

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»
Кафедра «Автоматизация производственных процессов»

Исследование транзисторных преобразователей напряжения

Методические указания к выполнению
лабораторной работы по курсу «Электроника и схемотехника»
для студентов очной и заочной форм обучения
направления подготовки 09.03.04 «Программная инженерия»

Курган 2018

Кафедра: «Автоматизация производственных процессов»

Дисциплина: «Электроника и схемотехника»

Составил: старший преподаватель А.А. Иванов

Утверждены на заседании кафедры «11» октября 2018 г.

Рекомендованы методическим советом университета «20» декабря 2017 г.

Содержание

Введение	4
1 Импульсные источники электропитания	4
1.1 Импульсные преобразователи с самовозбуждением	6
1.2 Импульсные транзисторные преобразователи с внешним возбуждением	9
1.3 Однотактные транзисторные преобразователи напряжения	11
1.4 Двухтактные транзисторные преобразователи напряжения	18
2 Задание на лабораторную работу	23
Список использованной литературы	24

Введение

Данные методические указания являются руководством для выполнения лабораторной работы по теме «Исследование транзисторных преобразователей напряжения».

Преобразователь электрической энергии — это электротехническое устройство, предназначенное для преобразования параметров электрической энергии: напряжения, частоты, числа фаз, формы сигнала. Преобразователи электрической энергии реализуются, как правило, на основе транзисторных преобразователей напряжения.

Основными достоинствами транзисторных преобразователей напряжения являются: высокий коэффициент полезного действия, малые габариты и масса, высокая удельная мощность. Это достигается благодаря применению ключевого режима работы силовых элементов – транзисторов. В ключевом режиме рабочая точка транзистора большую часть времени находится в области насыщения или области отсечки, а зону активного (линейного) режима проходит с высокой скоростью за очень малое время переключения. При этом в области насыщения напряжение на транзисторе близко к нулю, а в режиме отсечки в транзисторе отсутствует ток, благодаря чему потери в транзисторе оказываются достаточно малыми. В результате средняя за период коммутации мощность, рассеиваемая в ключевом транзисторе, оказывается намного меньше, чем в линейном регуляторе.

Наиболее часто транзисторные преобразователи напряжения используются как основа современных импульсных источников электропитания.

1 Импульсные источники электропитания

Импульсные источники электропитания в настоящее время получили очень широкое распространение.

На рисунке 1 приведена схема источника вторичного электропитания (ИВЭП), содержащего нерегулируемый сетевой выпрямитель и конвертор

выпрямленного напряжения сети. *Конвертор* состоит из *регулируемого инвертора*, работающего на повышенной частоте (обычно 20...500 кГц), высокочастотного трансформатора, выпрямителя, и фильтра. Для стабилизации выходного напряжения используется устройство управления.

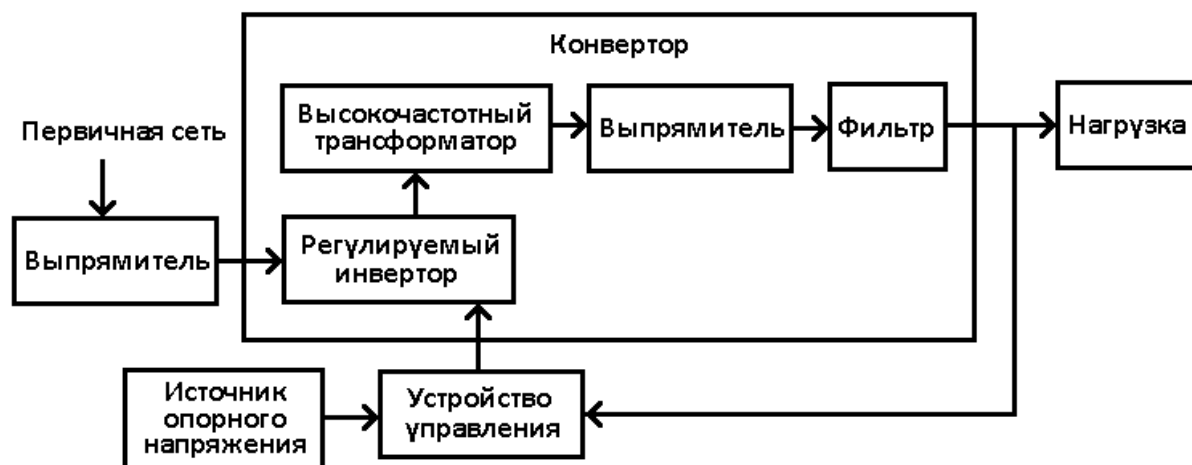


Рисунок 1 –ИВЭП с регулируемым инвертором

Основным элементом конвертора является высокочастотный регулируемый инвертор, который в сочетании с устройством управления и высокочастотным трансформатором называют *регулируемым импульсным преобразователем*.

Импульсный преобразователь, в котором передача энергии осуществляется с помощью трансформатора или дросселя, называется *индуктивным*. Наибольшее распространение получили именно *индуктивные импульсные преобразователи*.

Индуктивные импульсные преобразователи делятся на *дроссельные* (или *автотрансформаторные*) и *трансформаторные*.

Дроссельные и автотрансформаторные преобразователи, где в качестве ключевых элементов используются транзисторы, относят к разряду *импульсных транзисторных преобразователей напряжения*.

Трансформаторные преобразователи можно разделить на *однотактные* и *двухтактные транзисторные преобразователи напряжения*. В однотактных

преобразователях энергия передается на выход только в течение одной части периода преобразования. Если энергия передается при включенном силовом ключе, то такой преобразователь называют *прямоходовым*. Если же энергия передается при выключенном состоянии силового ключа, то преобразователь называют *обратноходовым*. Прямоходовые преобразователи преобразователями с прямым включением диода, а обратноходовые - преобразователями с обратным включением диода.

Двухтактные транзисторные преобразователи напряжения делят на *двухфазные, мостовые* и *полумостовые*. В двухтактных преобразователях используются обе части периода преобразования. В отличие от одноктактных двухтактные преобразователи работают без подмагничивания сердечника трансформатора постоянным током.

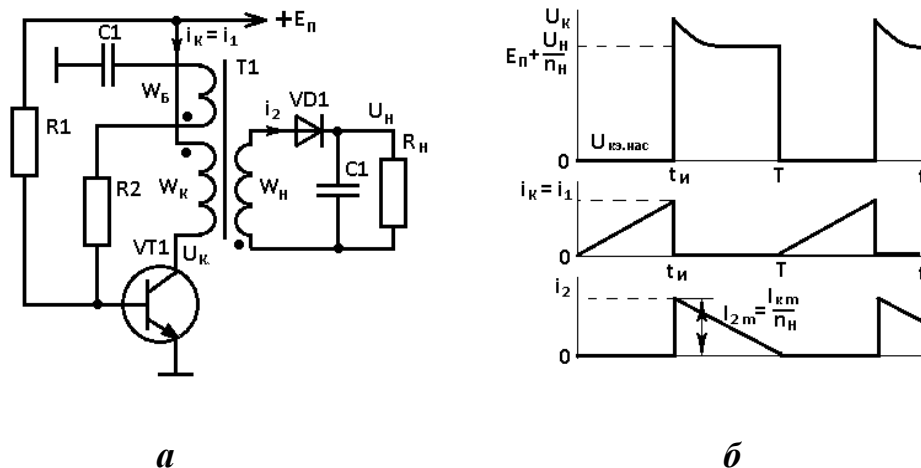
Импульсные транзисторные преобразователи могут быть *нерегулируемыми* и *регулируемыми*. Нерегулируемые преобразователи имеют простую схему, но не способны поддерживать заданный постоянный уровень выходного напряжения.

По способу возбуждения ключевых элементов инвертора транзисторные преобразователи можно разделить на две группы: преобразователи с *самовозбуждением* и преобразователи с *внешним возбуждением*. Преобразователи с самовозбуждением имеют, как правило, невысокий КПД, по этой причине их используют в основном для маломощных ИВЭП.

1.1 Импульсные преобразователи с самовозбуждением

Импульсные транзисторные преобразователи с самовозбуждением могут быть построены по схеме *одноктактных трансформаторных преобразователей*. В одноктактных преобразователях с самовозбуждением (автоколебательных) наибольшее распространение получили схемы с трансформаторной обратной связью, так называемые *блокинг-генераторы*.

На рисунке 2а приведена схема обратноходового транзисторного преобразователя напряжения с самовозбуждением.



а) электрическая схема; б) графики токов и напряжений

Рисунок 2 - Обратногоходовой транзисторный преобразователь с автоколебательным блокинг-генератором

В этой схеме процесс переноса энергии в нагрузку разделен на два этапа. На первом этапе, когда транзистор $VT1$ находится в насыщенном состоянии, происходит процесс накопления энергии в трансформаторе. В это время нагрузка отключена от обмотки w_H при помощи диода $VD1$. Так как базовая цепь представляет очень малую нагрузку, то можно считать, что на этом этапе коллекторный ток транзистора равен току намагничивания:

$$i_k = i_\mu = \frac{L}{E_{II}} t,$$

и, как показано на рисунке 2б, растет линейно во времени.

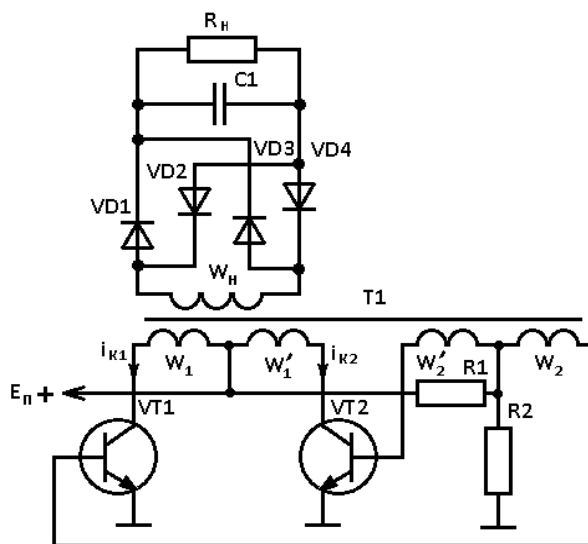
При $t = t_{и}$ ток коллектора достигает максимального значения $i_{км}$, и начинается второй этап, на котором транзистор выходит из насыщения. Ток базы при этом будет равен $i_\sigma = E_{II} n_\sigma / R2$. В результате регенеративного процесса транзистор $VT1$ запирается и на обмотке w_H полярность напряжения меняется, что приводит к отпираанию диода $VD1$, и энергия, накопленная в трансформаторе, поступает в нагрузку.

Выходное напряжение можно определить по формуле

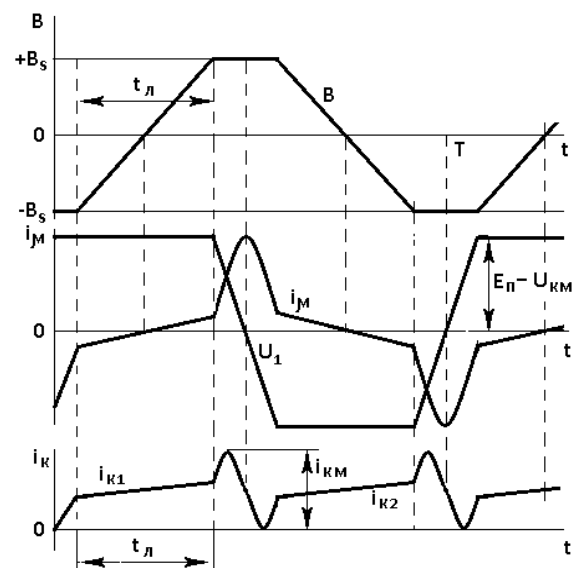
$$U_H = \frac{E_{\Pi} n_H \gamma}{1 - \gamma} \quad (1)$$

Для стабилизации выходного напряжения, как следует из формулы (1), требуется изменять коэффициент заполнения γ при изменении напряжения на нагрузке. Для этого в схему преобразователя может быть введена цепь отрицательной обратной связи, которая регулирует время включенного состояния транзистора $VT1$.

Импульсные транзисторные преобразователи с самовозбуждением могут быть построены и по схеме *двухтактного автоколебательного генератора* с индуктивной обратной связью и насыщающимся сердечником – рисунок 3. В этом генераторе транзисторы $VT1$ и $VT2$ попеременно находятся в состоянии насыщения и отсечки. Поскольку в состояниях насыщения и отсечки транзисторы теряют управление по базе, то для перевода насыщенного транзистора в режим отсечки необходимо вначале перевести транзистор в линейный режим, чтобы восстановилась положительная обратная связь. После восстановления положительной обратной связи возникает регенеративный процесс, в результате которого транзисторы переходят в другое состояние.



а



б

а) электрическая схема; б) графики токов и напряжений

Рисунок 3 - Импульсный транзисторный преобразователь на основе двухтактного автоколебательного генератора

Граница между областями насыщения и линейного режима определяется, так же как в блокинг-генераторе, равенством $I_k = BI_6$. Рассасывание неосновных носителей в базе происходит при увеличении тока коллектора до значения $I_{k \max} = BI_6$. Элементом, который вызывает резкий рост тока коллектора, является насыщающийся сердечник трансформатора. При насыщении сердечника ток намагничивания резко увеличивается и, следовательно, увеличивается ток коллектора транзистора. Когда ток коллектора достигнет значения $I_{k \max}$, транзистор выйдет из насыщения и начнется регенеративный процесс, в результате которого произойдет смена полярности выходного напряжения.

Частота колебаний генератора может быть определена по формуле

$$f = 1/T \approx \frac{4B_S S W_1}{E_{\Pi}} \quad (2)$$

Амплитуда напряжения на выходе данного типа преобразователя определяется значением напряжения питания E_{Π} и коэффициентом трансформации трансформатора T_1 , поэтому реализовать стабилизацию выходного напряжения простыми средствами в данной схеме крайне сложно.

Особенностью схемы двухтактного генератора является работа транзисторов $VT1$ и $VT2$ при напряжении на коллекторе равном удвоенному напряжению питания. По этой причине данная схема применяется, как правило, при напряжении источника питания не превышающем 50В.

Еще одной неприятной особенностью как одноктактных, так и двухтактных преобразователей с самовозбуждением является протекание через транзисторы больших импульсных токов в момент насыщения магнитопровода трансформатора.

1.2 Импульсные транзисторные преобразователи с внешним возбуждением

Обобщенная структурная схема регулируемого импульсного транзисторного преобразователя с внешним возбуждением приведена на рисунке 4.

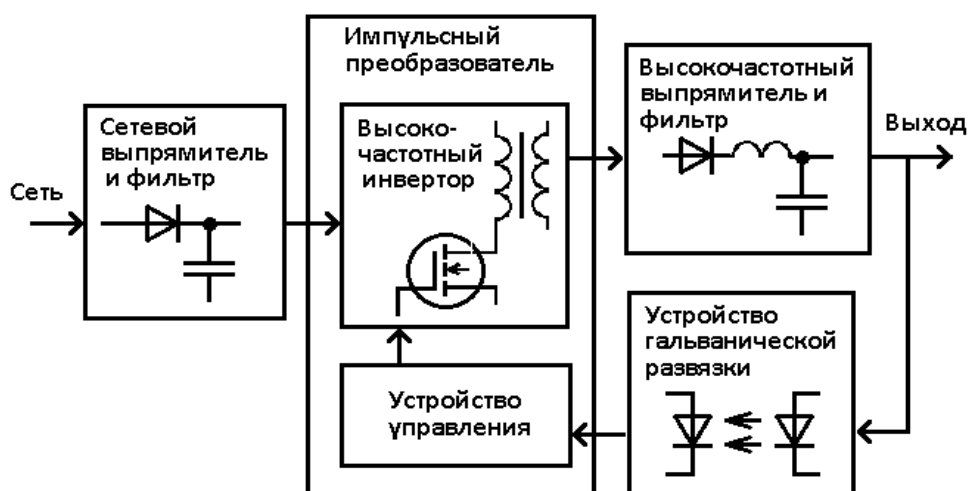


Рисунок 4 - Обобщенная структурная схема импульсного источника питания

Сетевое напряжение (50 или 60 Гц) выпрямляется сетевым выпрямителем и заряжает конденсатор фильтра, имеющий достаточно большую емкость. При напряжении питающей сети 220В постоянное напряжение на конденсаторе составляет примерно 310В.

Постоянное напряжение с выпрямителя поступает на вход импульсного транзисторного преобразователя, который преобразует его в высокочастотные импульсы прямоугольной формы. Частота импульсного напряжения обычно лежит в пределах от 20 до 500 кГц. С увеличением частоты преобразования увеличивается удельная мощность ИВЭП, но одновременно растут и потери в элементах преобразователя, что приводит к снижению его КПД.

В большинстве случаев высокочастотный инвертор работает на фиксированной частоте, а регулирование выходного напряжения

обеспечивается за счет *широотно-импульсной модуляции* управляющих сигналов, управляющих работой силовых транзисторов. Широотно-импульсное регулирование выполняется при помощи *схемы управления* (обычно это специализированная микросхема), на вход которой, с целью стабилизации выходного напряжения, подается сигнал обратной связи –напряжение с выхода ИВЭП.

Для обеспечения гальванического развязки по сигналу обратной связи: выхода ИВЭП от силовой сети, в трансформаторных схемах инверторов обычно используются оптроны или импульсные трансформаторы.

С выхода преобразователя напряжение поступает на высокочастотный выпрямитель с емкостным фильтром. При высокой частоте преобразования к элементам выпрямителя и фильтра предъявляются очень жесткие требования: время восстановления обратного сопротивления выпрямительных диодов должно лежать в пределах от 10 до 100 нс, а конденсаторы фильтра должны иметь минимальные потери на высокой частоте.

Внешнее возбуждение инвертора позволяет не только организовать стабилизацию выходного напряжения ИВЭП, но и ввести в схему дополнительные элементы, повышающие надежность преобразователя.

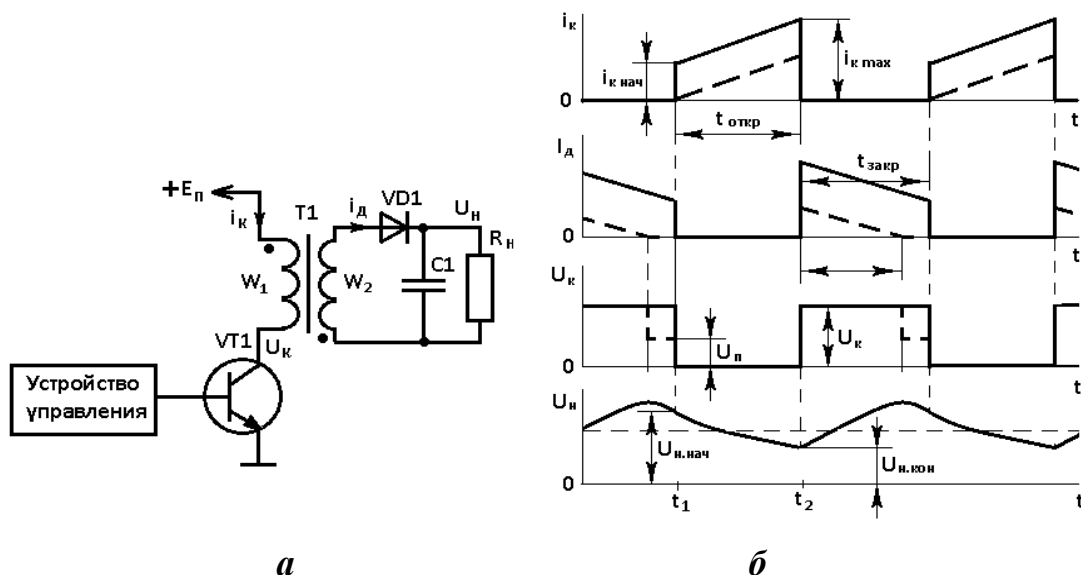
1.3 Однотактные транзисторные преобразователи напряжения

В однотактных транзисторных преобразователях, как было указано выше, энергия в нагрузку может передаваться либо при включенном силовом ключе, либо при выключенном силовом ключе. В первом случае преобразователи называются *прямоходовыми*, а во втором – *обратноходовыми преобразователями напряжения*.

Однотактные транзисторные преобразователи используются в тех случаях, когда выходная мощность источника не превышает 300 Вт: источники питания программируемых контроллеров, мониторов, принтеров, устройств управления технологическим оборудованием.

На рисунке 5 изображена электрическая схема, графики токов и напряжений *обратноходового преобразователя напряжения с внешним возбуждением*.

Устройство управления подает на базу силового транзистора $VT1$ прямоугольные импульсы, переводящие его в открытое состояние. Открытому состоянию силового транзистора $VT1$ при этом соответствует закрытое состояние выпрямительного диода $VD1$, вследствие чего в данном состоянии силовой схемы забираемая от первичного источника энергия накапливается в индуктивности намагничивания силового трансформатора $T1$.



а) электрическая схема; б) графики токов и напряжений

Рисунок 5 – Обратноходовый транзисторный преобразователь напряжения

В закрытом состоянии $VT1$ происходит открывание $VD1$, через который накопленная ранее энергия поступает в нагрузку и на конденсатор фильтра $C1$.

Силовой ключ в однотактном преобразователе может представлять собой не только биполярный транзистор, как показано на рисунке 4.7, но и полевой транзистор.

Силовой трансформатор $T1$ в рассматриваемой схеме выполняет функцию накопителя электрической энергии.

Графики токов и напряжений, иллюстрирующие работу обратного преобразователя, приведены на рисунке 5б.

Пусть в произвольно выбранный момент t_1 произошло открытие мощного транзистора $VT1$ и к началу первичной обмотки w_1 трансформатора $T1$ (показано точкой на рисунке 5а) оказался приложенным положительный потенциал от первичного источника $U_{\text{п}}$, а к концу обмотки - отрицательный. При этом напряжение на вторичной обмотке, суммируясь с напряжением на конденсаторе фильтра $C1$, закрывает ранее открытый выпрямительный диод $VD1$ и нагрузка от силового трансформатора отключается.

Коллекторный ток силового транзистора нарастает по линейному закону

$$i_{\text{к}} = i_{\text{к нач}} + U_{\text{п}} t / L, \quad (3)$$

где L - индуктивность намагничивания трансформатора, приведенная к его первичной обмотке; $i_{\text{к нач}}$ - ток в коллекторе транзистора в момент открытия транзистора $VT1$.

К моменту закрывания транзистора управляющим сигналом устройства управления (t_2 на рисунке 5а) ток в его коллекторе и в индуктивности намагничивания силового трансформатора достигает своего максимального значения

$$i_{\text{к max}} = i_{\text{к нач}} + U_{\text{п}} t_{\text{откр}} / L, \quad (4)$$

где $t_{\text{откр}}$ - длительность открытого состояния транзистора $VT1$.

В течение рассматриваемого интервала напряжение на нагрузке, отключенной от первичного источника закрытым диодом $VD1$, уменьшается по закону

$$u_{\text{н}} = U_{\text{н.нач}} e^{-t/R_{\text{н}} C1}, \quad (5)$$

где $U_{\text{н.нач}}$ - напряжение на нагрузке в момент открытия транзистора $VT1$; $R_{\text{н}}$ - сопротивление нагрузки; $C1$ - емкость конденсатора фильтра.

К концу рассматриваемого интервала напряжение на нагрузке достигает значения

$$u_{H \text{ кон}} = U_{H \text{ нач}} e^{-t_{\text{откр}}/R_H C_1} . \quad (6)$$

После того как в момент t_2 закрывается транзистор, полярности напряжений на обмотках силового трансформатора изменяются на противоположные исходным, выпрямительный диод $VD1$ открывается, и в нагрузку начинает поступать энергия, накопленная в силовом трансформаторе в течение предыдущего интервала. Ток в индуктивности намагничивания трансформатора $T1$ и ток через диод $VD1$ уменьшаются по мере расходования в нагрузке накопленной энергии.

Если принять, что пульсации напряжения на нагрузке невелики по сравнению с его номинальным значением, то уменьшение тока i_d через диод и через индуктивность намагничивания трансформатора $T1$, приведенную к его вторичной обмотке, будет иметь линейный характер:

$$i_d = i_{L2} = i_{k \text{ max}}(w_1/w_2) - (U_H t / L_2) , \quad (7)$$

где w_1 и w_2 —соответственно числа витков первичной и вторичной обмоток силового трансформатора; L_2 —индуктивность намагничивания трансформатора, приведенная ко вторичной обмотке.

За время $t = i_{k \text{ max}}L_2(w_1/w_2)/U_H$ ток в диоде $VD1$ и индуктивности намагничивания трансформатора достигает своего нулевого значения.

При работе обратного преобразователя возможны два различных режима – режим непрерывного тока в индуктивности намагничивания силового трансформатора и режим прерывистого тока.

Временные диаграммы, иллюстрирующие работу в режиме прерывистого тока, показаны на рисунке 5 б штриховыми линиями.

Граница режимов непрерывного и прерывистого тока определяется неравенством

$$L1 \geq U_H^2 t_{\text{откр}}^2 / 2I_H U_H (t_{\text{откр}} + t_{\text{закр}})^2 . \quad (8)$$

При выполнении неравенства имеет место режим непрерывного тока, при нарушении – режим прерывистого тока.

Режим непрерывного тока обеспечивает параметрическую стабилизацию выходного напряжения обратноходового преобразователя, а также более жесткую внешнюю характеристику преобразователя. Использование обратноходового преобразователя в режиме прерывистого тока дает возможность получать высокие выходные напряжения (сотни – тысячи вольт) при сравнительно малых коэффициентах трансформации силового трансформатора.

К положительным свойствам обратноходового транзисторного преобразователя следует отнести возможность регулирования напряжения, прикладываемого к мощному транзистору в его закрытом состоянии, и, как следствие этого, возможность более полного использования транзистора и диода по напряжению. Так, для транзистора $T1$ напряжение между коллектором и эмиттером в закрытом состоянии определяется для режима непрерывного тока выражением $U_K = U_{\Pi} (1 + t_{откр}/t_{закр})$ и может регулироваться изменением соотношения между длительностями открытого и закрытого состояний транзистора.

Среднее значение выходного напряжения можно определить по формуле

$$U_H \approx U_{\Pi} n \gamma / (1 - \gamma), \quad (9)$$

где $n = w_1 / w_2$ – коэффициент трансформации трансформатора $T1$; γ – коэффициент заполнения импульсов устройства управления.

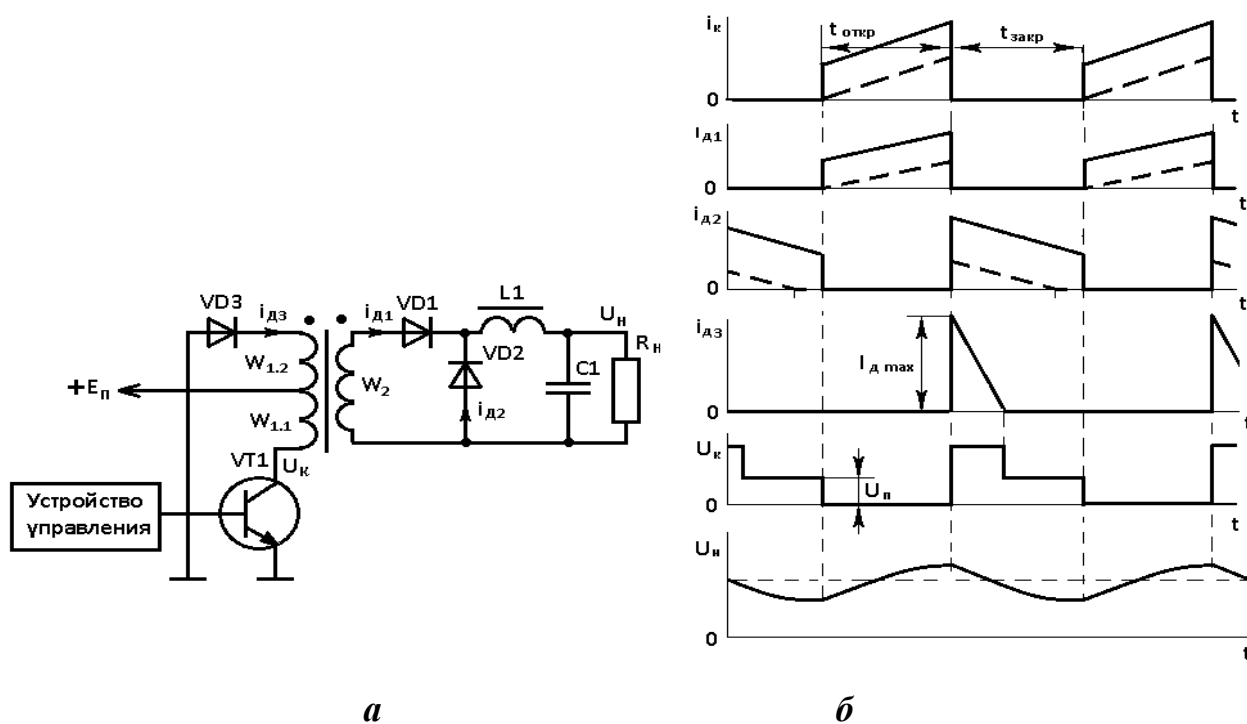
Как видно из формулы (9), выходное напряжение обратноходового преобразователя в общем случае определяется только напряжением питания и коэффициентом заполнения γ , т. е. регулирование выходного напряжения возможно только за счет ШИМ сигнала управления.

Недостатком схемы обратноходового транзисторного преобразователя является значительное перенапряжение на коллекторе силового транзистора $VT1$ вследствие наличия индуктивности рассеяния трансформатора $T1$. Кроме этого, магнитопровод трансформатора работает с подмагничиванием

постоянным током, поэтому для предотвращения его насыщения магнитопровод выполняется с воздушным зазором, что приводит к увеличению габаритов трансформатора.

На рисунке 6 изображена электрическая схема, графики токов и напряжений *прямоходового транзисторного преобразователя напряжения с внешним возбуждением.*

Прямоходовые транзисторные преобразователи напряжения характеризуются непосредственной передачей электрической энергии от



а) электрическая схема; б) графики токов и напряжений

Рисунок 6 – Прямоходовый транзисторный преобразователь напряжения

первичного источника в нагрузку в режиме открытого состояния одновременно обоих полупроводниковых приборов $VT1$ и $VD1$; в момент их одновременного закрывания передача энергии в нагрузку прекращается.

Таким образом, силовой трансформатор $T1$ в данной схеме используется по своему традиционному назначению – для трансформации напряжения, и следовательно, в отличие от обратных преобразователей, должен

характеризоваться минимальной энергией, накапливаемой в его индуктивности намагничивания.

Устройство управления подает на базу силового транзистора $VT1$ прямоугольные импульсы, переводящие его в открытое состояние. При открытом транзисторе $VT1$ его коллекторный ток определяется выражением (4), для режима прерывистого тока $I_{к.нач} = 0$. Через открытый диод $VD1$ и дроссель фильтра $L1$ энергия первичного источника при этом поступает в нагрузку и заряжает конденсатор $C1$.

Дроссель $L1$ на выходе выпрямителя ограничивает выходной ток транзистора в момент его отпирания, а также совместно с конденсатором $C1$ образует фильтр пульсаций.

В момент закрывания транзистора $VT1$ происходит и закрывание диода $VD1$. В этот момент контур тока дросселя $L1$ замыкается через вновь открывшийся дополнительный диод $VD2$.

Для размагничивания магнитопровода силового трансформатора $T1$ и возвращения его в исходное состояние в прямоходовом преобразователе напряжения как правило используется специальная размагничивающая (рекуперационная) обмотка. В момент закрывания транзистора $VT1$ через возвратный диод $VD3$ рекуперационная обмотка подключаются параллельно питанию преобразователя (рисунок 6а) и передает накопленную в трансформаторе реактивную энергию в источник питания.

Если не учитывать потери в элементах преобразователя, то среднее значение выходного напряжения можно определить по формуле

$$U_H = nE \gamma, \quad (10)$$

где $n = w_1 / w_2$ – коэффициент трансформации трансформатора $T1$; γ – коэффициент заполнения импульсов устройства управления.

При использовании данной схемы можно получить примерно вдвое большую мощность на выходе, чем в схеме преобразователя с обратным

включением диода, поскольку форма тока коллектора транзистора $VT1$ здесь близка к прямоугольной. Максимальное значение тока коллектора зависит от индуктивности первичной обмотки, сопротивления нагрузки R_H и емкости конденсатора фильтра $C1$.

Таким образом, к недостаткам прямоходовых преобразователей следует отнести более сложную схему, недостаточное использование трансформатора из-за подмагничивания постоянным током, повышенные напряжения на элементах схемы. Существенным недостатком является так же необходимость использования дросселя $L1$, размеры которого сопоставимы с размерами трансформатора $T1$.

1.4 Двухтактные транзисторные преобразователи напряжения

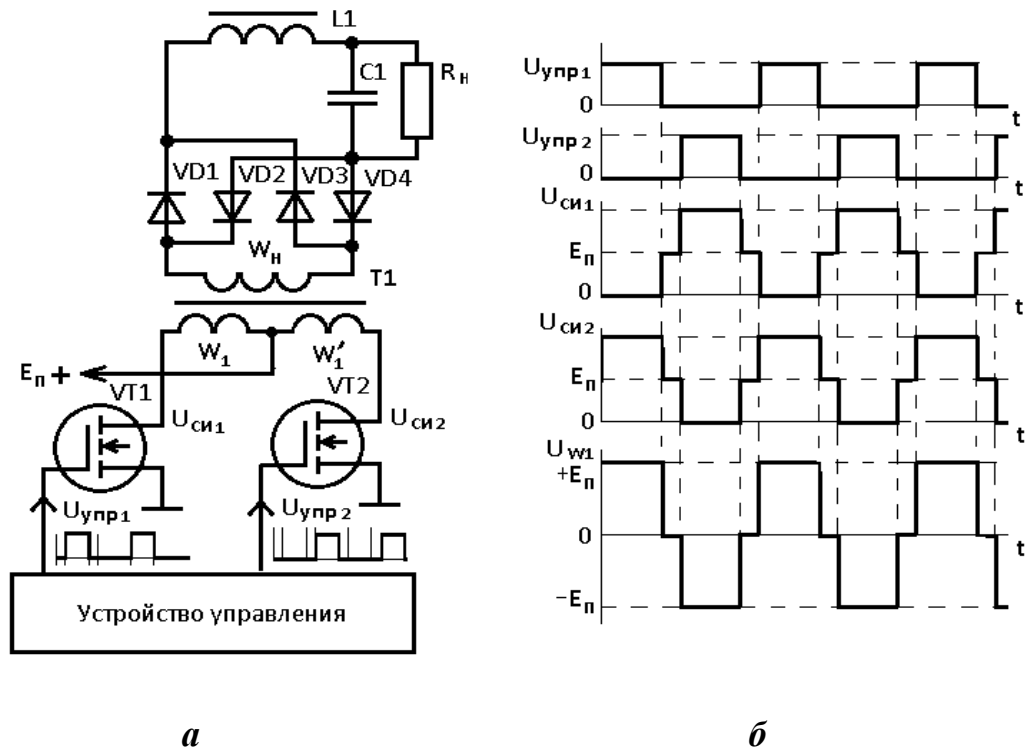
В двухтактных транзисторных преобразователях энергия передается на выход в течение обоих полупериодов преобразования. В отличие от однотактных, двухтактные преобразователи работают без подмагничивания сердечника трансформатора постоянным током, благодаря чему имеют более высокую удельную мощность и КПД. Двухтактные преобразователи обычно используются при выходной мощности от 200 Вт до 3 кВт: источники питания устройств ЧПУ, компьютеров, серверов, электроприводов, индукционных печей, сварочного оборудования.

Двухтактные транзисторные преобразователи напряжения делят на двухфазные, мостовые и полумостовые.

На рисунке 7 изображена электрическая схема и графики напряжений *двухтактнодвухфазного транзисторного преобразователя напряжения с внешним возбуждением.*

Устройство управления генерирует импульсы управления транзисторами $VT1$ и $VT2$ (на рисунке 7 б они обозначены $U_{упр1}$ и $U_{упр2}$), имеющие одинаковую длительность и отделенные друг от друга на величину так

называемого защитного интервала – времени, в течение которого транзистор успевает перейти из полностью открытого состояния в закрытое. Неравенство длительности управляющих импульсов ведет к протеканию через



а) электрическая схема; б) графики напряжений
Рисунок 7– Двухтактный двухфазный транзисторный преобразователь напряжения

магнитопровод трансформатора $T1$ тока подмагничивания, что потребовало бы увеличения размеров магнитопровода трансформатора для предотвращения его насыщения.

Напряжение на стоках транзисторов $U_{си1}$ и $U_{си2}$ имеет вид прямоугольных импульсов с амплитудой равной удвоенному напряжению питания. При этом на первичной обмотке трансформатора w_1 амплитуда напряжения равна напряжению питания $E_{п}$.

Дроссель $L1$ на выходе мостового выпрямителя (рисунок 7а) ограничивает выходной ток транзисторов в момент перехода их в открытое состояние, а также совместно с конденсатором $C1$ образует фильтр пульсаций.

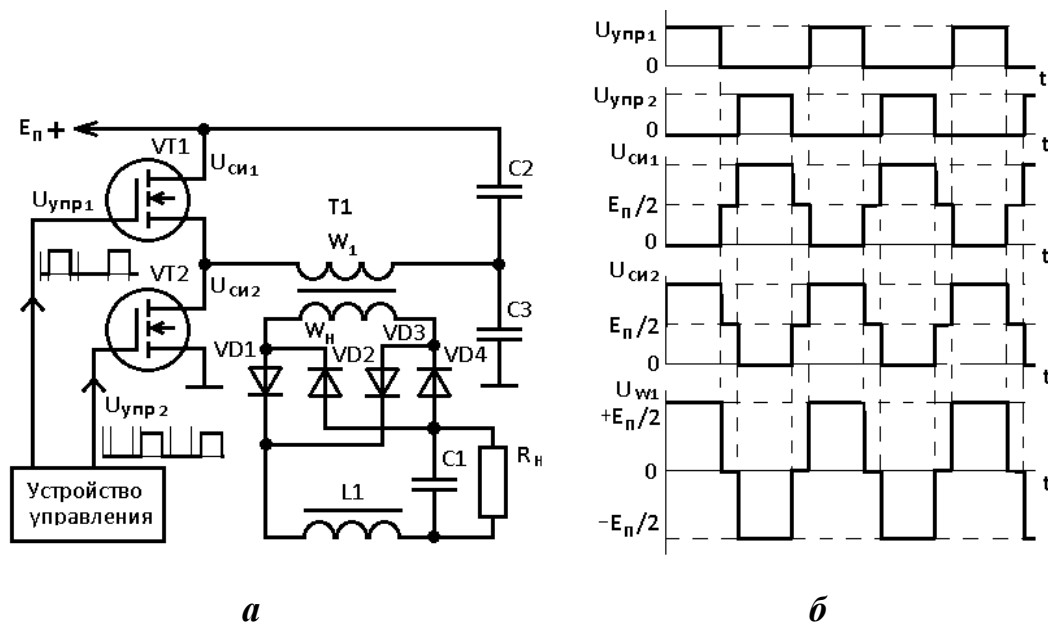
Если пренебречь падением напряжения на диодах выпрямителя и не учитывать длительность защитного интервала между импульсами управления, то среднее напряжение на нагрузке R_H определится по формуле

$$U_H = 2 n E_{\pi} \gamma, \quad (11)$$

где $n = w_1 / w_2$ – коэффициент трансформации трансформатора $T1$; γ – коэффициент заполнения импульсов устройства управления для одного из транзисторов.

Достоинством схемы двухтактного двухфазного преобразователя напряжения является возможность подключения устройства управления к силовым ключам *непосредственно*, без использования схем гальванической развязки. Ограничения в применении данной схемы связаны с работой транзисторов при напряжении на выходе равном удвоенному напряжению питания, поэтому в качестве преобразователей для сетевых ИВЭП данная схема не используется.

На рисунке 8 изображена электрическая схема и графики напряжений *двухтактного полумостового транзисторного преобразователя напряжения с внешним возбуждением*.



а) электрическая схема; б) графики напряжений

Рисунок 8—Двухтактный полумостовой транзисторный преобразователь напряжения

Здесь первичная обмотка трансформатора включена в диагональ моста, на другую диагональ которого подается напряжение питания (рисунок 8а). При этом в точке соединения конденсаторов $C1$ и $C2$ – правое плечо моста, при протекании через них переменного тока, формируется постоянное напряжение равное половине напряжения питания. Левое плечо моста образуют транзисторы $VT1$ и $VT2$.

По сигналам с устройства управления, как и в схеме двухтактного двухфазного преобразователя, транзисторы $VT1$ и $VT2$, поочередно открываясь, формируют на первичной обмотке w_1 трансформатора $T1$ прямоугольные импульсы с амплитудой $E_n/2$ (см. рисунок 8б). При этом амплитуда напряжения на выходных переходах силовых транзисторов $U_{си1}$ и $U_{си2}$ не превышает значения напряжения питания E_n , что выгодно отличает эту схему от двухтактного двухфазного преобразователя.

Если не учитывать потери в элементах преобразователя, то среднее значение выходного напряжения на нагрузке R_n можно определить по формуле

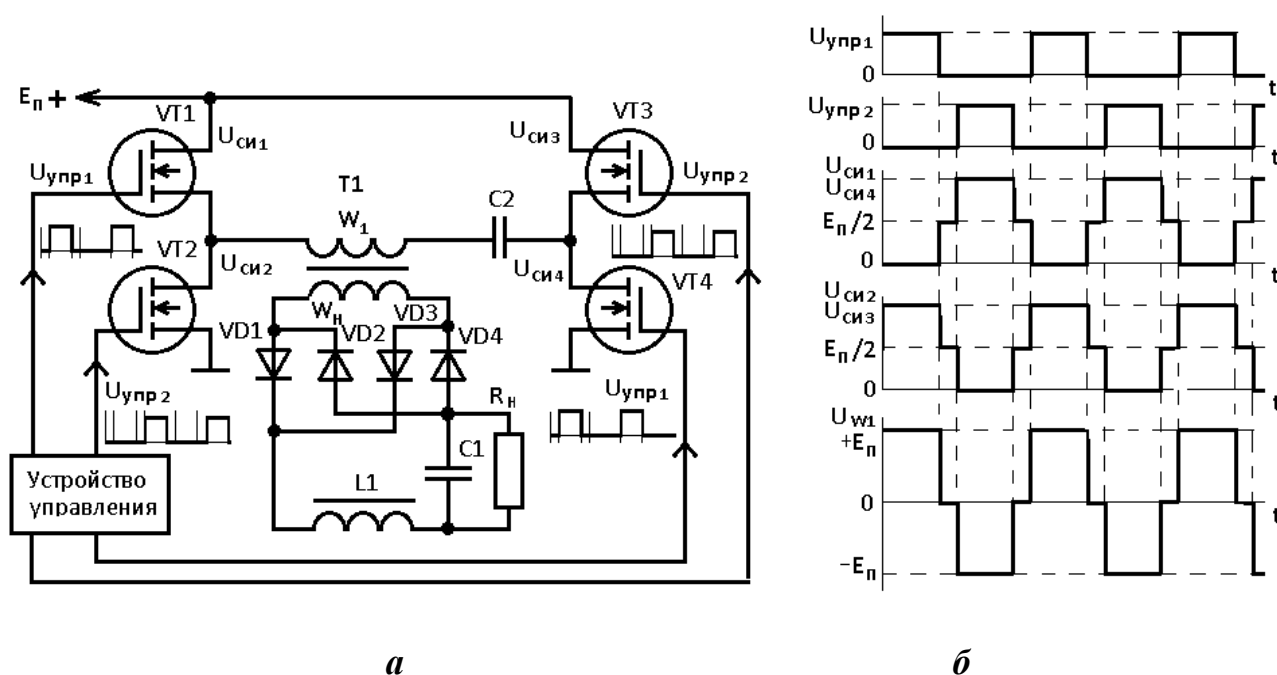
$$U_H = nE_{II} \gamma, \quad (12)$$

где $n = w_1 / w_2$ – коэффициент трансформации трансформатора $T1$; γ – коэффициент заполнения импульсов устройства управления для одного из транзисторов.

Особенностью схемы двухтактного полумостового транзисторного преобразователя напряжения является необходимость подключения силовых транзисторов к устройству управления через дополнительные развязывающие трансформаторы или специальные микросхемы.

На рисунке 9 представлена электрическая схема и графики напряжений двухтактного мостового транзисторного преобразователя напряжения с внешним возбуждением.

В этой схеме первичная обмотка трансформатора включена в диагональ моста, на другую диагональ которого подается напряжение питания (рисунк 9 а). Левое плечо моста образуют транзисторы $VT1$ и $VT2$, а правое плечо – транзисторы $VT3$ и $VT4$.



а) электрическая схема; б) графики напряжений

Рисунок 9 - Двухтактный мостовой транзисторный преобразователь напряжения

По сигналам с устройства управления транзисторы $VT1$, $VT4$ и $VT2$, $VT3$ открываются и закрываются попарно поочередно, формируя на первичной обмотке w_1 трансформатора $T1$ прямоугольные импульсы с амплитудой E_n (см. рисунок 9б). При этом амплитуда напряжения на выходных переходах силовых транзисторов $U_{си1}, U_{си2}, U_{си3}, U_{си4}$ не превышает значения напряжения питания E_n .

Конденсатор $C1$, включенный последовательно с первичной обмоткой трансформатора $T1$, предотвращает протекание через обмотку постоянного тока подмагничивания, защищая тем самым трансформатор от возможного насыщения.

В этой схеме также необходимо выполнять подключение силовых транзисторов к устройству управления через дополнительные развязывающие трансформаторы.

Среднее значение выходного напряжения на нагрузке R_n может быть определено по формуле (11).

Вопросы для самоконтроля

1) Почему в схеме обратного преобразователя напряжения с самовозбуждением используется именно однополупериодный выпрямитель?

2) Почему при одинаковом максимальном токе через силовой транзистор обратный одноктактный преобразователь способен передать меньшую мощность, чем прямой одноктактный преобразователь напряжения?

3) Как влияет на размер трансформатора подмагничивание его сердечник?

4) Как наличие индуктивности рассеяния силового трансформатора повлияет на форму напряжений на выводах транзисторов в схеме на рисунке 7?

5) Можно ли на выходе двухфазных преобразователей использовать однополупериодный выпрямитель? Почему?

2 Задание на лабораторную работу

1) Изучить раздел 1 данных методических указаний

2) По заданию преподавателя собрать схемы транзисторных преобразователей, произвести их расчет и проверить правильность результата путем моделирования в программной среде «ElectronicsWorkbench».

3) Результаты исследований отразить в отчете по лабораторной работе.

Список использованной литературы

1 Шустов М.А. Практическая схемотехника. Преобразователи напряжения. – М.: «Альтекс-А», 2002.

2 Мэк Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению/Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. –272 с.

3 Мэк Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению/Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. – 272 с.

4 Кучеров Д. П., Куприянов А. А. Современные источники питания ПК и периферии. Полное руководство.– СПб.: Наука и Техника, 2007. – 352 с.

Иванов Алексей Александрович

Исследование транзисторных преобразователей напряжения

Методические указания к выполнению

лабораторной работы по курсу «Электроника и схемотехника»

для студентов очной и заочной форм обучения

направления подготовки 09.03.04 «Программная инженерия»

Авторская редакция

Подписано в печать 16.01.19	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. 65г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л.	Уч. Изд.л. 1,75
Заказ 9	Тираж 20	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.

640020, г. Курган, ул. Советская 63/4

Курганский государственный университет.