

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАНСФОРМАТОРАХ

Цель работы: изучить назначение трансформаторов и их классификацию.

Основные теоретические сведения

Трансформатором называют статическое электромагнитное устройство переменного тока (без вращающихся частей), предназначенное для преобразования электрической энергии одного уровня напряжения в другой (10 кВ/0,4 кВ; 220 В/110 В).

В общем случае вторичная система переменного тока может отличаться от первичной любыми параметрами: значениями напряжения и тока, числом фаз, формой кривой напряжения (тока), частотой. Наибольшее применение в электротехнических установках, а также в энергетических системах передачи и распределения электроэнергии имеют силовые трансформаторы, посредством которых изменяют значения переменного напряжения и тока. При этом число фаз, форма кривой напряжения (тока) и частота остаются неизменными.

Экономия электрической энергии

Напряжение, вырабатываемое генератором, составляет, как правило, 6, 10 кВ, для уменьшения потерь энергии напряжение вначале повышают для передачи на большие расстояния, а затем уменьшают для питания потребителей (рис. 1.1).

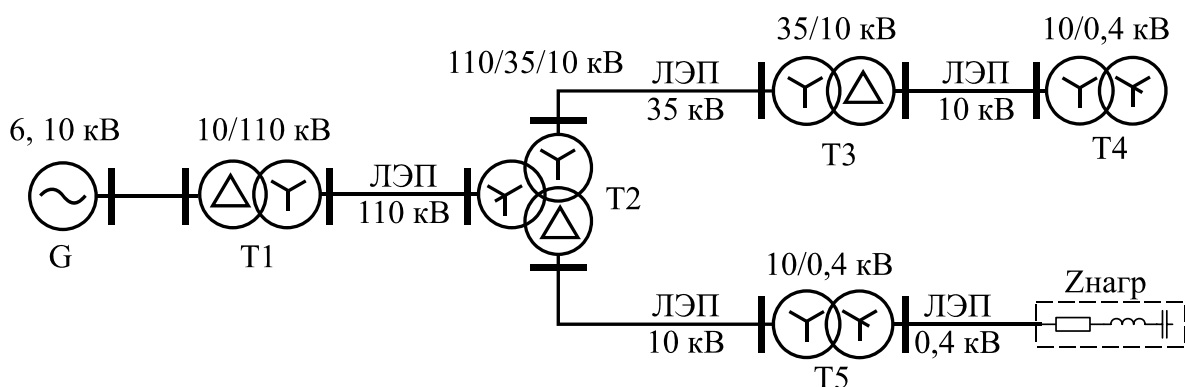


Рис. 1.1. Система электроснабжения

Полная мощность: $S = UI, \text{ВА};$

Потери активной мощности: $\Delta P = I^2 R, \text{Вт};$

Потери напряжения: $\Delta U = IZ, \text{В}.$

В соответствии с представленными выражениями полной мощности, потерями мощности и напряжения можно показать структурно экономию электрической энергии в энергосистеме:

$$S = const \rightarrow U \uparrow \rightarrow I \downarrow$$

$$I \downarrow \rightarrow \Delta P \downarrow$$

$$I \downarrow \rightarrow \Delta U \downarrow$$

Согласование напряжения сети и нагрузки

Большинство бытовых электроприёмников используют для своего питания напряжение 380/220 В переменного тока, получаемое от трехфазных трансформаторов с глухозаземленной нейтралью (см. рис. 1.1, Т4, Т5) по линиям электропередач. В этом случае трансформатор, понижающий напряжение, например с 10 кВ до 0,4 кВ, выполняет функцию согласования напряжения источника к напряжению потребителя.

Обеспечение безопасного питания с помощью трансформатора

Так как в трансформаторе первичная и вторичная обмотки электрически разделены сопротивлением изоляции $R_{ИЗ}$, то электробезопасность при питании электрооборудования для человека более высокая, нежели при питании непосредственно от трансформатора подстанции, у которого нулевая точка заземлена. В случае, если человек касается оголённого фазного провода (рис. 1.2), то он попадает под фазное напряжение U_{ϕ} .

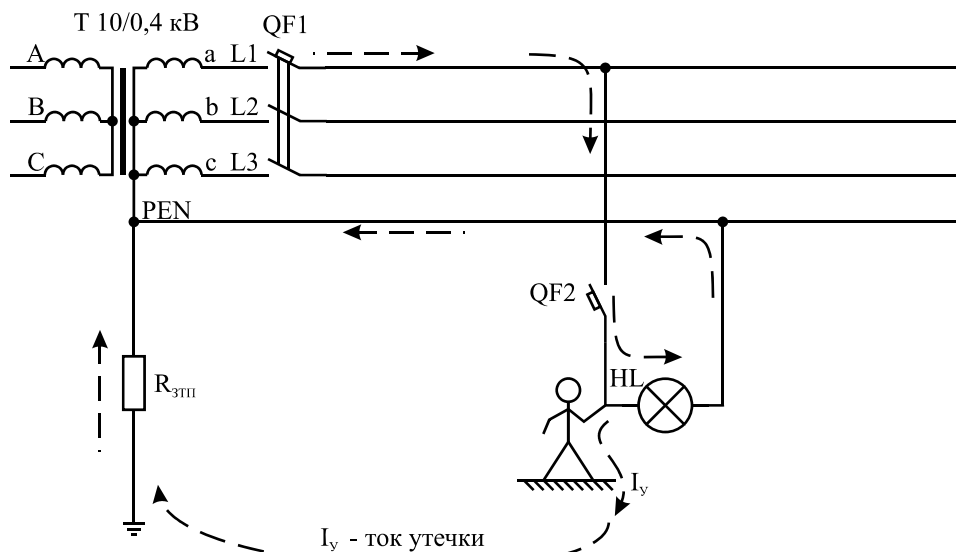


Рис. 1.2. Опасность поражения током при питании потребителя напрямую от трансформатора подстанции

Ток утечки, протекающий через фазу трансформатора, провода, тело человека и заземление подстанции, будет определяться законом Ома. Расчётное сопротивление человека $R_{ЧЕЛ}$ принимается 1 кОм, сопротивление заземления нейтрали трансформатора на подстанции $R_{ЗТП} = 4$ Ом.

$$I_{ЧЕЛ} = I_y = \frac{U\phi}{R_{ЧЕЛ} + R_{ЗТП}} = \frac{220}{1000 + 4} = 0,22 \text{ A}.$$

Протекание тока в 220 мА приведёт к летальному исходу (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Влияние тока на организм человека

Нечувствительный ток	0...0,5 мА
Болевой ток	0,5...8 мА
Ток неотпускания	10 мА
Фибрилляционный ток	50 мА
Смертельный ток	100 мА

Если использовать разделительный трансформатор (рис. 1.3), то человек, коснувшись оголённого провода, не ощутит тока, протекающего через него, поскольку магнитное сопротивление разделительного трансформатора Т2 очень большое.

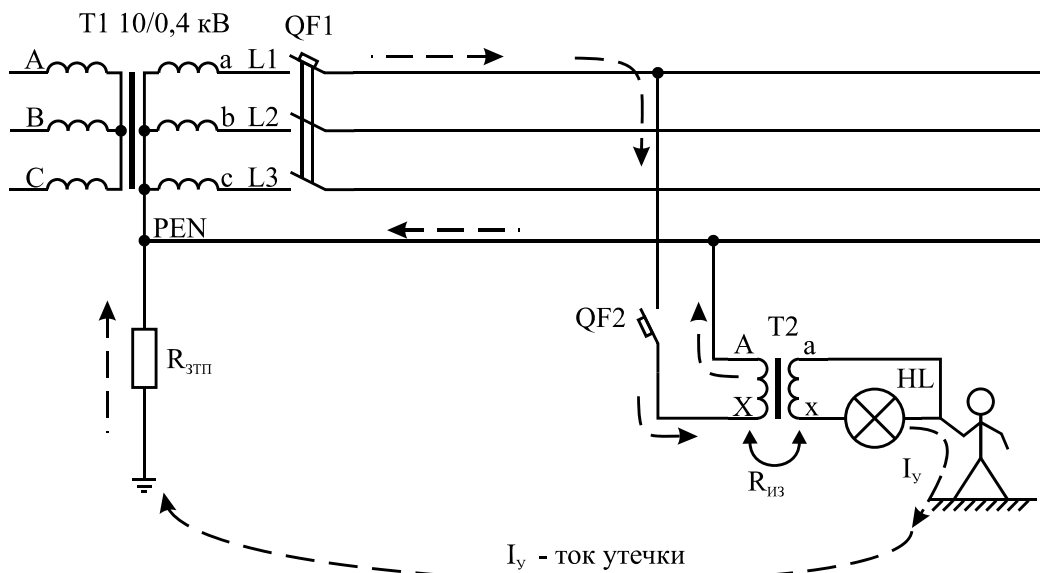


Рис. 1.3. Обеспечение электробезопасности при питании потребителя через разделительный трансформатор

Сопротивление изоляции трансформатора $R_{ИЗ}$ должно быть не ниже 0,5 МОм. Ток утечки I_y , протекающий через тело человека, определяется по закону Ома:

$$I_{ЧЕЛ} = I_y = \frac{U_{\phi}}{R_{ИЗ} + R_{ЧЕЛ} + R_{ЗТП}} = \frac{220}{0,5 \cdot 10^6 + 1000 + 4} = 0,000439 \text{ А}.$$

Как видно из таблицы 1.1, ток в 0,439 мА является нечувствительным для человека.

Кроме разделительных трансформаторов, для повышения электробезопасности могут использоваться устройства защитного отключения (УЗО), реагирующие на ток утечки.

Классификация трансформаторов

Трансформаторы классифицируют по следующим признакам:

- 1) по назначению:
 - а) силовые общего назначения;
 - б) специального назначения:
 - разделительные трансформаторы;
 - измерительные трансформаторы тока;
 - измерительные трансформаторы напряжения;
 - сварочные трансформаторы;
 - выпрямительные трансформаторы;
 - автотрансформаторы;
 - импульсные трансформаторы и др.;
- 2) по числу фаз:
 - а) однофазные (О);
 - б) трёхфазные (Т);
- 3) по системе охлаждения:
 - а) сухие (С);
 - б) масляные (М);
- 4) по числу обмоток, пересекаемых одним магнитным потоком:
 - а) однообмоточные;
 - б) двухобмоточные;
 - в) многообмоточные;
- 5) по типу магнитопровода:
 - а) броневое типа;
 - б) стержневого типа;
 - в) бронестержневого типа.

Силовые трансформаторы общего назначения применяются в линиях передачи и распределения электроэнергии, а также в различных электроустройствах для получения требуемого напряжения, например в блоках питания. Трансформаторы специального назначения характеризуются разнообразием рабочих свойств и конструктивного исполнения, и отличаются принципиальными схемами, маркировкой, бирочными данными, режимами работы (ХХ — холостого хода и КЗ — короткого замыкания).

Разделительные трансформаторы применяются для разделения электрических цепей с целью обеспечения повышенной электробезопасности. Разделительный трансформатор может быть составлен из двух силовых трансформаторов, один из которых понижает напряжение сети, а второй пропорционально повышает (рис. 1.4, а), что эквивалентно трансформатору, в котором первичная и вторичная обмотки имеют одинаковое количество витков, соответственно на вторичной обмотке наводится напряжение, равное напряжению в первичной обмотке (рис. 1.4, б). Такие трансформаторы устанавливают в помещениях с повышенной влажностью (душевых комнатах).

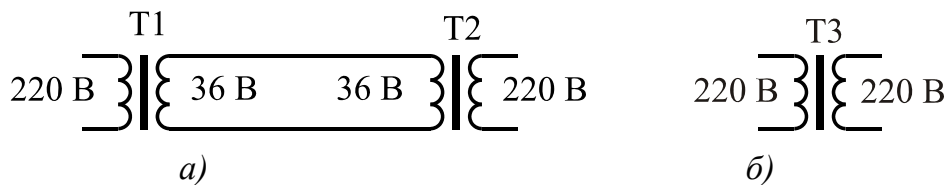


Рис. 1.4. Разделительные трансформаторы:

а — эквивалентная схема; б — условно-графическое обозначение

Трансформаторы тока используются для преобразования тока в первичной обмотке в пропорциональное ему напряжение во вторичной. В отличие от силовых трансформаторов, они работают в режиме короткого замыкания. Такие трансформаторы используют в электрических сетях для измерения токов больших величин, а также для устройств питания релейной защиты сетей и трансформаторов от ненормальных режимов работы. К ним подключают приборы учета электрической энергии (амперметры и токовые обмотки ваттметров, фазометров, счетчиков электрической энергии) и устройства релейной защиты.

Трансформаторы напряжения также используются для питания приборов учёта электрической энергии и средств релейной защиты сетей и трансформаторов от ненормальных режимов работы. К ним подключают обмотки напряжения вольтметров, частотомеров (герцметров), ваттметров, фазометров, счётчиков электрической энергии и обмотки напряжения устройства релейной защиты.

Сварочные трансформаторы — ток вторичной обмотки (сварочный ток) до 1 кА, напряжение холостого хода 60...150 В, крутопадающая внешняя характеристика.

Выпрямительные трансформаторы, в отличие от силовых, обладают большими габаритами, чем у силовых трансформаторов такой же выходной мощности, но при синусоидальных токах в обмотках и предназначены для использования в блоках питания постоянного тока различной маломощной аппаратуры. Выбираются с запасом по мощности с учётом коэффициента типовой мощности, в зависимости от выпрямителя (1,05...3).

Автотрансформаторы применяются для регулирования напряжения. За счёт гальванической (металлической, электрической) связи обмоток имеют меньшую массу, габариты и цену.

Охлаждение обмоток и магнитопровода в трансформаторе осуществляется посредством воздуха (сухие трансформаторы), масла либо сочетания обеих систем охлаждения. Масляное, как и воздушное, охлаждение бывает с естественной и принудительной циркуляцией. Трансформаторное масло обеспечивает изоляцию обмоток между собой и обмоток между сердечником, обеспечивает отвод тепла от обмоток и сердечника, а также является шумоизолятором. К трансформаторному маслу предъявляются следующие требования:

- диэлектрическая прочность — хорошие изоляционные свойства;
- не должно быть увлажненным (силикагель — удаления влаги);
- без различных включений — должно быть чистое.

Последние два требования влияют на изоляционные свойства трансформаторного масла.

По числу обмоток, пересекаемых одним магнитным потоком трансформаторы различают: однообмоточные (рис. 1.5, а); двухобмоточные (рис. 1.5, б); многообмоточные (рис. 1.5, в).

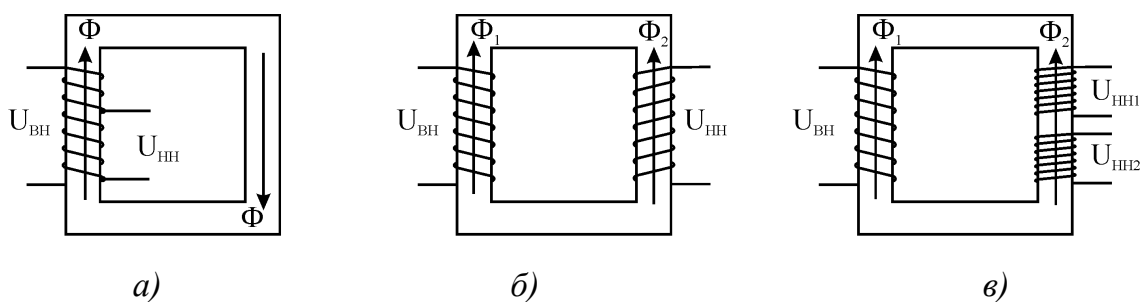


Рис. 1.5. Типы трансформаторов:

а — однообмоточный; б — двухобмоточный; в — многообмоточный

Силовые трансформаторы выполняются с магнитопроводами трёх типов: стержневой — обмотки защищены только с одной стороны (рис. 1.6, а); броневой — обмотки защищены с двух сторон (рис. 1.6, б); бронестержневой — обмотка каждой фазы размещена на отдельном стержне и защищена с двух сторон (рис. 1.6, в).

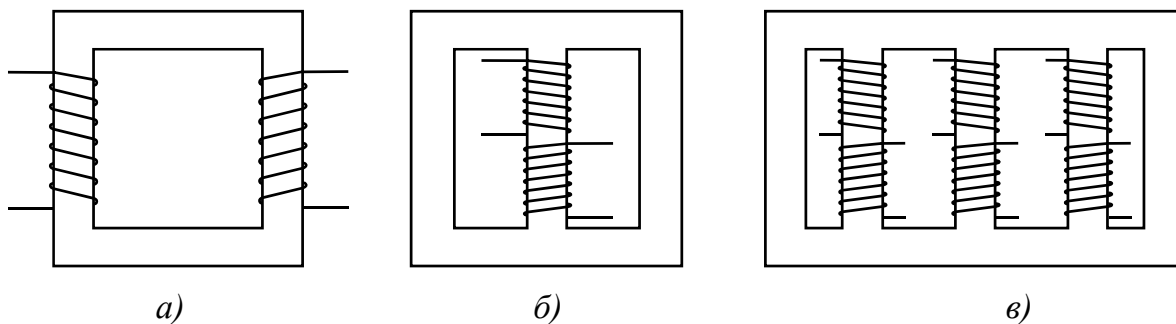


Рис. 1.6. Типы магнитопроводов трансформаторов:
а — стержневой; б — броневой; в — бронестержневой

Магнитопровод в трансформаторе выполняет несколько функций: составляет магнитную цепь, по которой замыкается основной магнитный поток трансформатора; является основой для установки и крепления обмоток, отводов, переключателей; является радиатором для себя и для обмоток из-за своих больших габаритов и массы.

Содержание отчёта

1. Определение трансформатора и его назначение.
2. Классификация трансформаторов.
3. Данные о воздействии тока на организм человека.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение трансформатора.
2. Каково назначение трансформаторов?
3. Посредством чего достигается экономия электрической энергии в электрических сетях?
4. Каким образом обеспечивается согласование напряжения сети и нагрузки?
5. Посредством чего достигается обеспечение безопасного питания потребителей?
6. Нарисуйте схему для обеспечения безопасного питания однофазных потребителей.
7. Как классифицируют трансформаторы?

8. Назовите область применения силовых и специальных, одно- и трёхфазных трансформаторов.
9. Поясните назначение специальных трансформаторов и их особенности.
10. Приведите известную вам марку трансформатора и расшифруйте её.
11. Какова роль трансформаторного масла?
12. Опишите характеристики трансформаторного масла.
13. Какие типы магнитопроводов трансформатора бывают? Назовите их особенности.
14. Назовите функции магнитопровода.