***Оглавление***

Введение

1. Общие сведения

2. Выпрямители

а) Однофазный однополупериодный выпрямитель

б) Однофазный двухполупериодный выпрямитель

в) Однофазная мостовая схема

3. Нестабилизированные источники питания

4. Стабилизаторы постоянного напряжения

а) Параметрические стабилизаторы постоянного напряжения

б) Компенсационные стабилизаторы постоянного напряжения

в) Импульсные стабилизаторы постоянного напряжения

Заключение

Список литературы

***Введение***

В основе работы любого электронного устройства лежат различные преобразования электрической энергии, поэтому дляобеспечения нормального функционирования таких устройств прежде всего необходимы источники энергии. Для этой цели в большинстве случаев используют источники постоянного напряжения, которые называют источниками питания.

На начальном этапе развития радиоэлектроники в качестве источниковпитания преимущественно использовались гальванические батареи, основным недостатками которых, особенно при постоянных напряжениях в сотни вольт, являются их громоздкость и малый срок службы. Поэтому вскоре были разработаны более совершенные устройства, в которых осуществляется преобразование переменного напряжения в постоянное. Удобство таких источников питания связано с тем, что в них применяют низкочастотное переменное напряжение. Однако развитие транзисторной электроники, особенно маломощных переносных устройств, для питания которых нужны низковольтные маломощные источники, снова вызвало интерес к гальваническим батареям. Это привело к тому, что сейчас используют оба типа источников питания, в переносной аппаратуре-малогабаритные гальванические батареи и аккумуляторы, а в стационарной аппаратуре - источники питания, в которых происходит преобразование переменного напряжения промышленной частоты в постоянное.

# ***1. Общие сведения***

В настоящее время *источниками питания* называют устройства, предназначенные для снабжения электронной аппаратуры электрической энергией и представляющие собой комплекс приборов и аппаратов, которые вырабатывают электрическую энергию и преобразуют ее к виду, необходимому для нормальной работы каждого узла электронной аппаратуры.

В общем случае структурная схема источника питания имеет вид, представленный на рис.1.



Рис.1. Структурная схема источника питания

Ее первым элементом является первичный источник электрической энергии, в котором неэлектрическая энергия (механическая, тепловая, химическая и др.) преобразуется в электрическую. К этим источникам относятся электромашинные генераторы, термогенераторы, солнечные батареи, гальванические элементы, электрические аккумуляторы, атомные источники энергии и т.д. Наиболее часто для стационарной электронной аппаратуры первичным источником энергии служит электрическая сеть промышленного предприятия, летательного аппарата или корабля.

Довольно редко удается осуществить питание электронных устройств непосредственно от первичного источника электроэнергии. В большинстве случаев электрическое напряжение, вырабатываемое в первичном источнике, по характеру, величине, частоте или стабильности оказывается непригодным для питания электронных устройств. Поэтому необходим *источник вторичного электропитания (*ИВЭП), в котором осуществляется преобразование электрической энергии. Если первичный источник энергии создает переменное напряжение, основными узлами ИВЭП являются: выпрямитель, сглаживающий фильтр, стабилизаторы входного и выходного напряжений. С помощью выпрямителя переменное напряжение первичного источника преобразуется в пульсирующее постоянное напряжение. Фильтр сглаживает пульсации на выходе выпрямителя. Стабилизатор входного напряжения уменьшает изменения величины (иногда и формы) переменного напряжения первичного источника и тем улучшает работу выпрямителя и следующих за ним узлов ИВЭП. Стабилизатор выходного (постоянного) напряжения поддерживает выпрямленное напряжение на фиксированном, заранее заданном уровне при отклонениях условий работы источника питания от номинальных. Если первичный источник энергии создает постоянное напряжение, величина которого отличается от требуемой для питания электронной аппаратуры, первым узлом ИВЭП служит преобразователь постоянного напряжения в переменное. Остальные узлы остаются прежними.

Основными электрическими параметрами ИВЭПРЭА являются:

. Номинальное значение постоянного выходного напряжения *Uном* и пределы его регулировки. *Uном* называют условное, устанавливаемое в технической документации значение постоянного напряжения на выходе ИВЭП, относительно которого устанавливают и определяют его отклонения.

. Номинальное значение тока нагрузки и допустимые пределы его изменения.

. Максимальная выходная мощность ИВЭП. Ее определяют выражением

max≈ *UномIном* max.

. Нестабильность выходного напряжения. На величину выходного напряжения ИВЭПвлияют три основных фактора: входное напряжение, ток нагрузки и температура окружающей среды. Поэтому нестабильность выходного напряжения оценивают тремя коэффициентами нестабильности:

*коэффициентом нестабильности по напряжению*



который определяют при Iн = const и *Т =* const;

*коэффициентом нестабильности по току*



который определяют при Uвх= const и Т*=* const; 

*температурным коэффициентом напряжения*



который определяют при *UBX* = const, (3.2в) Iн = const, ΔTс=Tсmax-Tсmin

где Tсmax - максимальная, a Tсmin - минимальная температура окружающей среды.

На выходе вторичных источников питания никогда не бывает идеального постоянного напряжения. Кроме постоянной это напряжение всегда содержит и переменную составляющую. Последнюю называют *напряжением пульсации,* а параметром, характеризующим отклонение выходного напряжения реального источника питания от постоянного, служит коэффициент пульсации.

Используют два определения этого коэффициента.

*Коэффициентом пульсации напряжения по амплитудному значению* называют отношение амплитуды напряжения пульсации к номинальному значению постоянной составляющей напряжения:



который используют, когда имеется возможность визуально наблюдать форму выходного напряжения источника питания.

*Коэффициентом пульсации по действующему значению* называют отношение действующего значения напряжения пульсации к номинальному значению постоянной составляющей напряжения

п=Uпульс/U0

При сложной форме выходного напряжения сначала находят (экспериментально или расчетным путем) действующее значение всего выходного напряжения Uобщ, постоянную составляющую U0, а затем определяют действующее значение напряжения пульсации



. Выходное (внутреннее) сопротивление источника питания Rвых. Это сопротивление определяет изменение выходного напряжения ΔUвых при изменении тока нагрузки ΔIн. Его находят из внешней характеристики ИВЭП Uвых (Iн), которая на рабочем участке близка к прямой. Поэтому наклон внешней характеристики ИВЭП, равный отношению Uвых/Iн, и принимают равным выходному (внутреннему) сопротивлению ИВЭП.

источник питания выпрямитель стабилизатор

6. Коэффициент полезного действия ИВЭП. Он оценивается отношением выходной мощности постоянного тока к суммарной мощности, отбираемой от первичного источника электрической энергии.

Кроме основных электрических параметров каждый ИВЭП характеризуется рядом конструкторско-экономических и эксплуатационных показателей, к которым в первую очередь относятся: габариты, масса, стоимость и надежность.

Помимо основных устройств источники питания содержат измерительные приборы и ряд вспомогательных устройств: включения, выключения и регулировки режима работы; защиты от различного рода электрических перегрузок; механической и электрической блокировок. Следует также отметить, что структурная схема, показанная на рис.1, соответствует "одноканальному" источнику питания. В настоящее время многие источники питания строят по "многоканальной" схеме, причем разветвление каналов может происходить и после первичного источника питания, и после выпрямителя, а выходные напряжения могут отличаться не только по номинальной величине, но и по величине пульсаций, и по стабильности выходного напряжения. Поэтому общая структурная схема источников питания может быть значительно сложнее схемы, показанной на рис.1

# ***2. Выпрямители***

**Выпрямителем** называют устройство, с помощью которого осуществляется преобразование переменного напряжения промышленной частоты в пульсирующее постоянное напряжение. Основными звеньями выпрямителя являются трансформатор и вентиль.

*Трансформатор* служит для преобразования стандартного переменного напряжения сети в переменное напряжение такой величины, которая необходима для получения на выходе источника питания заданного постоянного напряжения. Трансформатор необходим также для гальванической развязки входа источника питания и сети.

*Вентилем* называют прибор, обладающий несимметричной характеристикой проводимости - малым сопротивлением для прямого тока и большим сопротивлением для обратного тока. С помощью вентиля осуществляется преобразование переменного напряжения в пульсирующее.

Выпрямители классифицируют по числу фаз первичной и вторичной обмоток трансформатора; схеме соединения вентилей и форме выпрямленного напряжения.

В настоящее время в электронных устройствах наиболее распространены однофазные схемы выпрямителей: однополупериодные, двухполупериодные (с нулевым выводом), мостовые и трехфазные: с нулевым выводом, мостовая (схема Ларионова).

Если выходная мощность источника питания не превышает 500 Вт, обычно используют однофазные схемы, Pвых>0,5кВт - трехфазные.

# ***а) Однофазный однополупериодный выпрямитель***

Наиболее простая выпрямительная схема однополупериодная (рис.2, *а)* состоит из простого трансформатора и вентиля, в качестве которого в настоящее время чаще других используют полупроводниковый кремниевый диод.



Рис.2. Схема однополупериодного выпрямителя (а), его эквивалентная схема (б) и графики выходного напряжения и тока (в)

Первичная обмотка трансформатора присоединяется к сети. Напряжение вторичной обмотки трансформатора является входным напряжением выпрямителя и непосредственно прикладывается к диоду и нагрузке, которые по отношению к входному напряжению включены последовательно. В зависимости от требуемой величины выпрямленного напряжения трансформатор может быть как повышающим, так и понижающим.

Диод проводит в течение половины периода входного напряжения, когда на его аноде наблюдается положительный относительно катода потенциал. На этом отрезке времени через нагрузку протекает ток *i,* форма которого повторяет форму входного напряжения выпрямителя. В течение следующего полупериода входного напряжения диод закрыт и ток через нагрузку равен нулю. Таким образом, диод в однополупериодной схеме действует как ключ, управляемый входным напряжением выпрямителя: он замкнут в течение положительного полупериода и разомкнут в течение отрицательного (рис.2, *б).*

Выходной ток определяется выражением



форма напряжения на нагрузке повторяет форму выходного тока (рис.2, *в),* иэто напряжение с помощью преобразования е может быть представлено следующим рядом:



видно из этого выражения, выходное напряжение однополупериодного выпрямителя содержит постоянную и ряд гармонических составляющих, причем частота первой гармоники равна частоте сети.

Для определения коэффициента пульсации по действующему значению сначала найдем действующее значение выходного напряжения



а затем постоянную составляющую

0=U2m/π=0,318U2m.

Тогда действующее значение напряжения пульсации



откуда коэффициент пульсации по действующему значению ***Кп=1,21.***

Величина коэффициента пульсации в однополупериодном выпрямителе оказывается большой, что является существенным недостатком этой схемы. Кроме того, ток во вторичной обмотке трансформатора проходит только в одном направлении, создавая постоянное подмагничивание, что увеличивает размеры и массу трансформатора.

# ***б) Однофазный двухполупериодный выпрямитель***

Стремление повысить эффективность выпрямителя привело к созданию двухполупериоднои схемы (рис.3, *а),* которая отличается от однополупериодной наличием двух диодов и более сложным трансформатором, вторичная обмотка которого имеет отвод от среднейточки. В результате этого ток в нагрузке проходит в течение обоих полупериодов входного напряжения.



Рис.3. Схема двухполупериодного выпрямителя (а), его эквивалентная схема (б) и графики выходного напряжения и тока (в)

В течение одного полупериода, когда на аноде диода *VD1* будет положительное по отношению к катоду напряжение, через нагрузку будет проходить ток диода *VD1,* а диод *VD2* будет закрыт и его ток равен нулю. Когда полярность входного напряжения выпрямителя изменится, диод *VD1* закроется, а диод *VD2* откроется и через нагрузку начнет проходить ток диода *VD2.* Таким образом, и в двухполупериодном выпрямителе диоды действуют как ключи, синхронно переключаясь под действием входного напряжения (рис.3, *б).* Поэтому за один период переменного напряжения на входе выпрямителя в нагрузке появляются два импульса тока (рис.3, *в).* Ток нагрузки является суммой двух токов - диодов *VD1* и *VD2: I=iД1 + iД2.* Форма напряжения на нагрузке, как и в однополупериодном выпрямителе, повторяет форму выходного тока. Это напряжение с помощью преобразования Фурье представляется таким рядом:



где опять будет постоянная и ряд гармонических составляющих, но в отличие от однополупериодной схемы здесь первой будет гармоника, соответствующая двойной частоте сети.

Коэффициент пульсации по действующему значению можно определить так же, как в однополупериодном выпрямителе. Но в двухполупериодном



поэтому действующее значение напряжения пульсации



откуда коэффициент пульсации по действующему значению

п=0,48=48%,

что значительно меньше, чем в однополупериодном.

Лучше используется и трансформатор. В двухполупериодной схеме ток во вторичной обмотке каждый полупериод протекает в противоположных направлениях, что теоретически устраняет подмагничивание.

# ***в) Однофазная мостовая схема***

Воднофазном мостовом выпрямителе (рис.4) входное переменное напряжение подводится к одной диагонали моста, а выпрямленное напряжение снимается с другой.



Рис.4. Принципиальная схема мостового выпрямителя

Пусть в некоторый момент времени переменное напряжение на вторичной обмотке трансформатора таково, что потенциал точки *А* выше потенциала точки *В.* Тогда от точки *А (*" + " источника напряжения) ток пойдет через диод *VD2* к точке *Б,* далее через нагрузку к точке *Г* и через диод *VD4* к точке *В (*" - " источника напряжения).

В течение следующего полупериода, когда потенциал точки *В* окажется выше потенциала точки *А,* ток пойдет через диод *VD3,* нагрузку и диод *VD1.* Для первого полупериода направление тока показано сплошными стрелками, для второго полупериода - штриховыми. Так же, как в простой двухполупериодной схеме, ток через нагрузку в мостовой схеме проходит дважды за период, причем каждый раз в одном и том же направлении.

К достоинствам мостовой схемы следует отнести то, что в ней используется простой трансформатор, и то, что она удобна для выпрямления как низкого, так и высокого напряжения. Ее основные недостатки - сложность и то, что в течение каждого полупериода ток проходит через два диода, что увеличивает выходное сопротивление выпрямителя. Однако применение в качестве вентилей полупроводниковых диодов, которые, как известно, имеют малое прямое сопротивление и небольшие размеры, позволило устранить основные недостатки мостовых схем и привело к их широкому использованию.

Коэффициент пульсаций выходного напряжения в мостовой схеме тот же, что и в обычной двухполупериодной, так же как и величина максимального значения КПД.

# ***3. Нестабилизированные источники питания***

Эти источники питания очень просты и не имеет смысла о них рассказывать, поскольку они являются составной частью стабилизированных источников питания, о которых речь впереди.

# ***4. Стабилизаторы постоянного напряжения***

Современная электронная аппаратура предъявляет жесткие требования не только к пульсациям выходного напряжения источника питания, но и к неизменности (стабильности) его постоянного напряжения. Насколько жестки эти требования, можно судить по таким цифрам. Малой стабильностью считают такую, при которой изменения выходного напряжения источника питания составляют 2.5%, средней стабильностью - 0,5.2%, высокой - 0,1.0,5%, очень высокой - менее 0,1%.

Такие высокие показатели стабильности выходного напряжения источника питания невозможно получить без специального устройства - стабилизатора постоянного напряжения, который включается на выходе источника питания.

Следует заметить, что основными причинами, вызывающими колебания выходного напряжения источника питания, являются изменения напряжения сети и величины нагрузки. Оба дестабилизирующих фактора могут быть двух видов: медленные, длительность от нескольких минут до нескольких часов, и быстрые, Длительность которых измеряется долями секунды. Как медленные, так и быстрые изменения постоянного напряжения отрицательно сказываются на работе электронной аппаратуры. Из-за этого стабилизатор должен действовать непрерывно и автоматически. На основании изложенного можно дать такое определение.

*Стабилизатором напряжения* называют устройство, поддерживающее с требуемой точностью напряжение на нагрузке при изменениях в заданных пределах напряжения сети и сопротивления нагрузки.

Отметим также, что стабилизатор напряжения, уменьшая любые изменения выходного напряжения, в общем случае будет уменьшать и периодические изменения напряжения, т.е. стабилизатор дает также добавочное снижение пульсаций. Кроме того, уменьшая изменения выходного напряжения, вызываемые изменениями тока нагрузки, стабилизаторы уменьшают и внутреннее сопротивление источника питания. Поэтому стабилизаторы постоянного напряжения широко используются в современной электронной аппаратуре.

Основными параметрами стабилизаторов постоянного напряжения являются: коэффициент стабилизации напряжения - отношение относительного изменения напряжения на входе стабилизатора к относительному изменению напряжения на его выходе:



выходное сопротивление, характеризующее изменение выходного напряжения при изменении тока нагрузки:



коэффициент полезного действия



Стабилизаторы постоянного напряжения разделяют на два вида: параметрические **и** компенсационные.

# ***а) Параметрические стабилизаторы постоянного напряжения***

(рис.11, а) представляют собой последовательное соединение линейного и нелинейного резисторов. Входное нестабилизирован-ное напряжение подается на оба резистора, а выходное стабилизированное напряжение снимается с нелинейного. Непременным условием, при выполнении которого возможна стабилизация напряжения, является наличие на вольт-амперной характеристике нелинейного резистора участка с малой зависимостью напряжения от тока.



Рис. 5. Параметрический стабилизатор напряжения (а) и его вольт-амперная характеристика (б)

Действительно, если последовательно включены два таких резистора, то вольт-амперная характеристика всей схемы может быть легко построена путем сложения ординат вольт-амперных характеристик линейного *1* и нелинейного *2* резисторов (рис.5,6). Из общей вольт-амперной характеристики *3* следует, что при изменении входного напряжения на величину ΔUвх выходное напряжение ΔUвыхизменяется в меньших пределах (ΔUвых< ΔUвх)

Принципиальная схема простейшего параметрического стабилизатора постоянного напряжения, состоящая из стабилитрона и резистора *RГ,* называемого гасящим, показана на рис.12, а. Рабочим для такой схемы является режим, когда входное напряжение *UBX* больше напряжения стабилизации *UCT* и когда на резисторе создается существенное падение напряжения. В таком режиме эквивалентная схема рассматриваемого стабилизатора имеет вид, представленный на рис.6 (Напряжение стабилизации *UCT*идинамическое сопротивление стабилитрона *rd = ΔU/ΔI* находят из вольт-амперной характеристики стабилитрона, рис.3.12, в).



Рис. 6 Принципиальная (а) и эквивалентная (б) схемы параметрического стаби-лизатора постоянного напряжения и ВАХ стабилитрона,

# ***б) Компенсационные стабилизаторы постоянного напряжения***

Самым простым НСН является стабилизатор, схема которого представлена на рис.15, а. В него входят всего три элемента: транзистор *VT,* стабилитрон *VD* и резистор *RГ.* В качестве источника опорного напряжения служит параметрический стабилизатор, а транзистор одновременно является схемой сравнения и регулирующим элементом.



Рис.7. Принципи-альные схемы после-довательных коменса-ционных стабилизаторов постоянного напряжения непрерывного дей-ствия: а-простейшая; б - с усили-телем

Рассмотрим работу этого стабилизатора. Допустим, что по какой-то причине увеличилось входное напряжение (+ ΔUвх). В первый момент это приведет к возрастанию выходного напряжения (*+* ΔUвых).Однако в связи с тем, что напряжение между базой и эмиттером транзистора *VT*БЭ=UСТ-Uвых

возрастание выходного напряжения вызовет появление на базе более отрицательного напряжения, а это приведет к "подзапиранию" транзистора *VT,* т.е. к увеличению его сопротивления. Это уменьшит выходное напряжение стабилизатора ( - Uвых*),* приблизив его к первоначальному значению-стабилизирует уровень выходного напряжения. Совершенно такой же процесс произойдет в рассматриваемой схеме при уменьшении тока нагрузки (-ΔIн). Если же входное напряжение уменьшится ( - ΔUвх)или увеличится ток нагрузки (+ ΔIн), то в стабилизаторе произойдет обратный процесс, когда сопротивление транзистора *VT* уменьшится, за счет чего выходное напряжение снова окажется более стабильным. Значительно лучшие результаты могут быть получены в том случае, когда UБЭявляется усиленной разностью напряжений *UCT* и Uвх*.* Для этого в схему стабилизатора вводят дифференциальный усилитель, на прямой вход которого подается фиксированное опорное напряжение (вырабатываемое с помощью параметрического стабилизатора постоянного напряжения), а на инверсный вход - выходное напряжение стабилизатора или часть его (рис.7, *б).* Работа такой схемы принципиально ничем не отличается от предыдущей, только здесь UБЭ *= K (UCT -* nUвых), где *К*-коэффициент усиления дифференциального усилителя, а *п -* коэффициент деления делителя (резисторы *R1, R2).* За счет этого транзистор *VT,* часто называемый проходным, реагирует на малейшие изменения выходного напряжения стабилизатора, в результате чего достигается значительно большая стабильность выходного напряжения по сравнению с простейшей схемой.

Компенсационные стабилизаторы непрерывного действия могут быть выполнены на дискретных элементах, что с успехом делалось в недалеком прошлом. В настоящее время в источниках вторичного электропитания, как и в других радиоэлектронных устройствах, широко используют интегральные схемы. В ИВЭП находят применение два вида конструктивного исполнения стабилизаторов: гибридные интегральные стабилизаторы и полупроводниковые стабилизаторы. Последние принято называть просто интегральными стабилизаторами напряжения (ИСН).

Электрические схемы гибридных стабилизаторов не отличаются от схем стабилизаторов на дискретных элементах. Но за счет того, что в гибридных стабилизаторах применяют бескорпусные компоненты (маломощные микросхемы, полупроводниковые приборы, конденсаторы и переменные резисторы), которые размещаются на диэлектрической подложке, где методами пленочной технологии наносятся постоянные резисторы и проводники, они имеют значительные конструктивные преимущества. Однако гибридные стабилизаторы находят ограниченное применение, так как их надежность значительно ниже, а стоимость значительно выше, чем у ИСН.

Компенсационные стабилизаторы постоянного напряжения непрерывного действия обладают следующими достоинствами: высокой точностью стабилизации выходного напряжения и очень малым выходным сопротивлением. Их основной недостаток - малый КПД, который связан с непрерывным выделением мощности на регулирующем (проходном) транзисторе такого стабилизатора, что увеличивает его объем и массу.



Рис.8. Структурная схема (а) компенсационно-го импульсного стабилиза-тора постоянного напряже-ния и временная диаграмма его работы (б)

# ***в) Импульсные стабилизаторы постоянного напряжения***

В последнее время величина КПД, объем и масса ИВЭП стали сдерживающим фактором уменьшения объема и массы всей электронной аппаратуры, что заставило разработчиков ИВЭП искать новые пути их построения. Одним из вариантов решения указанной проблемы явился переход к импульсным стабилизаторам постоянного напряжения. В импульсном стабилизаторе напряжения (ИСН) регулирующее сопротивление заменяется ключом (рис.18, *а),* который преобразует постоянное входное напряжение стабилизатора *Е* в периодическую последовательность прямоугольных импульсов. За ключом ставят сглаживающий фильтр, напряжение на выходе которого равно постоянной составляющей *Uo* последовательности прямоугольных импульсов (рис.8, *б).* Для работы ИСН существенно, что напряжение U*вых = Uo* определяется не только значением входного постоянного напряжения *Е,* но и соотношением интервалов времени T1 и Т2*,* в течение которых ключ замкнут и разомкнут. Изменяя соотношение между T1 и Т2 *(*меняя скважность импульсной последовательности), можно регулировать величину напряжения *ивых* или поддерживать выходное напряжение на одном заранее заданном уровне при изменениях как *Е,* так и тока нагрузки Iн.

В устройстве управления ИСН происходит преобразование сигнала рассогласования между U*вых* и Uвых ном в последовательность импульсов, скважность которых зависит от величины этого рассогласования. При этом работой ключа можно управлять двумя способами. Если формируется импульсная последовательность с постоянным периодом повторения *Т= Т1 + Т2* и меняющейся в зависимости от разности | ΔUвых - ΔUвых ном | длительностью *Т1* то говорят, что такой ИСН работает с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Если же устройство управления замыкает ключ *S* при напряжении на выходе, меньшем некоторого порогового значения *U'nop= UBbIX -* ΔUвых,и размыкает его при превышении порогового уровня *U’’пор = UBblХ + ΔUвых,* то режим работы такого ИСН называют релейным.

Основное достоинство импульсных стабилизаторов состоит в том, что на регулирующем (проходном) элементе рассеивается малая мощность. Действительно, мощность, выделяющаяся на ключе, складывается из трех составляющих: мощности, рассеиваемой ключом в замкнутом состоянии, в разомкнутом состоянии и во время перехода ключа из замкнутого состояния в разомкнутое и обратно. Мощность, выделяющаяся в любом электрическом элементе, равна произведению тока на падение напряжения на нем (*UI*). В идеальном ключе либо *U,* либо *I* равны нулю (в замкнутом состоянии равно нулю падение напряжения, в разомкнутом состоянии равен нулю ток), т.е. в нем не рассеивается никакой мощности. Если же считать, что идеальный ключ еще и переходит из замкнутого состояния в разомкнутое мгновенно, то в таком ключе вообще не будет потерь, следовательно, КПД ИСН в пределе равно 100%. В реальных импульсных стабилизаторах в качестве ключа используют мощный транзистор и обеспечивают такой режим его работы, что рабочая точка транзистора большую часть периода коммутации находится либо в области насыщения, либо в области отсечки, а зону активной области проходит с высокой скоростью только в моменты переключения. Значение средней за период мощности, рассеиваемой на реальном транзисторе, конечно, не равно нулю, но оно намного меньше, чем при его работе в стабилизаторах непрерывного действия. Поэтому импульсные стабилизаторы по сравнению с непрерывными имеют более высокий КПД, а значит, и лучшие массо-габаритные показатели. Кроме того, габариты и масса фильтра ИСН могут быть сильно уменьшены при увеличении частоты коммутации ключа f= 1/*Т.* Поэтому в современных ИВЭП с ИСН стремятся повысить частоту коммутации до значений, близких к граничным частотам мощных транзисторов, используемых в качестве ключей. Для биполярных транзисторов это частоты, измеряемые десятками килогерц, а для полевых-сотнями килогерц. К недостаткам импульсных стабилизаторов следует отнести сложность как силовой, так и управляющей схем и появление трудно отфильтровываемых импульсных помех.

Известны три основные схемы силовой части ИСН. Они представлены на рис.9.



Рис.9. Импульсные стабилизаторы постоянного напряжения:

а - последовательный; б - параллельный; в - параллельный инвертирующий

В ключевом последовательном стабилизаторе (рис.9, а) - регулирующий элемент (мощный транзистор) и дроссель L включены последовательно с нагрузкой. Транзистор работает в режиме переключений, поочередно переходя из режима насыщения в режим отсечки. При открытом транзисторе энергия от входного источника постоянного напряжения (UBX) передается в нагрузку через дроссель L, в котором накапливается избыточная энергия. Когда транзистор закрывается, накопленная в дросселе энергия через диод передается в нагрузку. Схема управления содержит дифференциальный усилитель (ДУ), источник опорного напряжения (ИОН) и импульсный модулятор (ИМ). На дифференциальный усилитель поступает выходное напряжение (или часть его) и опорное напряжение. С его выхода снимается напряжение разбаланса, которое воздействует на импульсный модулятор - наиболее сложную часть схемы управления. На выходе импульсного модулятора формируется последовательность прямоугольных импульсов, скважность которых пропорциональна разбалансу напряжений, воздействующих на вход дифференциального усилителя. В результате этого на выходе рассматриваемого ИСН создается стабилизированное постоянное напряжение, не превышающее входное.

***В импульсном параллельном стабилизаторе*** *(*рис.9,6) транзистор, работающий в ключевом режиме, подключен параллельно нагрузке. Когда он открыт, ток от источника входного постоянного напряжения проходит через дроссель, запасая в нем энергию. При этом диод *VD* закрыт и блокирует нагрузку, не позволяя конденсатору Сн разряжаться через открытый транзистор. В это время ток в нагрузку поступает только от конденсатора Сн. Когда транзистор закрывается, ЭДС самоиндукции дросселя открывает диод и энергия, запасенная в дросселе, передается в нагрузку, причем ЭДС самоиндукции суммируется с входным напряжением, за счет чего Uвыхоказывается больше, чем *UBX.* В отличие от импульсного последовательного стабилизатора здесь дроссель не является элементом фильтра - в параллельном ИСН фильтр состоит только из одной емкости Сн. Схема управления содержит те же узлы.

***Импульсный параллельный инвертирующий стабилизатор***выполняется по схеме, приведенной на рис.9, в. В отличие от предыдущей схемы здесь параллельно нагрузке подключен дроссель. Регулирующий транзистор (ключ) включается последовательно с нагрузкой. Диод снова отделяет конденсатор фильтра Сн и нагрузку от регулирующего транзистора. В зависимости от параметров дросселя в этом стабилизаторе выходное напряжение может быть больше или меньше входного. Но в обоих случаях полярность выходного стабилизированного напряжения обратна полярности входного.

Наибольшее применение находит последовательный импульсный стабилизатор, так как только в этом стабилизаторе дроссель входит в фильтр. А, как отмечено выше, одним из основных недостатков ИСН является появление импульсных помех и их фильтрация оказывается одной из главных задач в схемах импульсных стабилизаторов. Поэтому параллельные импульсные стабилизаторы требуют введения дополнительных фильтров, что ухудшает их массо-габаритные показатели по сравнению с последовательным ИСН.

Так же, как и в непрерывных стабилизаторах, в схемах управления ИСН применяют микросхемы, но они значительно сложнее микросхем управления НСН, особенно сложной является схема импульсного модулятора. Кроме того, импульсный режим работы приводит и к более сложным схемам согласования силовой части стабилизатора со схемой управления, т.е. весь импульсный стабилизатор оказывается сложнее непрерывного.

Для максимального использования возможностей импульсных стабилизаторов постоянного напряжения ИВЭП с такими стабилизаторами строят по структурным схемам, отличным от схем с НСН.

Во вторичном источнике питания с НСН (рис.10, *а)* напряжете сети поступает на низкочастотный силовой трансформатор, который служит для получения переменного напряжения, необходимого для создания требуемого постоянного напряжения на выходе ИВЭП. В связи с тем, что постоянное напряжение питания транзисторных схем составляет единицы вольт, а стандартное напряжение сети-сотни вольт, силовой трансформатор ВИП для транзисторных схем является понижающим. Низкое переменное напряжение, частота которого равна частоте сети, поступает на выпрямитель, а затем выпрямленное и отфильтрованное напряжение подается на стабилизатор непрерывного действия (он условно изображен в виде переменного резистора). При использовании в ИВЭП импульсного стабилизатора (рис.10, *б)* сетевое напряжение сразу подается на выпрямитель, с выхода которого снимается высокое постоянное напряжение, поступающее на ИСН. На выходе импульсного стабилизатора создается последовательность прямоугольных импульсов, частота следования которых выбирается значительно выше частоты сети. Эти импульсы поступают на понижающий высокочастотный трансформатор с таким коэффициентом трансформации, чтобы на выходе ИВЭП получить требуемую величину постоянного напряжения. Таким образом, в ИВЭП, построенных по второй структурной схеме, переменное напряжение выпрямляется дважды, но зато во втором выпрямителе используются высокочастотный трансформатор и фильтры, работающие на высокой частоте, что приводит к тому, что ИВЭП с импульсными стабилизаторами оказываются меньше по габаритам и массе по сравнению с ИВЭП с непрерывными стабилизаторами постоянного напряжения.



Рис.10. Структурные схемы вторичных источников питания без преобразования (а) и с преобразованием (б) частоты сети

# ***Заключение***

В настоящее время очень широко применяются импульсные стабилизаторы постоянного напряжения, поскольку у них высокий КПД, малая масса, достаточно высокая надежность и малые габариты, а компенсационные в силу того, что у них низкий КПД, практически не используются. Нестабилизированные применяются крайне редко, поскольку напряжение в сети непредсказуемо, а значит, есть опасность выхода из строя дорогого оборудования. Параметрические очень маломощны и у них низкий коэффициент стабилизации, поэтому их применение ограничено.

# ***Список литературы***

1) В.Н. Ушаков, О.В. Долженко "Электроника: от элементов до устройств", Москва "Радио и связь", 1993,

) Жеребцов И.П. Основы электроники, "Энергоатомиздат", 1985