

Источники стабилизированного постоянного напряжения

Стационарные электронные системы требуют подачи электроэнергии к различным установкам, агрегатам, с параметрами (напряжение U , частота f , количество фаз m и т.д.), отличными от обеспечиваемых сетью трехфазного переменного тока в качестве основного источника распределения электроэнергии.

Выпрямители. Общие понятия

Выпрямители преобразуют энергию переменного тока, поступающую от сети переменного тока (подсистема $S1$), в энергию постоянного тока, необходимую потребителю (подсистема $S2$). Существует большое разнообразие схем выпрямителей и, разумеется, множество возможностей для их классификации:

А) По типу схемы выпрямления: схемы со средней точкой (схемы типа «звезда»); мостовые схемы и схемы с поглощающей катушкой (с межфазным трансформатором);

В) По числу фаз источника питания переменного напряжения: однофазные, двухфазные, трехфазные, многофазные (шестифазные, двенадцатифазные и др.);

С) По возможности изменения значения выпрямленного напряжения: управляемые выпрямители (с тиристорами), неуправляемые выпрямители (с диодами) и полууправляемые выпрямители (с тиристорами и диодами).

Д) По характеру нагрузки: активные, индуктивные, емкостные.

Е. По мощности: маломощные (до 100 Вт); средней (до 5000 Вт) и большой (более 5000 Вт) мощности.

Ф По величине выпрямленного напряжения: низковольтные (до 250 В); средневольтные (до 1000 В) и высоковольтные (более 1000 В).

Основными данными, полезными при исследовании выпрямителей, являются: средние и действительные значения напряжения и тока нагрузки, максимальное обратное напряжение на выпрямительном элементе, эффективность, коэффициент пульсаций и т.д.

Схемы выпрямителей со средней точкой и мостовые схемы

Схемы со средней точкой также называются схемами типа «звезда» или однофазными схемами и характеризуются тем, что в течение периода питающего напряжения каждая вторичная фаза пропускает ток только один раз и в одном направлении. В этих схемах (если полупроводниковые приборы являются диодами) вторичная ветвь, мгновенное напряжение которой имеет наибольшее положительное значение в данный момент времени, является проводящей. В зависимости от количества выпрямленных вторичных фаз схемы со средней точкой могут быть однофазными, двухфазными, трехфазными и многофазными (с любым количеством вторичных фаз m_2 , обычно практическое применение имеют только шестифазные $m_2 = 6$ и двенадцатифазные схемы $m_2 = 12$).

Специфическим для этих схем является также тот факт, что одна клемма цепи постоянного тока подключается к средней точке питающего трансформатора (единственным исключением является однофазная схема). Следует подчеркнуть, что в целом количество фаз первичной (m_1) и вторичной (m_2) обмоток, не

обязательно должно совпадать, потому что при правильном расположении обмоток во вторичной обмотке может быть достигнуто другое количество фаз.

Мостовые схемы характеризуются тем, что в течение периода напряжения питания каждая фаза во вторичной обмотке проводит дважды (в обоих направлениях), поэтому эти схемы также называют двухполупериодными схемами выпрямления. Мостовые схемы формируются путем составления двух схем выпрямителей со средней точкой, которые отличаются только полярностью полупроводниковых приборов. Благодаря последовательному соединению, выпрямленное напряжение имеет вдвое большее значение, чем выпрямленное напряжение двух компонентных схем со средней точкой. Мостовые схемы могут быть однофазными, трехфазными, шестифазными и т. д., но из-за большого количества полупроводниковых приборов (вдвое больше, чем в схемах со средней точкой) в основном используются однофазные и трехфазные мостовые схемы.

Приложение 1.

В **Приложении 1** дана схема подключения. Здесь показана простейшая схема AC-DC преобразователя, который преобразует значения $U_1, f_1, m_1 = 1$ в величины $U_0, f_2, m_2 = 1$ (U_1 – действительное значение первичного напряжения, U_0 – среднее значение выпрямленного напряжения, f_1 – частота первичного напряжения, обычно 50 Гц, и $f_2 = 0$). Поскольку при проводимости диода VD, $U_{VD} = 0$, для тока нагрузки I_s следует, что он равен нулю в периоды блокировки и синусоиден в периоды проводимости (**Приложение 1**).

Сам выпрямитель состоит из полупроводникового диода VD, подключенного между трансформатором Т с n_1 витками в первичной обмотке и n_2 витками во вторичной, и нагрузки с сопротивлением R_s . Принимая во внимание, что во вторичной обмотке последовательно с R_s идеальный диод подключен к положительному полупериоду напряжения («+» к аноду диода и «-» к катоду) через нагрузку мы получим ток, значение, которое определяется отношением:

$$i_0 = U_2 / R_s$$

Двухфазная однополупериодная схема с отводом от средней точки

Название схемы происходит от вторичной обмотки трансформатора, выполненной с отводом от средней точки. **Приложение 2.**

Эта схема по сути представляет собой две однофазные однополупериодные схемы, работающие на одной и той же нагрузке. В **Приложении 3** представлены кривые напряжений и токов для анализируемой схемы.

При положительном полупериоде напряжения («+»анод VD1, «-» анод VD2) ток проходит через диод VD1 и нагрузку R_s . При отрицательном полупериоде работает диод VD2, и ток через нагрузку имеет то же направление. Из этого следует, что кривая напряжения на нагрузке по форме и величине повторяет положительные полупериоды на вторичной обмотке трансформатора.

Снижение типичного значения мощности и более эффективное использование трансформатора в схеме с отводом от средней точки объясняется тем, что в первичной обмотке трансформатора мы имеем чистый синусоидальный ток, и сердечник трансформатора не намагничивается постоянным током вторичной

обмотки. Благодаря отводу, намагничивающие силы вторичной обмотки направлены таким образом, что магнитные потоки компенсируют друг друга.

Если обратиться к методу, описанному в предыдущем пункте, то можно утверждать, что коэффициент пульсации для рассматриваемой схемы $\gamma = 0,67$. Теперь перейдем к преимуществам схемы:

а) объем и масса трансформатора уменьшены по сравнению с однофазной однополупериодной схемой;

б) коэффициент γ пульсации ниже;

с) вторичная обмотка трансформатора используется более эффективно.

Если говорить о недостатках, то можно констатировать:

а) технологически неудобно получить отвод на вторичной обмотке трансформатора;

б) в схеме используются два диода. См. приложения 2, 3.

Однофазный мостовой выпрямитель.

Схема однофазного мостового выпрямителя приведена в **Приложении 4**. Она содержит трансформатор Т, для мостовых диодов и нагрузки R_s . Напряжение питания подается на одну из диагоналей моста, а нагрузка – на другую диагональ. В **Приложении 5**, представлены энергетические диаграммы для анализируемой схемы.

При положительном полупериоде питающего напряжения U_2 ток проходит через диод VD3, нагрузку R_s и диод VD2. В это время диоды VD1 и VD4 заблокированы. При отрицательном полупериоде диоды VD1 и VD4 проводят, а диоды VD3 и VD2 заблокированы. Отметим, что ток через нагрузку всегда течет в одном направлении.

Ток вторичной обмотки трансформатора – синусоидальный, и его направление меняется с каждым полупериодом напряжения питания. Из этого следует, что трансформатор используется очень эффективно.

Теперь перейдем к выпрямительным диодам. Если диод проводит ток, приложенное к нему напряжение практически равно нулю. Предположим, что диод VD3 заблокирован, а к аноду приложен отрицательный потенциал. Затем через открытый диод (VD4) к катоду VD3 подается положительный потенциал. Из этого следует, что в анализируемой схеме заблокированные диоды находятся под действием напряжения U_2 во вторичной обмотке трансформатора Т.

Основные соотношения для анализируемой схемы в основном повторяют соотношения предыдущей схемы (за исключением напряжения блокировки диода):

$$U_0 = 0,9U_2; \quad U_2 = 1,11U_0;$$

$$I_0 = 2I_a;$$

$$I_0^{\max.} = I_a^{\max.} = \pi I_a = \frac{\pi}{2} I_0;$$

$$\gamma = 0,67;$$

$$U_{VD}^{\max.} = \sqrt{2}U_2 = 1,57U_0;$$

$$I_2 = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} I_0 = 1,11 I_0;$$

$$I_1 = \frac{I_2}{\eta_T} = \frac{1,11 I_0}{\eta_T} ;$$

$$P_{\text{тип.}} = \frac{P_1 + P_2}{2} = 1,23 P_0 ;$$

$$P_1 = P_2 = 1,11 U_0 \cdot 1,11 I_0 = 1,23 P_0 .$$

Следует отметить, что такой выпрямитель может быть подключен непосредственно к сети переменного тока, без использования трансформатора.

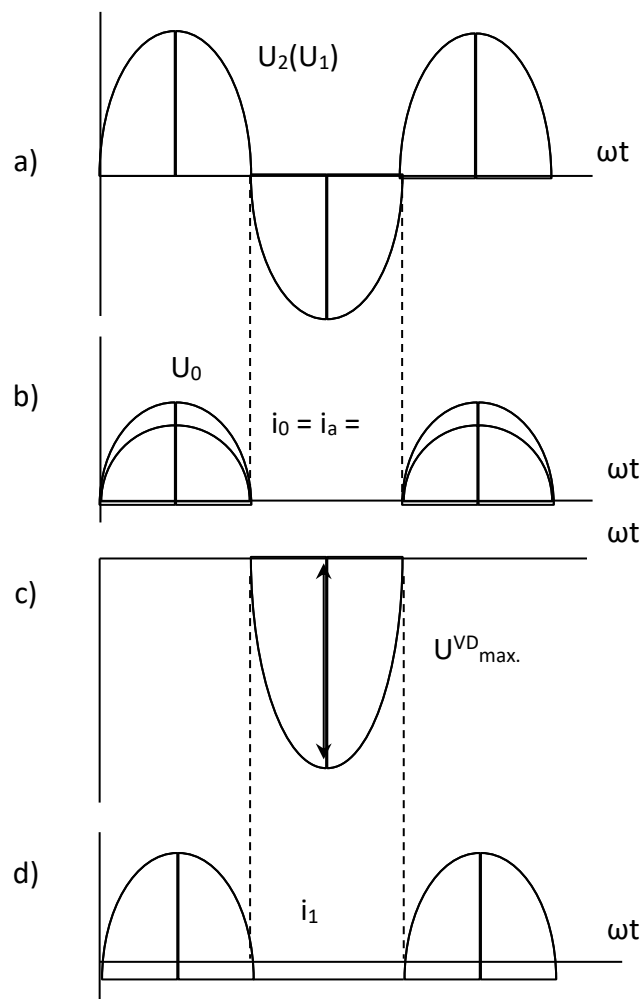
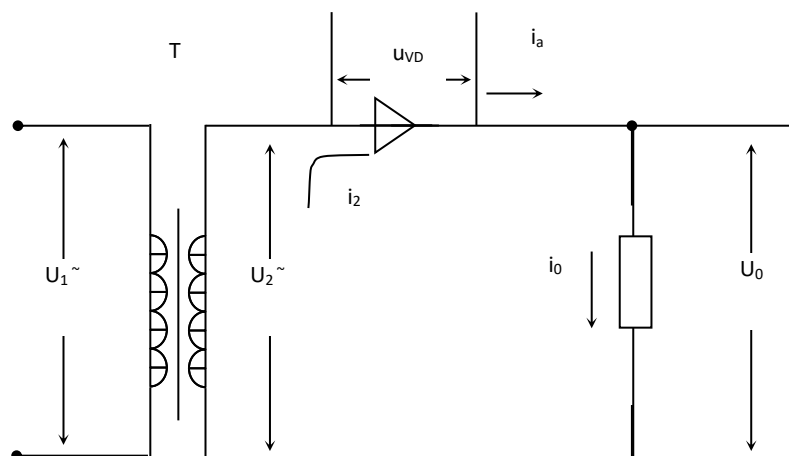
Показатели эффективности схемы, следующие:

- а) типичная мощность трансформатора невелика, что позволяет использовать трансформаторы с малой массой и объемом;
- б) трансформатор не имеет отвода от средней точки, т.е. технология изготовления намного проще и может быть автоматизирована;
- с) напряжение обратного смещения диодов ниже, чем в предыдущей схеме;
- д) мы можем использовать выпрямитель без трансформатора.

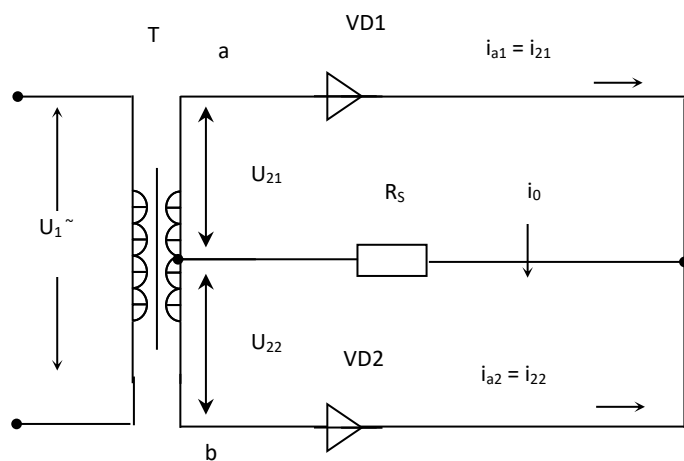
Недостатки анализируемой схемы:

- а) выпрямитель обладает довольно высоким значением внутреннего сопротивления, поскольку проводящие диоды выпрямителя соединены последовательно (два по два);
- б) если один из концов цепи нагрузки R_s находится в нулевой точке схемы, то мы не можем контактировать в этой точке ни с одним из концов вторичной обмотки силового трансформатора.

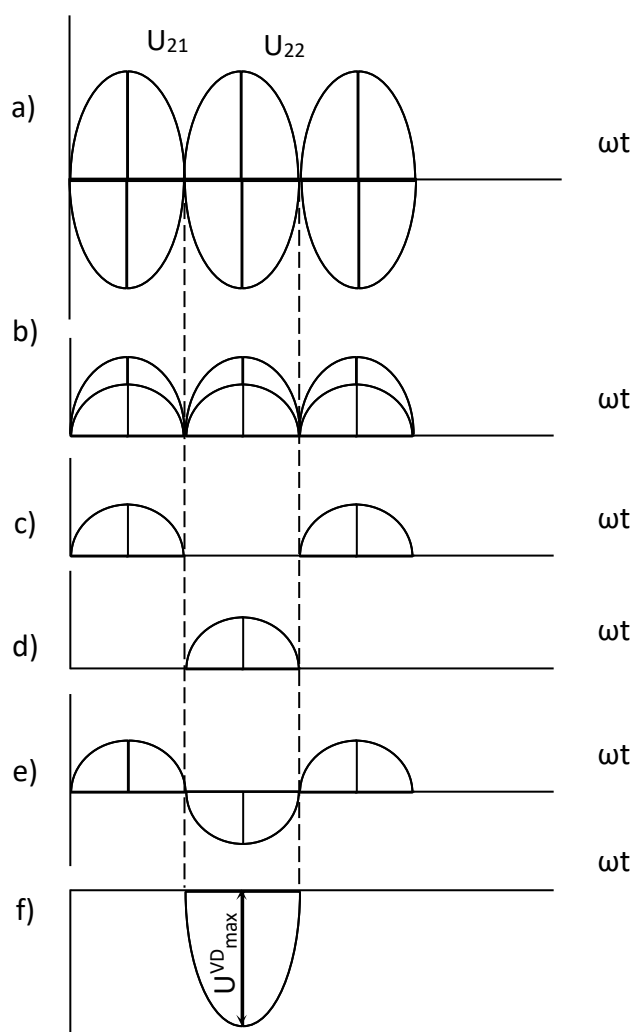
Приложение.1



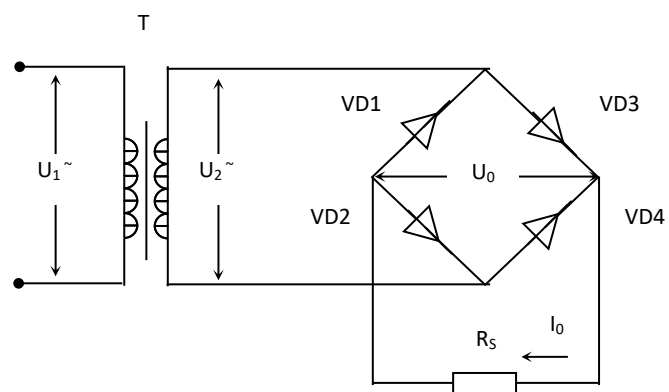
Приложение 2



Приложение 3



Приложение 4



Приложение 5

