питания.

Ремонт может быть осуществлен в разных местах и различными способами:

- в специализированных мастерских при наличии полного комплекта оригинальных запасных частей, тестирующего оборудования и стендов;
- квалифицированными специалистами с выездом к заказчику;
- самостоятельно, если вы обладаете необходимыми знаниями и имеете возможность приобретать комплектующие части для замены.

Как уже было сказано выше, книга рассчитана на специалистов, занимающихся ремонтом радиоэлектронного оборудования и ПК, радиолюбителей, интересующихся принципами функционирования источников питания, а также владельцев радиоэлектронной техники, решивших самостоятельно произвести ремонт. Понятно, что их квалификация может быть различной. И если кому-то достаточно только наличия принципиальной схемы источника питания, то другому необходима как сама схема, так и развернутое пояснение к ней. Книга построена таким образом, чтобы удовлетворить все запросы читателей. При этом автор стремился изложить материал в как можно более доступной форме. Автор считает, что приведенные в книге краткие

сведения теоретического характера позволят читателям свободнее ориентироваться не только в конкретных схемах, рассмотренных в книге, но и способны дать представление о схемотехнике импульсных преобразователей, как об одном из важных направлений электронной техники. Справочные данные по пассивным и активным компонентам помогут выполнять ремонтные работы в условиях, когда нет возможности приобрести оригинальные элементы для замены дефектных деталей. В этом случае, используя приведенные расчетные соотношения, можно применять элементы, которые есть в наличии, причем выбирать только аналогичные по параметрам и совместимые по конструкции. Учитывая, что схемы, рассмотренные в книге, построены с использованием высоковольтной элементной базы, подбор аналогов должен проводиться самым тщательным образом. Правильный выбор замены будет гарантировать не только работоспособность восстановленного блока питания, но и вашу безопасность.

Список сокращений

АВИ	автогенераторный вспомогательный источник
БП	бестрансформаторный преобразователь
ВЧ	высокая частота, высокочастотный
ИБП	импульсный блок 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

ГЛАВА 1

ВВЕДЕНИЕ В СХЕМОТЕХНИКУ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Каждое электронное устройство оснащено источником вторичного 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 данного 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 (если не вдаваться в тонкости их устройства), 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 временна́я стабильность параметров источника питания зачастую является определяющим фактором работоспособности прибора в целом. Поэтому при проверке технических характеристик того или иного устройства источнику питания следует уделять особое внимание.

В последние десятилетия произошла замена традиционных источников питания стационарного оборудования на основе силовых трансформаторов, функционирующих на частоте питающей сети, импульсными источниками питания, или так называемыми бестрансформаторными преобразователями 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. В настоящее время преобразователи подобного типа составляют большинство источников вторичного электропитания устройств как бытового, так и промышленного назначения. В данной книге будут рассмотрены именно импульсные источники питания с бестрансформаторным подключением к первичной сети напряжения 220 В, 50 Гц, а на преобразователи, построенные по традиционной схеме, мы будем ссылаться лишь при сравнении качественных характеристик.

1.1. Структурные схемы импульсных источников питания

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

- источники бестрансформаторного питания (ИБП) мощностью до 500 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 недостижимо;
- широкие возможности по автоматической регулировке номиналов выходных вторичных напряжений посредством воздействия на первичные цепи ВЧ преобразователя.

Рассмотрим несколько примеров структурных схем построения ИБП с напряжением первичной сети 220 В, 50 Гц.

На рис. 1.1 представлена структурная схема импульсного источника питания, выполненного по достаточно традиционной схеме.

Выпрямитель, фильтр и стабилизатор, имеющиеся во вторичной цепи данного источника питания, построены на основе узлов, встречающихся в обычных источниках электропитания. Названия этих узлов раскрывает их назначение и не нуждается в пояснении. Способ реализации стабилизатора (линейный или импульсный) в данном случае не так важен по сравнению с его присутствием в качестве отдельного функционального узла. Вторичная цепь электропитания в различных вариантах исполнения источника может быть дополнена еще одним фильтром, который устанавливается между стабилизатором и нагрузкой. Основными узлами первичной цепи являются: входной фильтр, выпрямитель сетевого напряжения и ВЧ преобразователь выпрямленного питающего напряжения с трансформатором TV.

Необходимость использования входного фильтра обусловлена тем, что, во-первых, этот фильтр должен устранять резкие кратковременные скачки питающего напряжения и импульсные помехи, вызванные работой расположенных поблизости импульсных устройств (ВЧ помехи) или возникающие в момент подключения или отключения от сети смежных нагрузок. Во-вторых, фильтр должен эффективно устранять помехи, проникающие в сеть непосредственно от используемого источника питания.

ВЧ трансформаторы, применяемые в ИБП, являются преобразователями импульсных колебаний с полосой частот до нескольких (если не выше) мегагерц. Передача энергии трансформатором имеет двухсторонний характер. В направлении сеть – нагрузка происходит передача колебаний ВЧ преобразователя. В обратном же направлении, то есть нагрузка – преобразователь – сеть, могут передаваться помехи, возникающие при работе нагрузочных цепей. Если, например, ИБП установлен в вычислительной системе, то эти помехи могут содержать элементы информационных составляющих обрабатываемых данных. Причем, как правило, в направлении сеть – нагрузка трансформатор действует как понижающий, и, следовательно, в обратном направлении он работает как повышающий. Если входной фильтр не установлен, то помехи, возникающие непосредственно в устройстве, будут эффективно транслироваться в сеть с частью информационной составляющей. Таким образом, входной фильтр применяется не только для устранения паразитного эффекта обратной трансформации, но и для защиты от утечки информации.

В импульсном источнике питания (см. рис. 1.1) используется каскад ВЧ преобразователя автогенераторного типа, режим автоколебаний которого определяется только значением номиналов его собственных элементов и не регулируется.

Источник питания, выполненный по схеме, приведенной на рис. 1.1, может дополнительно включать в себя датчик перегрузки, который воздействует либо на стабилизатор, либо на ВЧ преобразователь, блокируя его работу до момента устранения причины неисправности.

При правильном подборе элементной базы источник, изготовленный по данной схеме, прост в реализации – в этом его главное преимущество, однако из-за сравнительно низкого КПД используется редко. Падение КПД будет происходить при увеличении числа вторичных каналов различных напряжений, так как для каждого из них потребуется отдельный стабилизатор напряжения. Существенным недостатком схемы может быть и очень



Рис. 1.1. Структурная схема нерегулируемого импульсного источника питания

высокая чувствительность автогенераторов, совмещенных с силовым каскадом ИБП, к величине нагрузки. Ее изменение может привести к срыву ВЧ колебаний и нестабильности работы источника питания подобного рода.

Структурная схема сетевого источника питания, построенного с учетом оптимальных принципов регулирования выходного напряжения, представлена на рис. 1.2.

Принципиальное отличие данной структурной схемы от предыдущей заключается в отсутствии стабилизатора вторичного напряжения. Кроме того, в нее добавлены измерительная цепь, задающий генератор, схема управления, а также изменены функции каскада ВЧ преобразователя. Силовой каскад работает в режиме усилителя мощности колебаний, поступающих со схемы управления. Его нагрузкой является ВЧ трансформатор. Здесь ВЧ преобразователем можно назвать совокупность следующих узлов: задающий генератор, схема управления, ВЧ усилитель мощности, ВЧ трансформатор (TV). Источник, выполненный в соответствии со структурной схемой, приведенной на рис. 1.2, одновременно осуществляет две функции – преобразование и стабилизацию напряжения. Схема управления включает в себя широтно-импульсный модулятор и полностью определяет режим работы УМ. Выходное напряжение схемы управления имеет форму прямоугольных импульсов. Изменение длительности паузы между этими импульсами регулирует поступление энергии во вторичную цепь. Исходные параметры для работы схемы управления – это сигналы ошибки, поступающие от измерительной цепи, в которой производится сравнение эталонного значения напряжения с реальным, присутствующим в данный момент на нагрузке. По сигналу ошибки схема управления изменяет длительность паузы между импульсами в сторону ее увеличения или уменьшения, в зависимости от величины отклонения реального значения напряжения от номинального. В частности, в схему управления может входить узел защиты каскада УМ от перегрузки и короткого замыкания.

Наличие ШИМ передаваемого напряжения предъявляет определенные требования к параметрам и построению сглаживающего фильтра выпрямленного вторичного напряжения. Первым элементом данного фильтра после выпрямителя должна быть катушка индуктивности в каждом канале вторичного напряжения.

На схеме, показанной на рис. 1.2, представлена структура одноканальной системы питания, реальные же источники имеют, как правило, несколько вторичных каналов с различной нагрузочной способностью. Измерительная цепь в таких случаях подключается к каналу с самым большим потреблением. Стабилизация остальных каналов производится с помощью отдельных стабилизаторов или методов регулирования, основанных на взаимодействии магнитных потоков. В других случаях применяются схемы выходных фильтров, выполненных на общем для всех выходных каналов магнитопроводе. Подстройка напряжения по не основным каналам может производиться в небольшом диапазоне и при относительно малых изменениях нагрузки. При описании практических схем реализации БП вопросы стабилизации вторичных напряжений одновременно по нескольким каналам будут рассмотрены более подробно.

1.2. Принципы построения бестрансформаторных источников питания

Прежде чем перейти к обсуждению практических схем источников питания рассмотрим несколько возможных вариантов построения отдельных функциональных узлов импульсных источников питания.

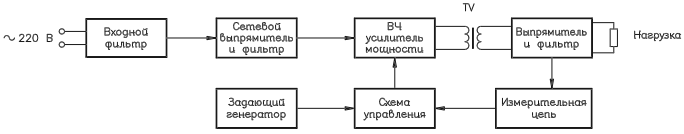


Рис. 1.2. Структурная схема регулируемого импульсного источника питания