

Лекция

Тема 3.1 Схемы построения импульсных источников питания

После изучения темы Вы сможете:



- ✓ привести функциональную схему импульсного источника электропитания;
- ✓ понимать принцип работы импульсного источника питания пояснять его с помощью диаграмм.

Вопросы:

1. Принцип построения импульсных источников питания.
2. Работа импульсного источника питания.

Всё, что выделено зелёным цветом, записать в тетради и выслать фото на почту ziyarovanina@mail.ru.

1. Принцип построения импульсных источников питания

Для получения постоянных напряжений с помощью **импульсных источников питания (ИИП)** в них осуществляется тройное преобразование напряжения.

1. Переменное напряжение сети выпрямляется и сглаживается.
2. Полученное постоянное напряжение преобразуется в импульсное прямоугольное напряжение частотой несколько десятков килогерц.
3. Импульсное прямоугольное напряжение передаётся с соответствующим коэффициентом на вторичную сторону, выпрямляется и сглаживается.

Структурная схема импульсного источника питания приведена на рисунке 1. Его основными функциональными частями являются: входной помехоподавляющий фильтр (1), сетевой выпрямитель со сглаживающим емкостным фильтром (2), ключевой преобразователь напряжения с импульсным трансформатором (3), схема управления (4), цепи вторичных напряжений (5).

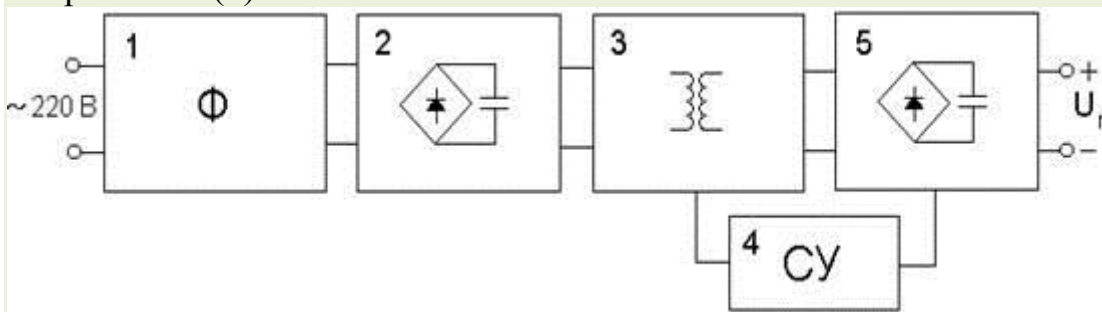


Рисунок 1. - Структурная схема импульсного источника питания

- 1 – помехоподавляющий фильтр;
- 2 – выпрямитель со сглаживающим фильтром;
- 3 – ключевой преобразователь напряжения с импульсным трансформатором;
- 4 – схема управления;
- 5 - цепи вторичных напряжений.

Принцип работы.

Напряжение первичной электросети поступает через помехоподавляющий фильтр (1) на выпрямитель (2), откуда после выпрямления и сглаживания пульсаций С-фильтром поступает на ключевой каскад (3) и схемы управления (4). Ключевой каскад преобразует постоянное напряжение в импульсное высокой частоты, которое через импульсный трансформатор поступает на выпрямители выходных цепей (5). Благодаря высокой рабочей частоте габариты и масса у импульсного трансформатора гораздо меньше, чем у трансформатора такой же мощности, работающего при частоте 50 Гц.

Выпрямительная секция ИИП, как правило, выполняется по мостовой схеме. На **входе выпрямителя** устанавливается **LC-фильтр**, назначение которого — **ослабить уровень помех, поступающих от источника питания в сеть**.

На **выходе выпрямителя** ставится **С-фильтр** служащий для **сглаживания пульсаций**.

Необходимо отметить, что через конденсатор фильтра протекает также импульсная составляющая тока транзисторов преобразователя, работающего на частоте 20 — 100 кГц. Как правило, конструкция высоковольтных электролитических конденсаторов не обеспечивает достаточно малого полного сопротивления на этих частотах, поэтому конденсаторы могут перегреваться из-за протекания высокочастотных импульсных токов. Для устранения перегрева электролитический конденсатор фильтра обычно шунтируется конденсатором пленочного или керамического типа.

В зависимости от назначения и заданных параметров, ИИП может содержать различные дополнительные блоки и цепи:

- стабилизаторы напряжений,
- устройства защиты от перегрузок и аварийных режимов,
- цепи первоначального запуска, подавления помех и др.

Однако определяющим узлом любого ИИП является ключевой преобразователь напряжения и в первую очередь его силовая часть. Выходные каскады преобразователей напряжения можно разделить на два больших класса: однотактные и двухтактные.

Силовая часть однотактного преобразователя может быть выполнена двумя способами, по которым следует различать прямоходовые и обратногоходовые преобразователи.

В прямоходовых преобразователях ток подзарядки накопительных емкостей во вторичной цепи протекает во время открытого состояния ключевого транзистора, а в обратногоходовых - во время закрытого состояния этого транзистора.

2. Работа импульсного источника питания

Более подробная функциональная схема ИИП приведена на рисунке 2.

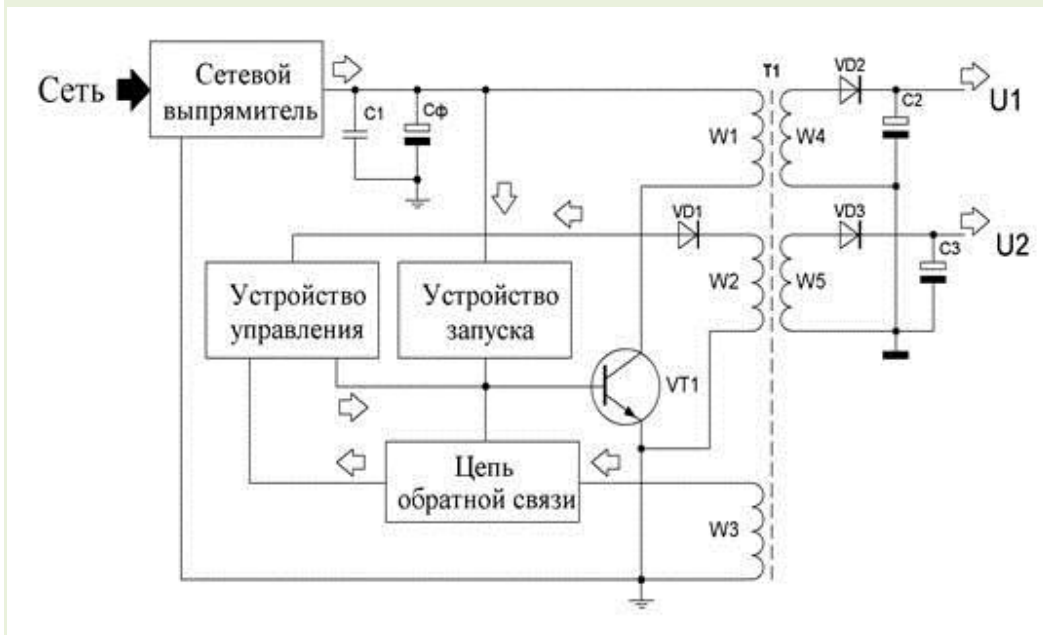


Рисунок 2. Функциональная схема ИИП.

1. Итак, напряжение сети поступает на сетевой выпрямитель со сглаживающим емкостным фильтром С1-СФ.

2. С конденсатора фильтра выпрямленное напряжение через обмотку W1 трансформатора T1 поступает на коллектор транзистора VT1, выполняющего функцию ключевого преобразователя постоянного напряжения в импульсное с частотой повторения 20-100 кГц.

3. Ключевой преобразователь представляет собой импульсный генератор, работающий в режиме самовозбуждения. На рисунке 3. приведены временные диаграммы преобразователя.

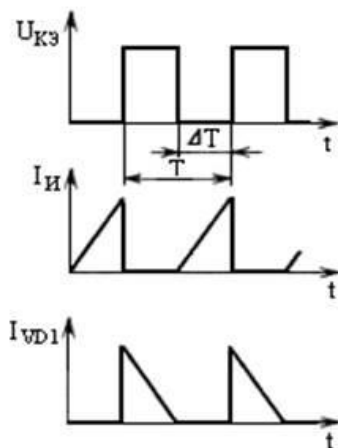


Рисунок 3. Временные диаграммы работы преобразователя

В течение времени ΔT , когда транзистор открыт, через первичную обмотку $W1$ трансформатора протекает линейно нарастающий ток I_1 . В сердечнике трансформатора запасается энергия магнитного поля.

Когда транзистор закрывается, на верхнем по схеме выводе вторичной обмотки трансформатора $W2$ появляется положительный потенциал и накопленная энергия передается в нагрузку через диод $VD2$.

Изменяя ΔT , т. е. время, в течение которого открыт транзистор преобразователя, можно регулировать выходное напряжение. Размахи импульсов тока через транзистор и диод зависят от индуктивности первичной обмотки трансформатора. При оптимальном ее значении максимальный ток через первичную обмотку вдвое превышает средний ток через нее. При этом ток через диод прекращается в момент открывания транзистора.

Изменять ΔT можно разными способами.

Наиболее подходящий способ регулирования величины выходного напряжения – **широотно-импульсная модуляция (ШИМ)**.

Принцип ШИМ состоит в регулировании времени, в течение которого ключевой транзистор открыт, при этом происходит регулировка количества накопленной трансформатором энергии.

Основные достоинства ШИМ – постоянство периода повторений T и простота реализации.

Рассмотрим случай, когда в установившемся режиме ток нагрузки увеличился. Это означает, что энергия, запасенная трансформатором, будет расходоваться быстрее, чем обычно, т.е. время закрытого состояния ключа уменьшится. А для увеличения накопленной энергии нужно увеличить время открытого состояния ключа, чтобы в трансформаторе накопилось больше энергии. В результате общее время $T = \text{const}$. Аналогично при уменьшении тока нагрузки.

Из-за видимых преимуществ ШИМ применяют практически во всех конструкциях ИИП.

Схема запуска.

Необходимость схемы запуска вызвана тем, что при включении ИИП самовозбуждение автогенератора невозможно, так как разряженные конденсаторы фильтров импульсных выпрямителей представляют собой короткое замыкание для импульсов, снимаемых с вторичных обмоток трансформатора. Пусковые токи могут достигать 50...100А, что создает аварийный режим работы для автогенератора.

Устройство запуска обеспечивает принудительное включение и выключение автогенератора в течение нескольких циклов, за время действия которых происходит заряд конденсаторов фильтров импульсных выпрямителей. Одновременно это исключает возможность возникновения аварийной ситуации, так как автогенератор плавно выходит на номинальный режим работы.

Иногда в качестве схемы запуска ИИП применяется генератор на транзисторе. В течение некоторого времени, задаваемого схемой и достаточного для надежного запуска автогенератора, генератор вырабатывает импульсы, которые подаются на базу ключа как начальное смещение и вызывают запуск цикла работы автогенератора. Если неисправность отсутствует, то конденсаторы фильтров заряжаются и автогенератор входит в нормальный режим работы. Иначе схема запуска отключится и ИИП не запустится.

Схема управления.

На схемы управления возлагается функция отслеживания уровня выходного напряжения, выработка сигнала ошибки и, часто, непосредственного управления ключом.

Обычно схема управления представляет собой схему сравнения реального выходного напряжения и образцового, выработанный сигнал ошибки подается на исполнительную схему, управляющую непосредственно ключевым транзистором (см. рисунок 4).

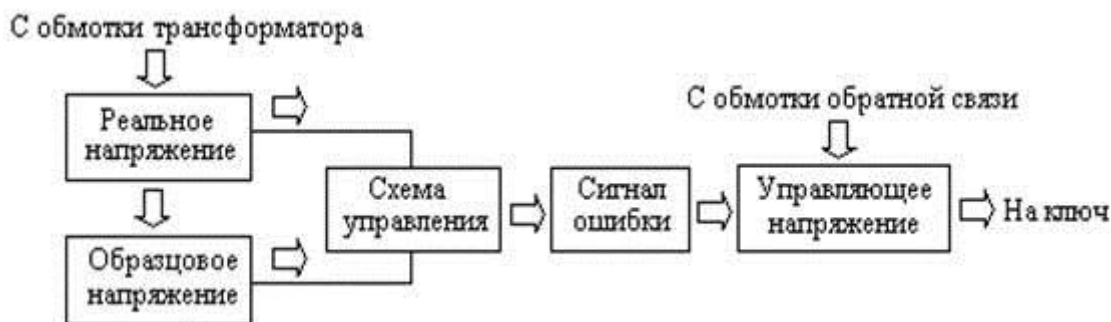


Рисунок 4. - Функциональная схема устройства управления.

Схема управления питается от одной из обмоток трансформатора Т1, поэтому напряжение питания на ней всегда соответствует напряжению на других обмотках, т.е. реальному (см. рисунок 5).

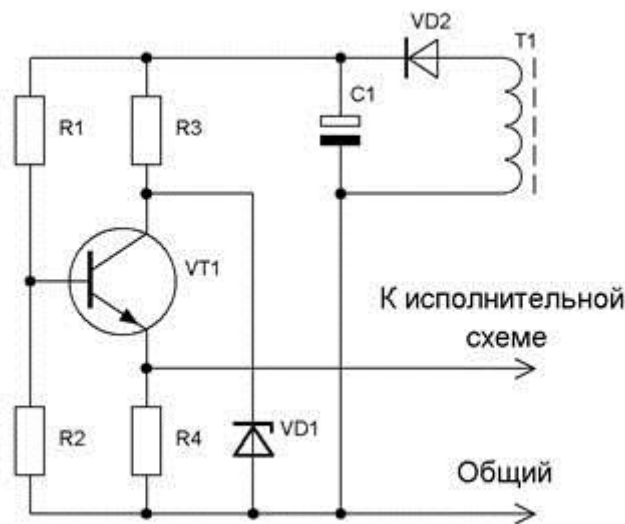


Рисунок 5. – Устройство управления.

Пока автогенератор не вошел в нормальный режим, напряжение питания мало и транзистор VT1 закрыт. По мере увеличения напряжения питания на стабилитроне VD1 появляется образцовое напряжение, и затем транзистор начинает открываться. В рабочем режиме на выходе присутствует положительное напряжение, которое подается на исполнительную схему. Таким образом, при изменении реального напряжения, напряжение, подаваемое на исполнительное устройство, также будет изменяться, изменяя условия работы исполнительного устройства. Исполнительное устройство представляет собой либо ключевую схему, срабатывающую при достижении импульсом тока коллектора силового ключа определенной величины, либо схему, шунтирующую переход база-эмиттер того же силового ключа при достижении определенного уровня напряжения на базе.

На рисунке 6. приведены эпюры, поясняющие работу устройства управления при ШИМ – модуляции.

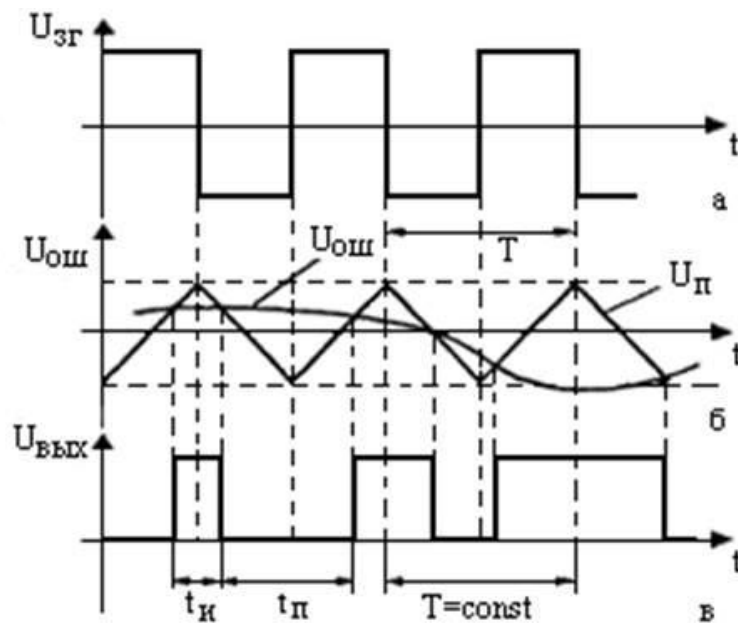


Рисунок 6. - Диаграммы поясняющие работу устройства управления при ШИМ - модуляции

По диаграммам видно, как изменение реального напряжения и вместе с ним сигнала ошибки влияет на ширину импульса, вырабатываемого ключевым транзистором. Меандр $U_{зг}$ – работа автогенератора без управления. При работе с управлением напряжение ошибки $U_{ош}$ воздействует на исполнительное устройство совместно с напряжением обратной связи $U_{п}$, меняя порог его срабатывания. В результате при изменении тока нагрузки изменяется ширина импульсов, вырабатываемых ключевым транзистором.

Схема защиты.

Сложность того или иного ИИП зависит, в основном, от примененных схем защиты.

Вообще защитные устройства можно разделить на следующие типы по функциям: защитные устройства всего ИИП, сетевого выпрямителя, от большого напряжения сети, от малого напряжения сети, от перегрузки, от холостого хода и так далее.

По сложности исполнения их можно разделить на:

- простые (предохранители, защитные резисторы),
- среднего уровня сложности,
- большой сложности.

В ИИП может быть применено сразу несколько типов защит, различной степени сложности.

Иногда устройства защиты представляют собой схемы, состоящие из нескольких элементов, и интегрированы со схемой ИИП. Такие устройства могут быть с внутренним управлением, отслеживающие состояние ИИП и управляющие им и с внешним управлением, следящими за состоянием цепей

вторичных источников питания и даже исправность всего устройства в целом.

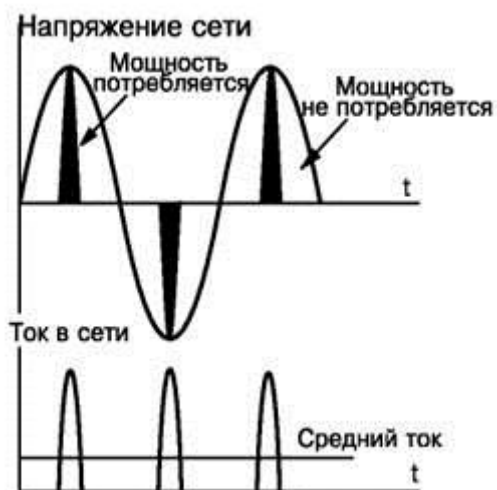
Импульсные источники питания создают гармонические и нелинейные искажения тока в сети, которые отрицательно влияют на проводку электросети и электроприборы, подключаемые к ней. Это влияние выражается не только в различного рода помехах, сказывающихся на работе чувствительных устройств, но и в перегреве нейтрального провода. При протекании в нагрузках токов со значительными гармоническими составляющими, не совпадающими по фазе с напряжением, ток в нейтральном проводе может увеличиться до критического значения.

Международная электротехническая комиссия (МЭК) и Европейская организация по стандартизации в электротехнике (CENELEC) приняли стандарты IEC555 и EN60555, устанавливающие ограничения на содержание гармоник во входном токе вторичных источников электропитания и других устройствах.

Один из эффективных способов решения этой задачи - применение корректоров коэффициента мощности (Power Factor Correction) .

На практике это означает, что во входную цепь любого импульсного преобразователя необходимо включать специальную **PFC-схему**, обеспечивающую снижение или полное подавление гармоник тока. Основной стандарт для разработки источников питания с коррекцией коэффициента мощности EN61000-3-2 устанавливает пределы интенсивности гармонических составляющих потребляемого тока со второй по сороковую гармоники. Это ограничение распространяется на все устройства свыше 75 Вт, питающиеся от общей электросети, и использующееся в бытовой аппаратуре.

Импульсный источник напряжения потребляет мощность только в те моменты, когда напряжение, подаваемое с выпрямителя на сглаживающий конденсатор, выше напряжения на нем (конденсаторе), что происходит в течение примерно четверти периода. В остальное время источник не потребляет мощности из сети, так как нагрузка питается от конденсатора. Это приводит к тому, что мощность отбирается нагрузкой только на пике напряжения, потребляемый ток имеет форму короткого импульса и содержит набор гармонических составляющих.



а)



б)

Рисунок 7. Ток и мощность, потребляемые источником питания без коррекции (а) и с коррекцией (б).

Импульсный источник питания, имеющий коррекцию коэффициента мощности, потребляет ток с малыми гармоническими искажениями, равномернее отбирает мощность от сети, имеет коэффициент амплитуды (отношение амплитудного значения тока к его среднеквадратичному значению) ниже, чем у некорректированного источника. Коррекция коэффициента мощности снижает среднеквадратическое значение потребляемого тока, что позволяет подключать к одному выводу электросети больше разных устройств, не создавая в ней перегрузок по току (см. рисунок 7.б).

Недостатки.

К недостаткам импульсных источников питания можно отнести: отсутствие гальванической развязки схемы ИИП от электросети, высокую сложность и низкую надежность, необходимость применения дорогостоящих высоковольтных высокочастотных компонентов, которые в случае малейшей неисправности легко выходят из строя.

Вопросы/задания для закрепления материала лекции

1. Поясните принцип построения импульсных источников питания.
1. Опишите работу импульсных источников питания.
2. Какие недостатки у импульсных источников питания?