

**Виктор Беседин (UA9LAQ)**  
г. Тюмень  
E-mail: ua9laq@mail.ru

Тороидальные трансформаторы покупают или изготавливают самостоятельно. Но не везде валяются сердечники от ЛАТРов... Увидев ниже следующее (рис. 1), автор не смог "пройти мимо" и решил найти этому применение...

## Тороидальный трансформатор

Наступает такой момент, когда отказывает или выходит из моды "кормилец" – кухонный холодильник. Если он, по той или иной причине, не подлежит ремонту, не торопитесь выбрасывать его целиком – некоторые его части ещё послужат. Например, могут пригодиться трубки от радиатора, морозильная камера, сам холодильник может послужить в роли шкафа, а его двигатель (двигатели), даже с пробитыми обмотками может (могут) послужить в качестве части трансформатора (трансформаторов). Мне попали в руки лишь статоры уже вскрытых двигателей от холодильника с двумя электродвигателями "забугорного" производства.

Впрочем, всё по-порядку: от холодильника "отсоединяем" "сосуд", в котором в масляной среде работал двигатель, вскрываем его (порой приходится прибегнуть к помощи пилы или "болгарки"), трансформаторное масло сливаем (пригодится в хозяйстве), отворачиваем крепёжные элементы и извлекаем двигатель из "сосуда". Разбираем его, вытаскиваем ротор, а статор кладём на рыхлую бумагу и позволяем маслу стечь; по мере насыщения бумаги маслом, следует её заменять, если не применять активных действий, то следы масла на статоре можно обнаружить и через полгода, но, если время не терпит, то нужно обернуть статор тряпкой и активно масло промокать и стирать.

Затем (рис. 1) производится оценка статорных обмоток: можно ли применить их обмоточный провод в дальнейшем, например, для намотки катушек к приёмникам, передатчикам... Если провод не прогорел, его можно вытянуть, осторожно разматывая по кусочкам, и использовать в дальнейшем. Если прогорел, то просто разрезать и

вытащить из пазов, освободив сердечник так, как это сделано на рис. 2. Что мы имеем – тороидальный сердечник из электротехнической стали (пластины набраны в пакет толщиной 64 мм). Отличие от стандартного сердечника трансформатора лишь в форме, которая "не совсем круглая" снаружи и имеет пазы внутри. В пазы вставлены предохранительные изолирующие вставки из тефлонового (фторопластового) профиля. Такой сердечник позволит иметь силовой трансформатор с габаритной мощностью до 300 Вт. Если сложить вместе железо статоров от обоих двигателей, то можно получить прекрасную основу для силового трансформатора радиолюбительского усилителя мощности для работы в эфире.

Поскольку сердечник будущего трансформатора имеет "хитрую" конфигурацию и неизвестен тип стали, то нужно подобрать количество витков сетевой обмотки экспериментально; замечу, что здесь

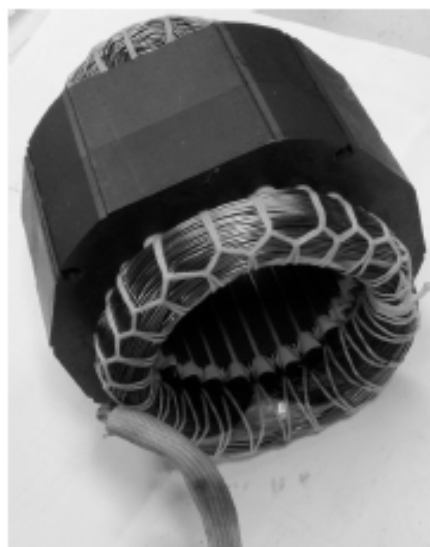


Рис. 1. Фото статора электродвигателя, извлечённого из масляной среды "сосуда" бытового холодильника (масло уже стекло (Hi!))

нужны замеры с достаточной степенью точности. Итак, равномерно во все 24 паза наматываем n-ное количество витков, например, 96 витков (по 4 в каждый паз), диаметром 0,8...1 мм (можно тонкий монтажный, протаскивая его как с концов пазов, так и вводя в их щели внутри сердечника) и подключаем обмотку к выходу лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа), измеряя его выходное напряжение и потребляемый обмоткой новоиспечённого агрегата ток (рис. 3), естественно, вольтметром и (милли)амперметром переменного тока, соответственно.

Регулятор автотрансформатора устанавливаем в положение минимального выходного напряжения (0 В). Включаем ЛАТР в сеть и, постепенно увеличивая с него выходное напряжение, наблюдаем за реакцией (милли)амперметра. Ток начнёт



Рис. 2. Фото сердечника статора электродвигателя, подготовленного для намотки обмоток будущего тороидального трансформатора

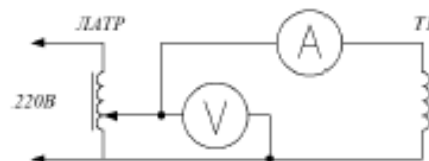
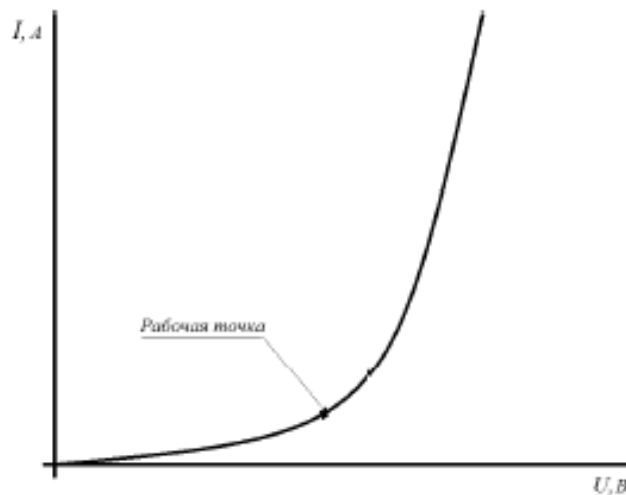


Рис. 3. Схема определения "рабочей точки" сердечника силового трансформатора на "холостом ходу"

расти, при увеличении напряжения, вначале этот рост будет небольшим, затем начнёт резко увеличиваться (рис. 4).

Нужно найти эту точку "перелома" и заметить, при каком напряжении будет этот "перелом" наблюдаться. Работа трансформатора на этом участке характеристики будет происходить с наибольшим КПД – трансформатор будет минимально нагреваться и обеспечит максимальную мощность в нагрузке, кроме того, не будет перерасхода по меди – обмоточному проводу. Допустим, что напряжение "рабочей точки" (РТ) Вашего будущего трансформатора оказалось равным 32 В. Затем количество витков, выполненных на сердечнике, делим на полученное значение напряжения в "рабочей точке" и получаем количество витков на 1 В для первичной обмотки будущего трансформатора:  $n = 96 \text{ вит} : 32 \text{ В} = 3 \text{ вит/В}$ . Можно для определения "рабочей точки" обойтись и меньшим количеством витков в обмотке, однако, точность расчёта будет ниже. Количество витков первичной обмотки (220 В) будет равным:  $w_1 = 220n = 220 * 3 = 660 \text{ витков}$ .

**Эквивалентное сечение сердечника трансформатора** – величина к вычислению необязательная, но её полезно вычислить и знать: какому сечению обычного трансформатора с "гладким" сердечником соответствует данный "фигурный" и осуществлять расчёты относительно него в будущем. Итак, эквивалентное сечение сердечника трансформатора из выше представленного расчёта будет равно:  $S_{\text{экв}} = 50 : n = 50 : 3 = 16,666 \text{ см}^2$ , отсюда – габаритная мощность трансформатора:  $P_{\text{габ}} = S^2_{\text{экв}} = 277,777 \text{ Вт}$ , следует отметить, что в расчётах следует исходить из собственных измерений и с как можно с большей точностью, для конкретного сердечника. Мощность, которую можно "снять" с такого сердечника, будет на 10% меньше габаритной (потери в сердечнике) и составит:  $P_{\text{нагр}} = 0,9P_{\text{габ}} = 250 \text{ Вт}$ . Исходя из требуемого напряжения вторичной



**Рис. 4.** Рабочая точка (РТ) на характеристике сердечника трансформатора Т1

обмотки, например,  $U_{\text{нагр}} = 12,5 \text{ В}$ , получаем ток:  $I_{\text{нагр}} = P_{\text{нагр}} : U_{\text{нагр}} = 250 \text{ В} : 12,5 \text{ В} = 20 \text{ А}$ .

Диаметр провода первичной и вторичной обмоток трансформатора, в зависимости от предъявляемых требований по току нагрузки, рассчитывается по формуле:

$$d, \text{ мм} = 0,8 (\sqrt{I, \text{ А}}), \quad (1)$$

где:

$d$  – диаметр провода обмотки, мм;  
 $I$  – ток в первичной обмотке трансформатора, А.

В нашем примере, диаметр провода вторичной обмотки:  $d_2 = 0,8 (\sqrt{I, \text{ А}}) = 0,8 * (\sqrt{20}) = 0,8 * 4,472 = 3,5777 \text{ мм}$ , поскольку такой провод и найти проблематично и мотать на сердечник – тоже, применяем схему выпрямителя со средней точкой, при которой количество витков вторичной обмотки удваивается, но, при этом, уменьшается диаметр провода и вдвое (по сравнению с мостовой схемой) сокращается количество диодов в выпрямителе. Итак, ток во вторичной обмотке уменьшится вдвое, отсюда  $d_2' = 0,8 (\sqrt{I', \text{ А}}) = 0,8 * (\sqrt{10}) = 0,8 * 3,162 = 2,5298 \text{ мм}$ .

Количество витков вторичной обмотки в первом случае:  $w_2 = 12,5n = 12,5 * 3 = 37,5 \text{ витка}$ , во втором случае – вдвое больше:  $w_2' = 2 * 12,5n = 75 \text{ витков}$  с отводом посередине. Диаметр провода первичной обмотки считается по той же формуле (1), но нужно исходить из  $P_{\text{габ}}$ . Ток в первичной обмотке  $I_{\text{сети}} = P_{\text{габ}} : U_{\text{сети}} = 277,777 : 220 = 1,2626 \text{ А}$ . Отсюда: диаметр провода первичной (сетевой) обмотки  $d_1 =$

$0,8 (\sqrt{I_{\text{сети}}, \text{ А}}) = 0,8 * (\sqrt{1,2626}) = 0,8 * 1,1236 = 0,9 \text{ мм}$ . Полный расчёт понижающего трансформатора с одной вторичной обмоткой, рассчитанной на полную возможность применённого сердечника, закончен.

В заключение нужно отметить, что такой расчёт предусматривает 100% надёжность трансформатора, при условии невыхода за пределы рассчитанных характеристик и кондиционности обмоточных проводов и соблюдении технологии намотки трансформатора с соответствующей изоляцией как обмоток от сердечника-тороида, так и между обмотками.

Диаметры проводов обмоток могут быть уменьшены, при условии уменьшения тока нагрузки. С достаточной надёжностью трансформатор будет работать при превышении тока нагрузки до 30% по отношению к расчётным, при этом, работа трансформатора не должна носить непрерывный характер. Изоляцию обмоток от сердечника трансформатора желательно производить термостойкими лентами, например, полиамидной, тефлоновой (фторопластовой), но можно использовать тонкий электрокартон, полосы конденсаторной бумаги, лакоткань, имеющиеся в пазах сердечника-статора профили из изоляционного материала. Вторичную обмотку можно наматывать как в оставшееся после намотки первичной обмотки место в пазах, изолировав обмотки друг от друга профилями из изоляционного

## ТЕХНОЛОГИИ

материала, так и, как обычно, наматывают обмотки на кольцо, проложив изоляцию от сердечника. Исходя из расчёта, в каждый паз сердечника ляжет по 27...28 витков изолированного обмоточного провода диаметром 0,9 мм первичной обмотки, глубина пазов разная, поэтому возможна и неравномерная намотка, но обязательно во всех пазах.

Намотка обмоток и/или внешняя "упаковка" трансформатора возможны и с применением своеобразного каркаса из тонкого электрокартона. Вырезают два диска диаметром: трансформатора с обмотками, плюс двойная толщина (высота) трансформатора, также – с обмотками, от центра производятся радиальные разрезы (более

четырёх) до внутренних витков обмотки, получившиеся лепестки отгибаются под прямым углом внутрь тороида. С внешней стороны также делаются разрезы до обмоток и получившиеся лепестки отгибаются под прямым углом и перехлёстываются с лепестками диска, расположенного с другой стороны трансформатора. После того, можно обмотать трансформатор киперной или изоляционной лентой, кстати, обмотку киперной лентой и последующую пропитку, например, в шеллаке можно производить и без каркаса. Крепление трансформатора осуществляется через центральное отверстие тора винтом из изоляционного материала или металлическим, в последнем случае, вокруг сердечника не должно

образовываться короткозамкнутых витков. Под трансформатор подкладывается кружок из изоляционного материала, для опоры трансформатора при его креплении к панелям, шасси и т.п. сверху – прижимная шайба, также из изоляционного материала, под шайбу и снизу между трансформатором и кружком для более плотного прилегания и амортизации обычно при монтаже располагают резиновые шайбы-прокладки.

Можно изготавливать таким образом (не "срабатывая рёбра") трансформаторы и на статорах других электродвигателей, предварительно найдя, описанным выше способом, РТ незнакомого материала и конфигурации сердечника.

