

УДК 621.3

**ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ О ТРАНСФОРМАТОРАХ**

Абаканович К.Э.; Адаменко Е.А.

Научный руководитель Розум Т.Т., к.т.н., доцент

*Трансформаторы — самые неподвижные машины техники. «ЭТИ НАДЕЖНЫЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ КОЛОДЫ» - так, подчеркивая простоту конструкции и большой вес, назвал трансформаторы француз Жанвье.*

У каждого технического устройства два дня рождения: открытие принципа работы и его реализация. Идею трансформатора после упорной семилетней работы по «превращению магнетизма в электричество» дал *Майкл Фарадей*. 29 августа 1831 года он описал в своем дневнике опыт, вошедший впоследствии во все учебники физики: на железное кольцо диаметром 15 см и толщиной 2 см экспериментатор намотал отдельно два провода длиной 15 м и 18 м. Когда по первой обмотке шел ток, стрелки гальванометра на зажимах другой обмотки отклонялись!

Нехитрое устройство учёный назвал «*индукционной катушкой*». При включении батареи ток (само собой разумеется, постоянный) постепенно нарастал в первичной обмотке. В железном кольце наводился магнитный поток, величина которого изменялась. Во вторичной обмотке возникало напряжение. Как только магнитный поток достигал предельного значения, «вторичный» ток исчезал. Для того чтобы катушка действовала, нужно все время включать и выключать источник питания (вручную — рубильником или механически — коммутатором).



Рисунок 1 - Индукционная катушка Фарадея

От фарадеевского кольца до сегодняшнего трансформатора было далеко, а наука уже тогда по крохам собирала необходимые данные. Американец *Генри* обмотал провод шелковой ниткой — родилась изоляция.

Француз *Фуко* попробовал вращать железные болванки в магнитном поле — и удивился: они нагревались. Учёный понял причину — сказывались токи, которые рождались в переменном магнитном поле. Чтобы ограничить путь вихревых токов *Фуко*, *Энтон*, сотрудник Эдисона, предложил делать железный сердечник сборным — из отдельных листов. В 1872 году профессор *Столетов* провел фундаментальное

исследование по намагниченности мягкого железа, а несколько позже англичанин *Юинг* представил Королевскому обществу доклад о потерях энергии при перемагничивании стали.

Величина этих потерь, названных «гистерезисными» (от греческого слова «история»), действительно зависела от «прошлого» образца. Зерна металла — домены, словно подсолнухи за солнцем, поворачиваются вслед за магнитным полем и ориентируются вдоль силовых линий. Затрачиваемая при этом работа переходит в тепло. Она зависит от того, как — слабо или сильно — и в какую сторону были направлены домены. Сведения о магнитных и проводниковых свойствах накапливались постепенно, пока количество не перешло в качество. Электротехники время от времени преподносили миру сюрпризы, но главным в истории трансформаторов следует считать событие, заставившее мир в *1876 году* изумленно обернуться в сторону России.

Причиной стали свечи *Яблочкова*. В «лампах» горела дуга между двумя параллельно расположенными электродами. При постоянном токе один электрод сгорал быстрее, и ученый настойчиво искал выход. В конце концов он решил, перепробовав множество способов, использовать переменный ток, и о чудо! — износ электродов стал равномерным. Поступок *Яблочкова* был поистине героическим, ибо в те годы шла жестокая борьба энтузиастов электрического освещения с владельцами газовых компаний. Но не только это: сами сторонники электричества, в свою очередь, единодушно выступали против переменного тока.

Получать-то переменный ток получали, но что это такое — мало кто понимал. В газетах и журналах печатались пространные статьи, угрожавшие опасностью переменного тока: «ведь убивает не величина, а ее изменение». Известный электротехник *Чиколев* заявлял: «Надо все машины с переменным током заменить на машины с постоянным током».

Не менее видный специалист *Лачинов* публично журил *Яблочкова*, поскольку «постоянный ток годится вообще, а переменный может только светить». «Отчего бы господам — приверженцам свечей (дуговых свечей *Яблочкова*) не попытаться серьезно применить к ним постоянный ток; ведь этим и только этим они могли бы обеспечить будущее свечного освещения», — писал он. Не удивительно, что под этим напором *Яблочков* в конце концов забросил свои свечи, но, кроме частичной «реабилитации» переменного тока, он успел открыть истинное «лицо» индукционных катушек. Его свечи, включенные в цепь последовательно, были чрезвычайно капризны. Как только один светильник по какой-либо причине гас, мгновенно потухали и все остальные.

*Яблочков* соединил последовательно вместо «ламп» первичные обмотки катушек. На вторичные он «посадил» свечи. Поведение каждой «лампы» совершенно не отражалось на работе других. Правда, индукционные катушки конструкции *Яблочкова* отличались (и не в лучшую сторону) от фарадеевских — их сердечники не смыкались в кольцо. Но одно то, что катушки на переменном токе работали беспрерывно, а не периодически (при или выключении цепи), принесло русскому изобретателю мировую известность. Чуть позже препарат из МГУ *Усагин* развил (а вернее, обобщил) идею *Яблочкова*. К выходным обмоткам катушек, которые он назвал «вторичными генераторами», *Усагин* подсоединял разные электроустройства (а не только свечи). Катушки *Яблочкова* и *Усагина* несколько отличались друг от друга. Если говорить современным языком, трансформатор *Яблочкова* повышал напряжение: во вторичной обмотке было гораздо больше витков из тонкого провода, чем в первичной. Трансформатор *Усагина* разделительный: число витков в обеих обмотках было одинаковым (3000), так же как и напряжения на входе и выходе (500 В).

Индукционные катушки *Яблочкова* и «вторичные генераторы» *Усагина* стали со сказочной быстротой приобретать черты известных нам сегодня трансформаторов.

**Самый мощный трансформатор.** Самый мощный трансформатор изготовлен австрийской компанией «Элин» и предназначен для ТЭЦ в штате Огайо. Мощность его составляет 975 мегавольт-ампер, повышает напряжение, вырабатываемое генераторами в 25 тысяч вольт до 345 тысяч вольт.

Восемь самых больших в мире однофазных трансформаторов имеют мощность 1,5 млн. кВА. Трансформаторы принадлежат американской компании «American Electric Power». 5 из них понижают напряжение с 765 до 345 кВ.

В 2007 году Холдинговой компанией "Электрозавод" (Москва) был изготовлен самый мощный из ранее выпускаемых в России трансформаторов - ТЦ-630000/330 мощностью 630 МВА на напряжение 330 кВ, весом около 400 тонн. Трансформатор нового поколения разработан для объектов Концерн "Росэнергоатом".



Рисунок 2 – Трансформатор ОРЦ-417000/750 мощностью 417 МВА на напряжение 750 кВ

**Конструкция.** Любой трансформатор любого назначения состоит из пяти компонентов: магнитопровода, обмоток, бака, крышки и вводов. Самая важная деталь — магнитопровод — набирается из стальных листов, каждый из которых покрыт с обеих сторон изоляцией – слоем лака толщиной 0,005 мм.

Габариты, например, трансформаторов канадской электростанции Бушервиль (изготовленных западногерманской фирмой «Сименс») таковы: высота 10,5 м, диаметр по сечению 30 - 40 м. Вес этих же трансформаторов — 188 т. При перевозке с них снимают радиаторы, расширители и выливают масло, и все равно железнодорожникам приходится решать сложную задачу: 135 т — не шутка! Но подобный груз уже никого не удивляет: на атомной электростанции Обрихэйм стоит трансформаторная группа мощностью 300 тыс. кВт. Главный «преобразователь» весит 208 т, регулировочный — 101 т.

Для доставки этой группы на место потребовалась 40-метровая железнодорожная платформа! Нашим энергетикам отнюдь не легче: ведь создаваемые ими конструкции — одни из самых крупных в мире.



Рисунок 3 – Трансформатор весом в 388 тонн! (США)

**Работа.** Крупный трансформатор действует 94 дня из 100. Средняя загрузка — около 55—65% от расчетной. Это очень расточительно, но ничего не поделаешь: выйдет из строя одно устройство, его дублер довольно быстро буквально «сгорит на работе». Если, например, конструкцию перегрузить на 40%, то за две недели ее изоляция износится, как за год нормальной службы.

Среди студентов давно бытует легенда о чуде, который на вопрос «Как работает трансформатор?» «находчиво» ответил: «Уууу...» Но только сегодня становится ясной причина этого шума.

Оказывается, виноваты не вибрация стальных пластин, плохо скрепленных между собой, не кипение масла и не упругая деформация обмоток. Причиной можно считать магнитоstriction, то есть изменение размеров материала при намагничивании. Как бороться с этим физическим явлением, пока неизвестно, поэтому бак трансформатора облицовывают звукоизолирующими щитами. Нормы на «голоса» трансформаторов довольно жесткие: на расстоянии 5 м — не более 70 децибел (уровень громкой речи, шума автомобиля), а на расстоянии 500 м, где обычно стоят жилые дома, около 35 децибел (шаги, тихая музыка).

Даже столь краткий обзор позволяет нам сделать два важных вывода. Основное достоинство трансформатора — отсутствие движущихся частей. За счет этого достигаются высокий КПД, отличная надежность, простота обслуживания.

Самым главным недостатком можно считать огромный вес и габариты. А увеличивать размеры все-таки придется: ведь мощности трансформаторов должны вырасти в ближайшие десятилетия в несколько раз.

Причина этого тоже ясна: все зависит от свойств применяемых материалов. Так, может быть, если хорошо поискать, найдутся другие идеи преобразования электричества, кроме той, которую предложил когда-то Фарадей?

К сожалению (а может, и к счастью — кто знает), пока таких идей нет, и появление их маловероятно. Пока в энергетике будет царствовать переменный ток и останется потребность в изменении его напряжения, идея Фарадея — вне конкуренции.

#### Литература

Интернет-сайт «Техника-молодежи» [Электронный ресурс]: официальное интерактивное публичное место размещения информации об изданиях ЗАО «Корпорация Вест» – Режим доступа: <http://technicamolodezhi.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. © 2004-2013 ЗАО «Корпорация ВЕСТ»