Электрический ток вырабатывается в генераторах — устройствах, преобразующих энергию того или иного вида в электрическую энергию.

Основную роль в наше время выполняют электромеханические индукционные генераторы переменного тока. В этих генераторах механическая энергия превращается в электрическую. Их действие основано на явлении электромагнитной индукции. Такие генераторы имеют сравнительно простое устройство и позволяют получать большие токи при достаточно высоком напряжении.

В дальнейшем, говоря о генераторах, мы будем иметь в виду именно индукционные электромеханические генераторы.

Генератор переменного тока. Принцип действия генератора переменного тока уже был рассмотрен в § 21.

В настоящее время имеется много различных типов индукционных генераторов. Но все они состоят из одних и тех же основных частей. Это, во-первых, электромагнит или постоянный магнит, создающий магнитное поле, и, во-вторых, обмотка, в которой индуцируется переменная ЭДС (в рассмотренной модели генератора это вращающаяся рамка). Так как ЭДС, наводимые в последовательно соединённых витках, складываются, то амплитуда ЭДС индукции в рамке пропорциональна числу её витков. Она пропорциональна также амплитуде переменного магнитного потока (Фт = BS) через каждый виток, а также угловой скорости вращения (см. § 21).

В больших промышленных генераторах вращается электромагнит, создающий магнитное поле и называемый ротором, а обмотки, в которых наводится ЭДС, называемые статором, остаются неподвижными. Дело в том, что сила тока в обмотках электромагнита, создающего магнитное поле, значительно меньше силы тока, отдаваемого генератором во внешнюю цепь. Поэтому генерируемый ток удобнее снимать с неподвижных обмоток, а через скользящие контакты с помощью контактных колец и щёток подводить сравнительно слабый ток к вращающемуся электромагниту. Этот ток вырабатывается отдельным генератором постоянного тока (возбудителем), расположенным на том же валу.

В маломощных генераторах магнитное поле создаётся вращающимся постоянным магнитом. В таком случае кольца и щётки вообще не нужны.

Появление ЭДС в неподвижных обмотках статора объясняется возникновением в них вихревого электрического поля, порождённого изменением магнитного потока при вращении ротора.

Трансформатор. ЭДС генераторов электростанций, как правило, не очень велика (около 10—20 кВ) по причине опасности пробоя обмоток генератора. Однако при передаче электроэнергии необходимо увеличивать напряжение для уменьшения потерь в линии электропередачи. Между тем для практических нужд потребителей обычно необходимо напряжение 220 или 380 В.

Преобразование переменного тока, при котором напряжение увеличивается или уменьшается в несколько раз практически без потери мощности, осуществляется с помощью трансформаторов.

Устройство трансформатора. Трансформатор состоит из замкнутого стального сердечника, собранного из пластин, на который надеты две (иногда и более) катушки с проволочными обмотками (рис. 4.28).

Одна из обмоток трансформатора, называемая первичной, подключается к источнику переменного напряжения. Другая обмотка, к которой присоединяют нагрузку, т. е. приборы и устройства, потребляющие электроэнергию, называется вторичной.

Условное обозначение трансформатора приведено на рисунке 4.29.

Трансформатор на холостом ходу. Действие трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции. При прохождении переменного тока по первичной обмотке в ней возникает ЭДС самоиндукции. В сердечнике появляется переменный магнитный поток, который возбуждает ЭДС индукции в витках вторичной обмотки. Сердечник из трансформаторной стали концентрирует магнитное поле так, что магнитный поток существует практически только внутри сердечника и одинаков во всех его сечениях.

При изменении со временем магнитного потока в каждом витке первичной обмотки возникает ЭДС самоиндукции где Ф' — производная потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную одним витком, по времени. Если число витков в первичной обмотке равно N1, то мгновенное значение ЭДС самоиндукции в этой обмотке е1 = N уе. Так как магнитный поток через первичную и вторичную обмотки одинаков, то во вторичной обмотке полная ЭДС индукции е2 равна N2e (N2 — число витков этой обмотки). Отсюда следует, что.

Обычно активное сопротивление обмоток трансформатора мало, и им можно пренебречь. В этом случае напряжение на первичной обмотке равно ЭДС самоиндукции, взятой с обратным знаком. Тогда.

При разомкнутой вторичной обмотке трансформатора ток в ней не идёт и напряжение на ней равно ЭДС индукции, взятой с обратным знаком, соответственно имеет место соотношение.

Мгновенные значения ЭДС ех и е2 изменяются синфазно (одновременно достигают максимума и одновременно проходят через нуль). Поэтому их отношение в формуле (4.40) можно заменить отношением действующих значений ^ и <§ этих ЭДС или, учитывая равенства (4.41) и (4.42), отношением действующих значений напряжений Д и U2.

Величина К называется коэффициентом трансформации. Он равен отношению напряжений во вторичной и первичной обмотках трансформатора.

При К < 1 (N2 < Ni) U2 < Ux и трансформатор является понижающим, а при К > 1 (N2 > NJ U2 > t/j и трансформатор является повышающим.

Работа нагруженного трансформатора. Если к концам вторичной обмотки присоединить цепь, потребляющую электроэнергию, или, как говорят, нагрузить трансформатор, то сила тока во вторичной обмотке уже не будет равна нулю. Появившийся ток создаст в сердечнике свой переменный магнитный поток, который будет уменьшать изменения магнитного потока в сердечнике.

Уменьшение амплитуды колебаний результирующего магнитного потока, казалось бы, должно, в свою очередь, уменьшить ЭДС самоиндукции в первичной обмотке. Этого, однако, не произойдёт, так как согласно формуле (4.41) | Uj | = | ех |. Поэтому при замыкании цепи вторичной обмотки автоматически увеличится сила тока в первичной обмотке. Его амплитуда возрастёт таким образом, что восстановится прежнее значение амплитуды колебаний результирующего магнитного потока.

Увеличение силы тока в цепи первичной обмотки происходит в соответствии с законом сохранения энергии: отдача электроэнергии в цепь, присоединённую к вторичной обмотке трансформатора, сопровождается потреблением от сети такой же энергии первичной обмоткой. Мощность в первичной цепи при нагрузке трансформатора, близкой к номинальной, примерно равна мощности во вторичной цепи.

Это означает, что, повышая с помощью трансформатора напряжение в несколько раз, мы во столько же раз уменьшаем силу тока (и наоборот).

Мощности в первичной и вторичной обмотках одинаковы, если пренебречь потерями, причиной которых является неизбежное нагревание проводов и сердечника. Нагревание сердечника происходит за счёт токов, идущих по нему, а также за счёт его непрерывного перемагничивания. Для уменьшения нагревания сердечника за счёт силы тока его изготавливают из отдельных пластин, что увеличивает его сопротивление и уменьшает силу тока.

КПД трансформатора равен отношению мощности в нагрузке к мощности, подаваемой из сети на первичную обмотку:

КПД зависит от нагрузки. При больших нагрузках КПД практически постоянен и, как правило, достаточно велик (98—99 %), при малых нагрузках КПД уменьшается.