



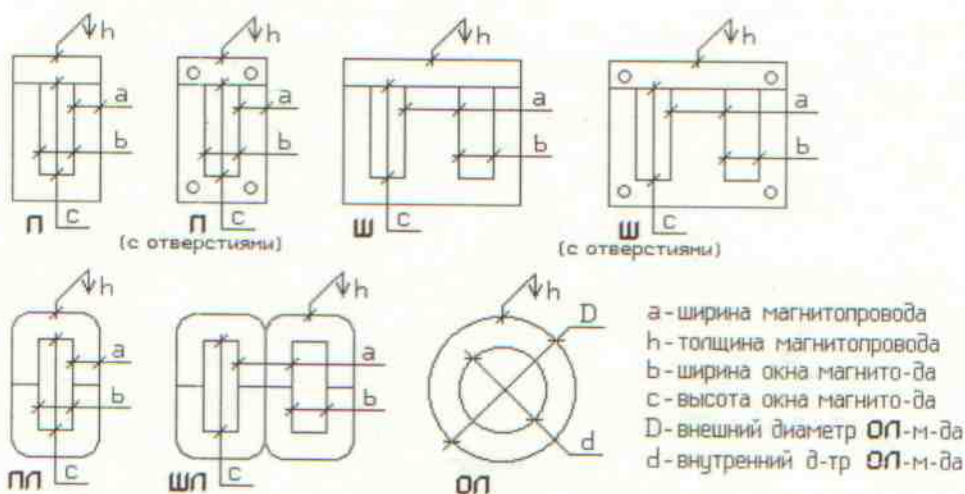
SMITH
SPECIAL SYSTEM

**Расчет
силового трансформатора**

Ю. Кузнецов
П. Мачихин

Магнитопровод.

Магнитопровод т-ра набран из отдельных пластин эл/технической стали, покрытых химическим способом немагнитным покрытием, служащим магнитной изоляцией между пластинами. Магнитная изоляция пластин значительно уменьшает вихревые токи т-ра (токи Фуко), образующиеся параллельно магнитным завихрениям происходящим в результате изменения направления магнитного потока, происходящего под действием переменного электрического тока. Существует огромное количество типов и марок эл/технической стали. Для изготовления т-ров применяют (в основном) два типа эл/технической стали - горячекатанную и холоднокатанную. Горячекатанная сталь применяется для изготовления П и Ш - образных пластин. Холоднокатанная сталь применяется для изготовления ПЛ, ШЛ и ОЛ магнитопроводов (ленточные). Эл/техническая сталь характеризуется в основном магнитной проницаемостью - Тесла (Т) и обозначается буквой (В). Разброс характеристик эл/технических сталей очень велик, поэтому для примитивного расчета т-ра принято, что для горячекатанной стали магнитная проницаемость ($B = 1,2 \text{ Т}$). В ленточных магнитопроводах направление магнитного потока в т-ре совпадает с направлением прокатки стали при изготовлении лент, магнитная индукция ($B = 1,6 \text{ Т}$).



Расчетные эскизы наиболее часто встречающихся магнитопроводов.

Обмотки.

1. Находим количество витков первичной обмотки

$$W_1 = \frac{K_s \cdot U_1 \cdot 10^4}{4,44 f \cdot B \cdot S_k \cdot \sigma} \quad (tw), \text{ где}$$

W_1 - количество витков первичной обмотки, (tw) - витки (twist - вить).
 K_s - коэффициент, применяющийся только при работе трансформатора от стандартной энергосети, и предупреждающий стандартное повышение напряжения энергосети, например, в результате перекоса фаз, принято считать, что данный коэффициент = Const = 1,1.

U_1 - рабочее напряжение трансформатора или дросселя, (V) - вольт
4,44f - угловая (циклическая) скорость действующего значения переменного тока синусоидальной формы, где

$$4,44f = \omega / \sqrt{2} = 2\pi f / \sqrt{2}$$

f - рабочая частота трансформатора или дросселя, (Hz) - герц,
для энергосети в России (f = 50 Hz).

B - магнитная индукция, характеризующая магнитную проницаемость эл/тех-
нической стали из которой собран магнитопровод, (T) - тесла, для
Ш, П - B = 1,2T; ШЛ, ПЛ, ОЛ - B = 1,6T.

S_k - сечение магнитопровода в (cm), $S_k = a * h$ (cm²),
для ОЛ - магнитопровода $S_k = (D - d) / 2 * h$ (cm²).

σ - коэффициент заполнения магнитопровода сталью, где для

ОЛ - $\sigma = 0,95$

ШЛ, ПЛ - $\sigma = 0,9$

Ш, П - $\sigma = 0,85$

Ш, П(отв) - $\sigma = 0,8$.

2. Находим диаметр провода первичной обмотки

$$D_{1(Cu)} = 2\sqrt{b * c / 4\pi * W_1}, \text{ где}$$

(Cu) - по меди, (b * c) - площадь окна в (mm²), S_w

для ОЛ - магнитопровода $S_w = \pi(d / 2)^2$.

3. Находим максимальный рабочий ток первичной обмотки

$$I_{1 \max} = (3 * D_1 / 2)^2, \text{ (A) - ампер.}$$

4. Находим максимальную рабочую мощность т-ра

$$P_{\max} = U_1 * I_{1 \max} \text{ (VA).}$$

5. Находим номинальную рабочую мощность т-ра

$$P_{\text{ном}} = 2 / 3 * P_{\max} \text{ (VA).}$$

6. Находим коэффициент потерь т-ра на вихревые токи (токи Фуко)

$$K_1 = 1 + 1 / \sqrt{P * f}, \text{ (loss - потеря).}$$

7. Находим количество витков вторичной обмотки

$$W_2 = W_1 / U_1 * U_2 * K_1,$$

при работе т-ра на выпрямительное устройство, необходимо учитывать падение напряжения на диодах выпрямительного устройства (U_d), где для

$$\text{ГД} - U_d = 0,15V; \text{КД} - U_d = 0,25V; \text{ГДМ} - U_d = 0,3V; \text{КДМ} - U_d = 0,5V$$

в этом случае $U_2 = U_2 + U_d$.

8. Находим диаметр провода вторичной обмотки

$$D_{2(Cu)} = 2\sqrt{b * c / 4\pi * W_2}.$$

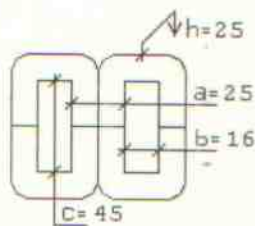
9. Находим максимальный рабочий ток вторичной обмотки

$$I_{2 \max} = (3 * D_2 / 2)^2.$$

При расчете трансформатора с большим количеством вторичных обмоток производится распределение мощности т-ра между вторичными обмотками, это в свою очередь влияет на диаметр провода вторичных обмоток.

**Данные расчеты подтверждаются многолетними испытаниями
в лабораторных условиях !**

Пример 1 :



a - ширина магнитопровода
 h - толщина магнитопровода
 b - ширина окна магнито-да
 c - высота окна магнито-да

ШЛ - Ш-образный (ленточный)

$U_2 = DC 12 V$ (кремниевый диодный мост)

1. Находим количество витков первичной обмотки
 $1,1 \cdot 220 \cdot 10000$

$$W_1 = \frac{1,1 \cdot 220 \cdot 10000}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,6 \cdot 6,25 \cdot 0,9} = 1211 \text{ tw}$$

2. Находим диаметр провода первичной обмотки

$$D_{1(Cu)} = 2 \sqrt{16 \cdot 45 / 4 \cdot 3,14 \cdot 1211} = 0,44 \text{ mm}$$

3. Находим максимальный рабочий ток первичной обмотки

$$I_{1 \text{ max}} = (3 \cdot 0,44 / 2)^2 = 0,66 \text{ A}$$

4. Находим максимальную рабочую мощность т-ра

$$P_{\text{max}} = 220 \cdot 0,66 = 145,2 \text{ VA}$$

5. Находим номинальную рабочую мощность т-ра

$$P_{\text{ном}} = 2 / 3 \cdot 145,2 = 96,8 \text{ VA}$$

6. Находим коэффициент потерь

$$K_1 = 1 + 1 / \sqrt{96,8 \cdot 50} = 1,014$$

7. Находим количество витков вторичной обмотки

$$U_2 = U_2 + U_d = 12 + 0,5 = 12,5 \text{ V}$$

$$W_2 = 1211 / 220 \cdot 12,5 \cdot 1,014 = 70 \text{ tw}$$

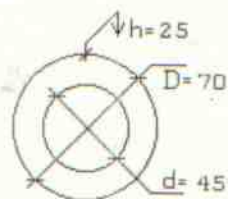
8. Находим диаметр провода вторичной обмотки

$$D_{2(Cu)} = 2 \sqrt{16 \cdot 45 / 4 \cdot 3,14 \cdot 70} = 1,8 \text{ mm}$$

9. Находим максимальный рабочий ток вторичной обмотки

$$I_{2 \text{ max}} = (3 \cdot 1,8 / 2)^2 = 7,3 \text{ A}$$

Пример 2 :



h - толщина магнитопровода
 D - внешний диаметр ОЛ-м-да
 d - внутренний д-тр ОЛ-м-да

ОЛ - О-образный (ленточный)

$U_2 = DC 14,5 V$ $0,75 P_{tr}$ (кремниевый диодный мост)

$U_3 = AC 18 V$ $0,25 P_{tr}$

1. Находим количество витков первичной обмотки

$$W_1 = \frac{1,1 \cdot 220 \cdot 10000}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,6 \cdot 3,125 \cdot 0,95} = 2295 \text{ tw}$$

2. Находим диаметр провода первичной обмотки
 $S_w = 1590 \text{ mm}^2$
 $D_{1(Cu)} = 2\sqrt{1590 / 4 * 3,14 * 2295} = 0,47 \text{ mm}$
3. Находим максимальный рабочий ток первичной обмотки
 $I_{1 \text{ max}} = (3 * 0,47 / 2)^2 = 0,705 \text{ A}$
4. Находим максимальную рабочую мощность т-ра
 $P_{\text{max}} = 220 * 0,705 = 155,1 \text{ VA}$
5. Находим номинальную рабочую мощность т-ра
 $P_{\text{nom}} = 2 / 3 * 155,1 = 103,4 \text{ VA}$
6. Находим коэффициент потерь
 $K_1 = 1 + 1 / \sqrt{103,4 * 50} = 1,014$
7. Находим количество витков второй обмотки
 $U_2 = U_2 + U_a = 14,5 + 0,5 = 15 \text{ V}$
 $W_2 = 2295 / 220 * 15 * 1,014 = 159 \text{ tw}$
8. Находим диаметр провода второй обмотки
 $D_{2(Cu)} = 2\sqrt{0,75 * 1590 / 4 * 3,14 * 159} = 1,55 \text{ mm}$
9. Находим максимальный рабочий ток второй обмотки
 $I_{2 \text{ max}} = (3 * 1,55 / 2)^2 = 5,4 \text{ A}$
10. Находим количество витков третьей обмотки
 $W_3 = 2295 / 220 * 18 * 1,014 = 190 \text{ tw}$
11. Находим диаметр провода третьей обмотки
 $D_{3(Cu)} = 2\sqrt{0,25 * 1590 / 4 * 3,14 * 190} = 0,81 \text{ mm}$
12. Находим максимальный рабочий ток третьей обмотки
 $I_{3 \text{ max}} = (3 * 0,81 / 2)^2 = 1,48 \text{ A}$

Внимание !

Если трансформатор выполнен правильно, а напряжения вторичных обмоток отличаются от расчетных - произведите замер напряжения энергосети (оно отличается от стандарта).

Телефоны для консультаций :
 г. Воркута, 8(82151) 64605, 64691, 55859, 89129524178, Ю. Кузнецов.