

короткого замыкания. Следовательно, ваттметр, включенный в цепь первичной обмотки трансформатора в этом опыте, покажет мощность, соответствующую потерям в меди (P_M).

4. Трехфазные трансформаторы

Для преобразования тока трехфазной системы можно воспользоваться группой из трех однофазных трансформаторов, обмотки которых могут быть соединены либо звездой (рис. 3, а), либо треугольником (рис. 3, б). В этом случае каждый трансформатор работает независимо от остальных как обычный однофазный трансформатор, включенный в одну из фаз трехфазной системы.

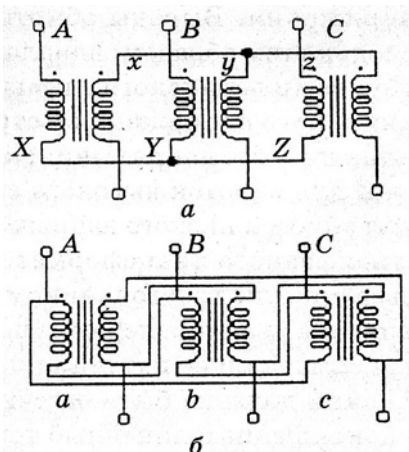


Рис. 3. Соединение трёх однофазных трансформаторов: а) звездой; б) треугольником

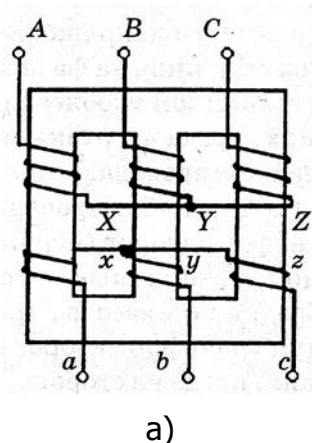


Рис. 4. Трёхфазный трансформатор: а) соединение обмоток звездой; б) высоковольтный маслонаполненный трансформатор



На практике значительно чаще применяют трехфазные трансформаторы, выполненные на одном магнитопроводе (рис. 4). При этом три магнитных потока, возбуждаемые токами в первичных обмотках, замыкаются через два других стержня сердечника.

Обмотки трехфазного трансформатора обычно соединяют звездой или треугольником. Наиболее простым и дешевым является первый способ. В этом случае каждая обмотка и ее изоляция при заземлении нулевой точки должны быть рассчитаны только на фазное напряжение и линейный ток. Поскольку число витков обмотки трансформатора прямо пропорционально напряжению, то при соединении звездой каждая обмотка требует меньшего количества витков при большем сечении провода; при этом изоляция проводников должна быть рассчитана лишь на фазное напряжение.

5. Автотрансформатор

Автотрансформатор представляет собой трансформатор, у которого первичная и вторичная обмотки не изолированы друг от друга и частично совмещены. У понижающего автотрансформатора обмотка низкого напряжения является частью обмотки высокого напряжения (рис. 5). Если часть обмотки автотрансформатора сделать первичной, а всю обмотку вторичной, то автотрансформатор будет повышающим (рис. 6).

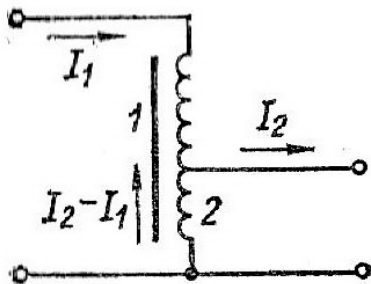


Рис. 5. Понижающий автотрансформатор

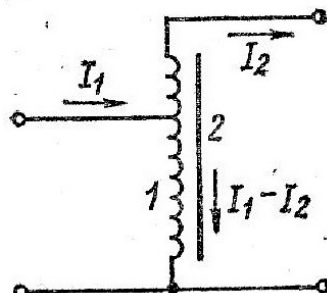


Рис. 6. Понижающий автотрансформатор

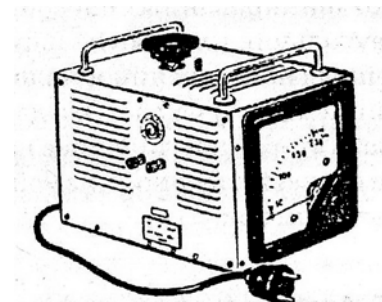


Рис. 7. Лабораторный автотрансформатор ЛАТР.

По сравнению с обычным трансформатором при одной и той же мощности автотрансформатор имеет меньшую площадь сечения сердечника. Это объясняется тем, что в автотрансформаторе не вся энергия передается через магнитный поток. Часть энергии передается за счет непосредственного прохождения тока из первичной цепи во вторичную, так как они соединены друг с другом. Чем ближе коэффициент трансформации автотрансформатора к единице, тем меньше энергии передается магнитным потоком. Если $n = 1$, то вся энергия переходит из первичной цепи во вторичную без помощи магнитного потока, и в этом случае автотрансформатор становится лишним.

Поскольку формула трансформаторной ЭДС применима к обмоткам автотрансформатора так же, как и к обмоткам трансформатора, коэффициент трансформации автотрансформатора выражается известными соотношениями

$$k = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1}. \quad (11)$$

Так как часть витков автотрансформатора входит и в первичную и во вторичную обмотки, то количество провода для обмоток требуется меньше, чем в трансформаторе. Кроме того, через общую часть обмотки автотрансформатора проходит ток обеих цепей, равный $I_2 - I_1$ (в повышающем автотрансформаторе $I_1 - I_2$). Чем ближе друг к другу токи I_1 и I_2 , тем меньше ток в общей части обмотки и тем меньше может быть диаметр её провода. Таким образом, при коэффициенте трансформации, близком к единице ($k = 0,5 \dots 1$ для повышающего автотрансформатора и $k = 1 \dots 2$ - для понижающего) экономится значительное количество меди.

Чаще всего автотрансформаторы изготавливают со скользящим контактом, что позволяет плавно регулировать выходное напряжение в широких пределах. Примером может служить лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) (рис.7).

6. Измерительные трансформаторы

В технике больших токов и высоких напряжений измерения электрических величин производят только через измерительные трансформаторы - трансформаторы тока и напряжения, так как непосредственные измерения с помощью шунтов и добавочных резисторов весьма затруднительны. Так, наибольший ток, который еще можно измерить путем непосредственного включения прибора, составляет 600 А, а

напряжение — 2000 В. К тому же шунты и добавочные сопротивления получаются громоздкими и дорогими, а прикосновение к таким приборам в сетях высокого напряжения опасно для жизни.

Трансформатор тока состоит из сердечника и двух обмоток — первичной и вторичной (рис. 8).



Рис. 8. Трансформаторы тока

Первичную обмотку, которая содержит небольшое количество витков, включают последовательно с нагрузкой, в цепи которой необходимо измерить ток, а к вторичной обмотке, с большим числом витков, подключают амперметр. Так как сопротивление амперметра мало, то можно считать, что трансформатор тока работает в режиме короткого замыкания. Для безопасности один вывод вторичной обмотки заземляют для того, чтобы при пробое изоляции между обмотками провод с высоким потенциалом оказался замкнутым на землю. Трансформаторы тока изготавливают таким образом, чтобы номинальный ток вторичной обмотки составлял 5 А.

Это трансформатор с разъемным сердечником, смонтированный в одном корпусе с амперметром. При нажатии на рукоятку сердечник размыкается, и им обхватывается провод с измеряемым током. После отпускания рукоятки специальная пружина плотно замыкает сердечник, и амперметр показывает силу тока в проводе. В данном случае провод с измеряемым током выступает в роли первичной обмотки. Измерительные клещи очень удобны, так как позволяют измерять ток в любом месте линии без разрыва провода, хотя точность таких измерений невысока.

Трансформатор напряжения состоит из сердечника и двух обмоток — первичной и вторичной (рис. 9).

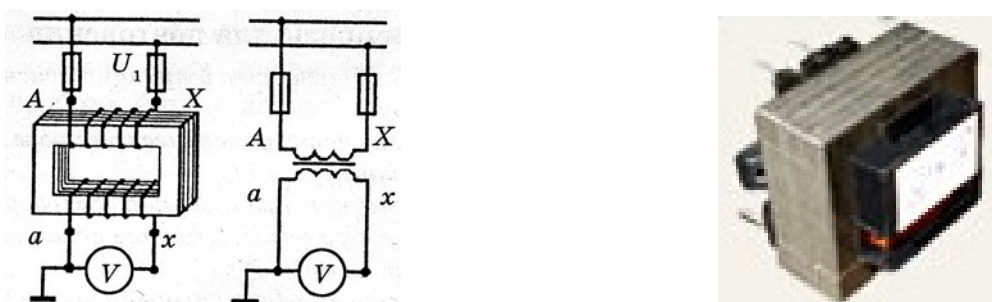


Рис. 9. Трансформаторы напряжения.

Первичная обмотка содержит значительно больше витков, чем вторичная. На первичную обмотку подается измеряемое напряжение U_1 , а к вторичной обмотке

подсоединяется вольтметр. Поскольку сопротивление вольтметра велико, то по вторичной обмотке течет небольшой ток, и можно считать, что трансформатор напряжения работает в режиме холостого хода, т. е. изменения вторичного напряжения пропорциональны изменениям первичного при постоянном коэффициенте трансформации. Все трансформаторы напряжения изготавливают таким образом, чтобы номинальное напряжение вторичной обмотки было равно 100 В.

В целях безопасности обслуживающего персонала один зажим вторичной обмотки и стальной кожух трансформатора напряжения обязательно заземляют для того, чтобы при пробое изоляции между обмотками провод с высоким потенциалом оказался замкнутым на землю. Конструктивно трансформаторы напряжения очень похожи на маломощные силовые трансформаторы.

Вопросы для повторения

1. Объясните устройство и принцип действия трансформатора.
2. Перечислите потери в трансформаторе и объясните их физическую природу.
3. Почему сердечник трансформатора собирают из тонких листов трансформаторной стали, изолированных друг от друга?
4. Что называется коэффициентом трансформации?
5. Какой режим работы трансформатора называется холостым ходом?
7. Как измеряют КПД трансформатора?
8. Каково устройство трехфазного трансформатора?
9. Как соединяются между собой обмотки трехфазных трансформаторов?
10. Объясните устройство автотрансформатора.
11. Как включают трансформатор тока и в каком режиме он работает?
12. Как включают трансформатор напряжения и в каком режиме он работает?