

СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР

Розметов Хамза Эрназарович

Старший преподаватель кафедры “Горная
электромеханика” Алмалыкского филиала

Ташкентского государственного
технического университета имени
Ислама Каримова, Алмалык, Узбекистан.

Абдувалиева Фариди Кулдашевна

Преподаватель спец предмета Политехникума
города Алмалык. Узбекистан.

Тилавова Наргиза Акрамовна

Преподаватель спец предмета Политехникума город
а Алмалык. Узбекистан.

Аннотация. В статье рассматривается процесс ознакомление студентов по силовым трансформаторам .

Ключевые слова: силовой трансформатор, электромагнитная индукция, вторичный источник, магнитопроводник, катушка, обмотка. шпилька, изолятор.

Силовой трансформатор — электротехническое устройство в сетях электроснабжения (электросетях) с двумя или более обмотками (трансформатор), который посредством электромагнитной индукции преобразует одну величину переменного напряжения и тока в другую величину переменного напряжения и тока, той же частоты без изменения её передаваемой мощности.

Также силовым трансформатором называют понижающий трансформатор, входящий в состав вторичных источников электропитания различных устройств и аппаратуры, обеспечивающий их питание от бытовой электросети.



Какое устройство у силового трансформатора

Конструкция силового трансформатора включает одну или несколько отдельных ленточных или проволочных катушек. Они находятся под единым магнитным потоком и накручены на сердечник, изготовленный из ферромагнетика.

Основные элементы силового трансформатора:

- каркас;
- обмотка;
- магнитопровод;

- клеммы и выводы;
- изоляционный контур;
- устройство регулировки напряжения;
- охлаждающая система;
- дополнительное навесное оборудование.

Вводы трансформатора

Подвод питающего напряжения и подключение нагрузки к трансформатору производится с помощью так называемых «вводов». Вводы в сухих трансформаторах могут быть выведены на клеммную колодку в виде болтовых контактов или соединителей с плоскими контактами и могут размещаться как снаружи так и внутри съёмного корпуса. В масляных (или заполненных синтетическими жидкостями) трансформаторах вводы располагаются только снаружи на крышку или на боковые стороны бака, а передача от внутренних обмоток через гибкие соединения (демпферы) на медные или латунные шпильки с нарезанной на них резьбой. Изолирование шпилек от корпуса осуществляется с помощью проходных изоляторов (изготавливаемых из специального фарфора или пластмассы), внутри которых проходят шпильки. Уплотнение всех зазоров во вводах осуществляется прокладками из специальной маслобензостойкой резины.

Вводы силовых трансформаторов по конструктивному исполнению подразделяются:

- Вводы с главной изоляцией фарфоровой покрывки
- Вводы с маслбарьерной изоляцией
- Конденсаторные проходные изоляторы
- Вводы с бумажно-масляной изоляцией
- Вводы с полимерной RIP-изоляцией (с полым изолятором или с прямым литьём изолятора)
- Вводы с элегазовой изоляцией

Расчет силовых трансформаторов

Иногда приходится самостоятельно изготавливать силовой трансформатор для выпрямителя. В этом случае простейший расчет силовых трансформаторов мощностью до 100—200 Вт проводится следующим образом.

Зная напряжение и наибольший ток, который должна давать вторичная обмотка (U_2 и I_2), находим мощность вторичной цепи: При наличии нескольких вторичных обмоток мощность подсчитывают путем сложения мощностей отдельных обмоток.

$$P_2 = U_2 \cdot I_2$$

Далее, принимая КПД трансформатора небольшой мощности, равным около 80 %, определяем первичную мощность:

$$P_1 = P_2 / 0,8 = 1,25 \cdot P_2$$

Мощность передается из первичной обмотки во вторичную через магнитный поток в сердечнике. Поэтому от значения мощности P_1 зависит площадь поперечного сечения сердечника S , которая возрастает при увеличении мощности. Для сердечника из нормальной трансформаторной стали можно рассчитать S по формуле:

$$S = \sqrt{P_1}$$

где s — в квадратных сантиметрах, а P_1 — в ваттах.

По значению S определяется число витков w' на один вольт. При использовании трансформаторной стали

$$w' = \frac{50}{S}$$

Если приходится делать сердечник из стали худшего качества, например из жести, кровельного железа, стальной или железной проволоки (их надо предварительно отжечь, чтобы они стали мягкими), то следует увеличить S и w' на 20—30 %.

Теперь можно рассчитать число витков обмоток

$$w_1 = w' \cdot U_1$$

$$w_2 = w' \cdot U_2$$

и т.д.

В режиме нагрузки может быть заметная потеря части напряжения на сопротивлении вторичных обмоток. Поэтому для них рекомендуется число витков брать на 5—10 % больше рассчитанного.

Ток первичной обмотки

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1}$$

Диаметры проводов обмоток определяются по значениям токов и исходя из допустимой плотности тока, которая для трансформаторов принимается в среднем 2 А/мм². При такой плотности тока диаметр провода без изоляции любой обмотки в миллиметрах определяется по табл. 1 или вычисляется по формуле:

$$d = 0,8 \cdot \sqrt{I}$$

Когда нет провода нужного диаметра, то можно взять несколько соединенных параллельно более тонких проводов. Их суммарная площадь сечения должна быть не менее той, которая соответствует рассчитанному одному проводу. Площадь поперечного сечения провода определяется по табл. 1 или рассчитывается по формуле:

$$s \approx 0,8 \cdot d^2$$

Для обмоток низкого напряжения, имеющих небольшое число витков толстого провода и расположенных поверх других обмоток, плотность тока можно увеличить до 2,5 и даже 3 А/мм², так как эти обмотки имеют лучшее охлаждение. Тогда в формуле для диаметра провода постоянный коэффициент вместо 0,8 должен быть соответственно 0,7 или 0,65.

В заключение следует проверить размещение обмоток в окне сердечника. Общая площадь сечения витков каждой обмотки находится (умножением числа витков w на площадь сечения провода, равную $0,8 d^2$ из, где d из — диаметр провода в изоляции. Его можно определить по табл. 1, в которой также указана масса провода. Площади сечения всех обмоток складываются. Чтобы учесть ориентировочно не плотность намотки, влияние каркаса изоляционных прокладок между обмотками и их слоями, нужно найденную площадь увеличить в 2—3 раза. Площадь окна сердечника не должна быть меньше значения, полученного из расчета.

Таблица 1

Диаметр провода, мм			Масса 100 м провода, г	
без изоляции	с изоляцией		ПЭЛ-1	ПЭШО
	ПЭЛ-1	ПЭШО		
0,08	0,095	-	4,6	-
0,10	0,115	0,165	7,3	8,9
0,12	0,135	0,185	10,4	12,3
0,15	0,165	0,215	15,2	18,4
0,17	0,185	0,235	20,6	23,0
0,20	0,215	0,280	28,5	31,2
0,25	0,270	0,330	44,5	48,0
0,31	0,340	0,400	68,8	73,3
0,35	0,380	0,440	87,4	92,4
0,41	0,440	0,505	120	126
0,49	0,525	0,585	171	178
0,55	0,590	0,650	215	223
0,59	0,630	0,690	247	256
0,64	0,680	0,740	291	301
0,69	0,730	0,790	342	353
0,74	0,790	0,850	389	401
0,80	0,850	0,910	449	462
0,86	0,910	0,970	524	538
0,93	0,980	1,040	612	627
1,00	1,050	1,120	707	724

В качестве примера рассчитаем силовой трансформатор для выпрямителя, питающего некоторое устройство с электронными лампами. Пусть трансформатор должен иметь обмотку высокого напряжения, рассчитанную на напряжение 600 В и ток 50 мА, а также обмотку для накала ламп, имеющую $U = 6,3$ В и $I = 3$ А. Сетевое напряжение 220 В.

Определяем общую мощность вторичных обмоток:

$$P_2 = 600 \cdot 0,05 + 6,3 \cdot 3 = 30 + 18,9 = 49 \text{ Вт}$$

Мощность первичной цепи

$$P_1 = 1,25 \cdot 49 = 60 \text{ Вт}$$

Находим площадь сечения сердечника из трансформаторной стали:

$$S = \sqrt{60} \approx 7,7 \text{ см}^2$$

Число витков на один вольт

$$w' = 50/7,7 = 6,5$$

Ток первичной обмотки

$$I_1 = 60/220 = 0,27 \text{ А}$$

Число витков и диаметр проводов обмоток равны:

- для первичной обмотки

$$w_1 = 6,5 \cdot 220 = 1430$$

$$d_1 = 0,8 \cdot \sqrt{0,27} = 0,41 \text{ мм};$$

- для повышающей обмотки

$$w_2 = 6,5 \cdot 600 = 3900 \text{ (возьмем 4000);}$$

$$d_2 = 0,8 \cdot \sqrt{0,05} = 0,18 \text{ мм};$$

- для обмотки накала ламп

$$w_3 = 6,5 \cdot 6,3 = 41 \text{ (возьмем 45)}$$

$$d_3 = 0,65 \cdot \sqrt{3} = 1,1 \text{ мм.}$$

Предположим, что окно сердечника имеет площадь сечения $5 \times 3 = 15 \text{ см}^2$ или 1500 мм^2 , а у выбранных проводов диаметры с изоляцией следующие: $d_{1из} = 0,44 \text{ мм}$; $d_{2из} = 0,2 \text{ мм}$; $d_{3из} = 1,2 \text{ мм}$.

Проверим размещение обмоток в окне сердечника. Находим площади сечения обмоток:

- для первичной обмотки
 $0,8 \cdot 0,442 \cdot 1430 \approx 250 \text{ мм}^2$
- для повышающей обмотки
 $0,8 \cdot 0,22 \cdot 4000 \approx 128 \text{ мм}^2$;
- для обмотки накала ламп
 $0,8 \cdot 1,22 \cdot 45 \approx 52 \text{ мм}^2$.

Общая площадь сечения обмоток составляет примерно 430 мм².

Как видно, она в три с лишним раза меньше площади окна и, следовательно, обмотки разместятся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Elektrotexnika va elektronika asoslari; O'quv qo'llanma/J.Ibroximov. Toshkent/ UO'K 621.3(075.8) KBK 39.808ya7.
2. Elektr ta'monoti va elektr tarmoqlari. O'quv qollanma.Taslimov A.D.,Meliqoziev MV., Rahimov F.M., Toshkent. 2021 yil.
3. *Силовые трансформаторы. Справочная книга.* Под редакцией С. Д. Лизунова и А. К. Лоханина.
4. *Силовые трансформаторы.* Быстрицкий, Г. Ф. Электроснабжение. Силовые трансформаторы : учебное пособие для среднего профессионального образования ,
5. Книга Бориса Ивановича Кудрина, Геннадия Федоровича Быстрицкого «Электроснабжение. Силовые трансформаторы 2-е изд., испр. и доп.