



# Трансформаторы для выпрямительных установок

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ: СТУДЕНТ ГРУППЫ 2ТЭИОЭЭО  
ПУШКАРЕВ РОМАН

# Трансформаторы для выпрямительных установок

Во вторичные обмотки трансформаторов для выпрямительных установок включены **вентили** — устройства, обладающие односторонней проводимостью.

Работа трансформатора совместно с вентильными устройствами имеет свои особенности:

- 1) Форма кривых токов в обмотках **несинусоидальная**;
- 2) При некоторых схемах выпрямления имеет место дополнительное подмагничивание сердечника трансформатора.

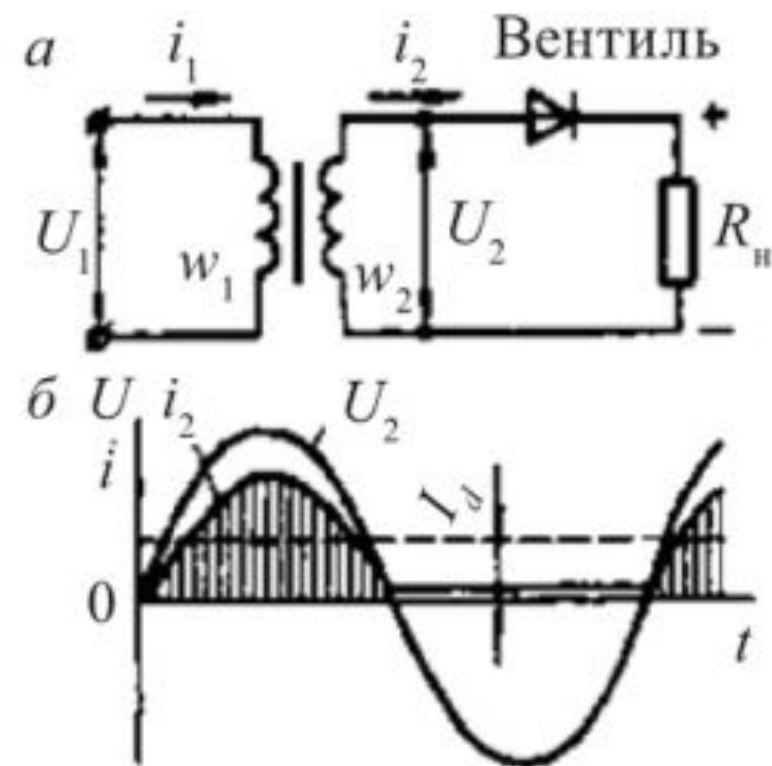
## Работа однофазного трансформатора в схеме однополупериодного выпрямления

Рассмотрим работу однофазного трансформатора в схеме **однополупериодного выпрямления**. Ток во вторичной обмотке этого трансформатора  $i_2$  является пульсирующим, так как он создается только положительными полуволнами вторичного напряжения  $U_2$

Этот пульсирующий ток имеет две составляющие:

постоянную  $I_d = (\sqrt{2}/\pi)(U_2/R_H)$

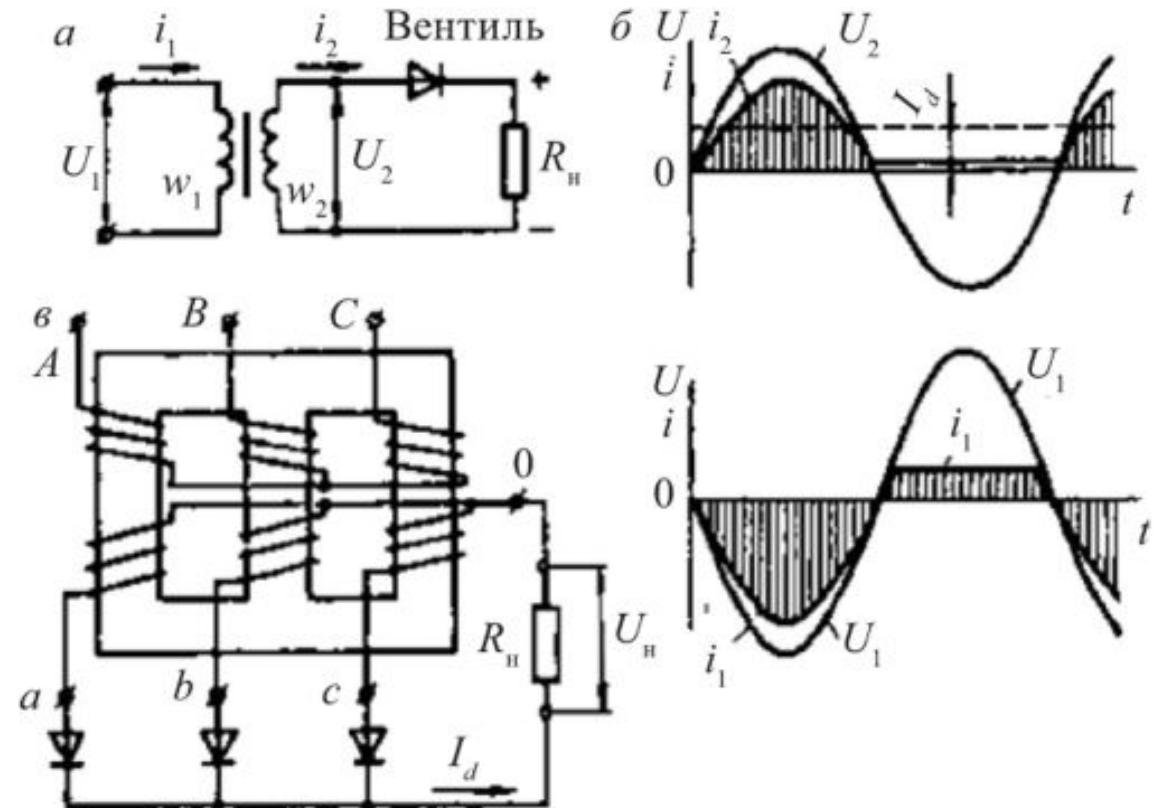
и переменную  $i_{\text{пер}} = i_2 - I_d$



# Работа однофазного трансформатора в схеме однополупериодного выпрямления

Пренебрегая током холостого хода и  
учитывая формулу  $i_{\text{пер}} = i_2 - I_d$ ,  
уравнение МДС  
рассматриваемого  
трансформатора можно записать  
в виде:

$$I_1 w_1 + i_{\text{пер}} w_2 + i_d w_2 = 0$$



## Работа однофазного трансформатора в схеме однополупериодного выпрямления

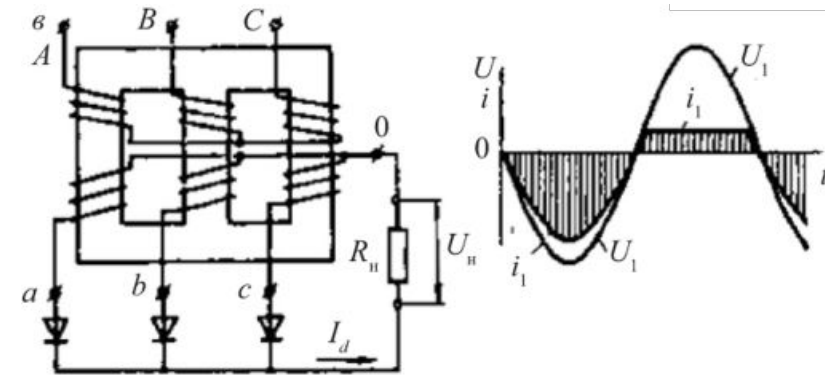
В первичную обмотку трансформируется лишь переменная составляющая вторичного тока в соответствии с формулой

$i_{\text{пер}} = i_2 - I_d$ , поэтому МДС  $I_d w_2$  остается неуравновешенной и создает в магнитопроводе трансформатора постоянный магнитный поток  $\Phi_d$ , называемый **ПОТОКОМ ВЫНУЖДЕННОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ**.

Этот поток вызывает дополнительное магнитное насыщение элементов магнитопровода; для того чтобы такое насыщение не превышало допустимого значения, необходимо увеличить сечение сердечника и ярма. Эта мера приводит к увеличению расхода стали и меди, т. е. **к повышению габаритов, веса и стоимости трансформатора**.

## Работа однофазного трансформатора в схеме однополупериодного выпрямления

Этот недостаток однофазной однополупериодной схемы распространяется и на трехфазную однополупериодную схему при соединении вторичной обмотки трансформатора по схеме «звезда — звезда с нулевым выводом». В указанном случае магнитный поток вынужденного намагничивания  $\Phi_d$  значительно меньше, так как, действуя одновременно во всех трех стержнях магнитопровода, он замыкается **вне магнитопровода** — через медь, воздух, стенки бака — аналогично третьим гармоникам основного магнитного потока.



Работа однофазного  
трансформатора в  
схеме  
однополупериодного  
выпрямления

Однофазную однополупериодную схему применяют только для маломощных выпрямителей, что объясняется не только недостатком, вызванным наличием потока  $\Phi_d$ , но и значительными пульсациями выпрямленного тока.

Трехфазная однополупериодная схема соединения вторичной обмотки «звездой» с нулевым выводом также ограничивается выпрямителями **небольшой мощности.**



## Работа однофазного трансформатора в схеме однополупериодного выпрямления

Если же вторичную обмотку соединить в равноплечий зигзаг с нулевым выводом, то недостатки однополупериодной схемы выпрямления, обусловленные возникновением потока  $\Phi_d$ , устраняются. Объясняется это тем, что при соединении в равноплечий зигзаг на каждом стержне оказываются две вторичные катушки со встречным соединением.

При трехфазной однополупериодной схеме ток  $I_d$ , проходя по всем фазам вторичной обмотки, создает в каждом стержне два потока  $\Phi_d/2$ , но так как эти потоки направлены в разные стороны, то они взаимно уравновешиваются. Это достоинство схемы соединения обмоток в «зигзаг» позволяет применять трехфазную однополупериодную схему при значительных мощностях.



## Работа однофазного трансформатора в схеме однополупериодного выпрямления

В двухполупериодных схемах, когда ток во вторичной цепи трансформатора создается в течение обоих полупериодов, условия работы трансформатора намного лучше и **неуравновешенной МДС не возникает**.

Другим обстоятельством, нежелательно влияющим на работу трансформаторов в схемах выпрямления, является **несинусоидальная** форма токов в обмотках. В результате в первичной и вторичной обмотках появляются токи высших гармоник, ухудшающие эксплуатационные показатели трансформатора, в частности **снижающие его КПД**.

Трансформаторы  
для выпрямительных  
установок

Количественно влияние  
различных причин на работу  
трансформаторов в схемах  
выпрямления зависит от ряда  
факторов: **схем выпрямления,  
наличия сглаживающего  
фильтра, характера нагрузки.**

## Трансформаторы для выпрямительных установок

В связи с тем, что первичный и вторичный токи трансформаторов имеют разные действующие значения (из-за их несинусоидальности), расчетные мощности первичной и вторичной обмоток одного и того же трансформатора неодинаковы ( $S_{1\text{ном}} \neq S_{2\text{ном}}$ ). Поэтому для оценки мощности трансформатора, работающего в выпрямительной схеме, вводятся понятия типовой мощности:

$S_T = 0,5(S_{1\text{ном}} + S_{2\text{ном}}) = 0,5(I_{1\text{ном}} U_{1\text{ном}} + I_{2\text{ном}} U_{2\text{ном}})$  и коэффициента типовой мощности:

$k_T = S_T / P_{d\text{ном}}$ , где выходная мощность, т. е. мощность, поступающая в потребитель постоянного тока:  $P_{d\text{ном}} = U_{d\text{ном}} I_{d\text{ном}}$ , в номинальном режиме.

## Трансформаторы для выпрямительных установок

Типовая мощность трансформатора всегда больше его выходной мощности, т. е.  $k_T > 1$ . Объясняется это тем, что при любой схеме выпрямления  $U_2 > U_d$  и  $I_2 > I_d$ .

Из этого следует, что габариты и масса трансформаторов для выпрямителей всегда **больше**, чем трансформаторов такой же выходной мощности, но при синусоидальных токах в обмотках. Это объясняется тем, что в трансформаторах, работающих в выпрямительных схемах, полезная мощность определяется постоянной составляющей вторичного тока  $I_d$ , а нагрев обмоток — полным вторичным  $I_2$  и первичным  $I_1$  токами, содержащими **высшие гармонические** составляющие.

## Значения коэффициентов напряжения и типовой мощности

При выборе трансформатора для выпрямительной установки или при его проектировании необходимо знать значение коэффициента  $k_T$ .

Значение переменного напряжения на выходе вторичной обмотки трансформатора, необходимого для получения заданного номинального значения постоянного напряжения  $U_{d \text{ ном}}$ , определяется выражением

$U_{2 \text{ ном}} = k_U U_{d \text{ ном}}$ , где  $k_U$  — коэффициент напряжения.

# Значения коэффициентов напряжения и ТИПОВОЙ МОЩНОСТИ

Значения коэффициентов напряжения  $k_u$  и типовой мощности  $k_T$  для некоторых наиболее распространенных схем выпрямления приведены в таблице:

| Схемы выпрямления                              | $k_u$ | $k_T$ |
|--|-------|-------|
| Однофазная однополупериодная                   | 2,22  | 3,09  |
| Однофазная двухполупериодная мостовая          | 1,11  | 1,23  |
| Однофазная двухполупериодная с нулевым выводом | 1,11  | 1,48  |
| Трехфазная с нулевым выводом                   | 0,855 | 1,345 |
| Трехфазная мостовая                            | 0,427 | 1,05  |

Сравнение различных схем выпрямления показывает, что оптимальное использование трансформатора обеспечивается в мостовых схемах выпрямления, для которых коэффициент  $k_T$  имеет минимальные значения.

# Контрольные вопросы по трансформаторам для выпрямительных установок

- 1) Назовите особенности работы трансформатора совместно с вентильными устройствами.
- 2) Почему при работе однофазного трансформатора в схеме однополупериодного выпрямления, ток во вторичной обмотке  $i_2$  является пульсирующим?
- 3) Что нужно сделать для того, чтобы дополнительное магнитное насыщение элементов магнитопровода не превышало допустимого значения?
- 4) Почему однофазную однополупериодную схему применяют только для маломощных выпрямителей?
- 5) Почему при двухполупериодных схемах не возникает неуравновешенной МДС?
- 6) Назовите факторы, от которых количественно зависит влияние различных причин на работу трансформаторов в схемах выпрямления.



# Ответы на контрольные вопросы

- 1) Особенности: форма кривых токов в обмотках несинусоидальная и при некоторых схемах выпрямления имеет место дополнительное подмагничивание сердечника трансформатора.
- 2) Ток во вторичной обмотке трансформатора является пульсирующим, так как он создается только положительными полуволнами вторичного напряжения.
- 3) Для того, чтобы дополнительное магнитное насыщение элементов магнитопровода не превышало допустимого значения необходимо увеличить сечение сердечника и ярма.
- 4) Применение однофазной однополупериодной схемы для маломощных выпрямителей объясняется недостатком, вызванным наличием потока  $\Phi_d$  и значительными пульсациями выпрямленного тока.
- 5) В двухполупериодных схемах ток во вторичной цепи трансформатора создается в течение обоих полупериодов, тем самым условия работы трансформатора намного лучше.
- 6) Количественно влияние различных причин на работу трансформаторов в схемах выпрямления зависит от ряда факторов: схем выпрямления, наличия сглаживающего фильтра, характера нагрузки.