

**ИССЛЕДОВАНИЕ СГЛАЖИВАЮЩИХ ДРОССЕЛЕЙ
ПАНЦИРНОГО ТИПА НА МИНИМУМ ВЕСА ПРИВЕДЕННЫХ
МАТЕРИАЛОВ, ОТНЕСЕННОГО К ЕДИНИЦЕ МОЩНОСТИ**

И. Д. КУТЯВИН, Л. И. ПИЛЕЦКИЙ

Расход приведенных активных материалов на единицу мощности при проектировании и изготовлении сглаживающих дросселей играет существенную роль и зависит от выбора основных геометрических размеров. В настоящей статье делается попытка вывести некоторые рекомендации по наивыгоднейшему расходу материалов на единицу мощности дросселя.

Исследуемый дроссель имеет воздушный зазор, равный высоте окна сердечника. Магнитная система дросселя расщеплена на $n = 6 \div 12$ [-образных пакетов, охватывающих обмотку со всех сторон. Считается, что магнитный поток проходит только по стали и замыкается по воздушному зазору.

Исходными служат выражение мощности дросселя [1]:

$$S = K \frac{\kappa_0^2 b^2 h^2 xyP (D - b)^2}{b_1 H (x + i)(y + \delta)^2} \quad (1)$$

и плотности тока в обмотке Δ , полученное из уравнения теплового баланса катушки [1]:

$$\Delta = \sqrt{\frac{\alpha (\bar{x} + i) \bar{P}}{xyb_1}} \quad (2)$$

Другими исходными величинами для определения приведенного веса активных материалов служат длина среднего витка обмотки l_m :

$$l_m = \pi (D - b) \quad (3)$$

и расчетная длина стали сердечника, приведенная к q_c :

$$l_c = H + 2r + 2\delta_0 + 0,5 D. \quad (4)$$

Для определения расхода приведенных активных материалов на единицу мощности в дросселе выразим некоторые величины через его мощность.

Сечение меди q_m :

$$q_m = \frac{b_1 S H (y + \delta)}{K \kappa_0 b h P (D - b)^2} \quad (5)$$

Вес меди Q_M :

$$Q_M = \frac{\gamma_M \cdot \pi \cdot b_1 \cdot S \cdot H \cdot (y + \delta)}{K \cdot \kappa_0 b h P (D - b)^2}, \quad (6)$$

где γ_M — удельный вес материала обмотки.

Вес меди, отнесенный к единице мощности дросселя,

$$\frac{Q_M}{S} = \frac{\pi \gamma_M b_1 H (y + \delta)}{K \kappa_0 b h P (D - b)^2}. \quad (7)$$

Вес стали, приходящейся на единицу мощности дросселя,

$$\frac{Q_c}{S} = \frac{q_c l_c \gamma_c}{S}. \quad (8)$$

Здесь γ_c — удельный вес стали.

Подставив значения q_c и l_c и полагая $\frac{x}{x+i} \approx \frac{x+i}{x} \approx 1$, получим:

$$\begin{aligned} \frac{Q_c}{S} = & \frac{0,1 \cdot \pi^2 \gamma_c (D - b) (h + l)}{B_c} \sqrt{\frac{\alpha}{KSH}} + \frac{0,1 \pi^2 \gamma_c D (D - b)}{2B_c} \sqrt{\frac{\alpha}{KSH}} + \\ & + 2 \frac{(0,1 \pi^2)^2 \gamma_c \alpha (D - b)^2}{B_c^2 K H \cdot \kappa_c \cdot n D \operatorname{tg} \frac{180^\circ}{n}}. \end{aligned} \quad (9)$$

В выражении (9)

$$h + l = H + 2\delta_0. \quad (10)$$

На основании (7) и (9) приведенный вес активных материалов в единице мощности:

$$\frac{Q_n}{S} = \frac{Q_c}{S} + \beta \frac{Q_M}{S}, \quad (11)$$

где β — отношение удельной расчетной стоимости материала обмотки к стоимости стали в изделии [2].

Если произведения постоянных величин, входящих в (11), заменить постоянными коэффициентами, получим окончательно:

$$\begin{aligned} \varphi = \frac{Q_n}{S} [a_1 (D - b) (h + l) + a_2 D (D - b)] \frac{1}{\sqrt{SH}} + a_3 \frac{(D - b)^2}{DH} + \\ + a_4 \frac{H (y + \delta)}{b h P (D - b)^2}. \end{aligned} \quad (12)$$

В выражении (12)

$$\left. \begin{aligned} a_1 = \frac{0,1 \pi^2 \gamma_c}{B_c} \sqrt{\frac{\alpha}{K}}; & \quad a_2 = \frac{0,1 \pi^2 \gamma_c}{2B_c} \sqrt{\frac{\alpha}{K}}; \\ a_3 = \frac{2 (0,1 \pi^2)^2 \gamma_c \cdot \alpha}{K \cdot B_c^2 \cdot \kappa_c \cdot n \operatorname{tg} \frac{180^\circ}{n}}; & \quad a_4 = \beta \frac{b_1 \pi \cdot \gamma_M}{K \cdot \kappa_0}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Выражение (12) при заданной мощности S является функцией четырех переменных; D , b , h и y .

Воспользоваться условием

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial D} = 0; & \quad \frac{\partial \varphi}{\partial h} = 0; \\ \frac{\partial \varphi}{\partial b} = 0; & \quad \frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

для определения оптимальных значений этих переменных не представляется возможным, так как функция φ по некоторым переменным не имеет экстремума. Так, функция (12) не имеет экстремума по переменной b . Сократим число переменных, наложив некоторые ограничения. Из (1) выразим D через h , принимая:

$$\frac{b_1(y + \delta)^2}{yP \cdot K \cdot \kappa_0^2} = Z \quad \text{и} \quad P = (\kappa_n b_1 + y). \quad (15)$$

Тогда

$$\left. \begin{aligned} (D - b)^2 &= \frac{SHZ}{b^2 h^2}, \\ D - b &= \frac{\sqrt{SHZ}}{bh}, \\ D &= b + \frac{\sqrt{SHZ}}{bh}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Выражение (12) с учетом (15) и (16) примет вид

$$\begin{aligned} \varphi = a_1 \frac{\sqrt{Z}}{bh} (h + l) + a_2 \frac{\sqrt{Z}}{bh} \left(\frac{\sqrt{SHZ}}{bh} + b \right) + a_3 \frac{SZ}{bh(\sqrt{SHZ} + b^2 h)} + \\ + a_4 \frac{\sqrt{H}(y + \delta)}{P\sqrt{SZ}}. \end{aligned} \quad (17)$$

По переменной b выражение (17) не имеет экстремума. С ростом b удельный расход приведенных материалов уменьшается.

Полученное в результате исследования графоаналитическим методом оптимальное значение y_0 стремится к неконструктивным размерам (для $S = 10^3$ кВа, $y_0 < 0,1$ см и для $S = 10^6$ кВа, $y_0 \approx 0,3$ см).

С ростом мощности y_0 увеличивается незначительно. Для определения оптимального значения h_0 воспользуемся условием

$$\frac{\partial \varphi}{\partial h} = 0,$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial h} = A_4 h^2 - A_1 \sqrt{H} - A_2 \left(3 + \frac{2l}{h} \right) - A_3 \frac{4b^2 h \sqrt{SHZ} + SZ(3h + l)}{b(\sqrt{SHZ} + b^2 h)^2} = 0, \quad (18)$$

где

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \frac{2}{\sqrt{S}} \left(a_1 \frac{l}{b} + a_2 \right); & A_2 &= a_2 \frac{\sqrt{Z}}{b^2}; \\ A_3 &= a_3; & A_4 &= a_4 \frac{(y + \delta)}{PSZ}. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Решить (18) относительно h представляет сложную задачу, поэтому воспользуемся графоаналитическим методом определения корней уравнения (18).

После определения h_0 сравнительно просто определяются остальные величины, влияющие на минимум расхода приведенных материалов.

В табл. I показано влияние мощности на минимум расхода приведенных материалов при отношении $b, l \approx 0,45$.

Таблица 1

	10^3	10^4	10^5	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	Примечание
1	S квв									
2	b см	40	60	80	50	80	100	120		
3	A_1	$514 \cdot 10^{-4}$	$51,4 \cdot 10^{-4}$	$5,14 \cdot 10^{-4}$	$0,514 \cdot 10^{-4}$	$0,514 \cdot 10^{-4}$	$0,514 \cdot 10^{-4}$	$0,514 \cdot 10^{-4}$	$0,514 \cdot 10^{-4}$	из (19)
4	A_1	1,09	0,268	0,0728	0,03	0,023	0,02	0,0192	0,0192	из (19)
5	A_2	0,578	0,257	0,1445	0,37	0,1445	0,0925	0,0642	0,0642	из (19)
6	h см	15,1	27	55,5	215	151	128	113	113	из (18)
7	D см	89,9	128	179,5	279,5	254	253	257	257	из (16)
8	b/D	0,445	0,468	0,446	0,179	0,315	0,395	0,467	0,467	--
9	φ з/квв	1864	725,8	318	205,2	165,9	154,55	141	141	из (17)
10	Q_c м	0,317	1,598	9,124	78,6	57,9	53,95	45,65	45,65	из (9)
11	Q_m м	0,442	1,62	6,49	36,2	30,9	28,7	27,2	27,2	из (6)
12	βQ_m м	1,547	5,66	22,7	126,6	108	100,5	95,3	95,3	из (11)
13	$Q_{др}$ м	0,759	3,218	15,614	114,8	88,8	82,65	72,85	72,85	$Q_{др} = Q_c + Q_m$
14	φ при $b/D = 0,45$	1863	728,3	317,5				143,5	143,5	

Исследование проводилось при $\alpha = 1,35 \cdot 10^4$; $K_{II} = 0,78$; $b_1 = 9 \text{ см}$; $K_0 = 0,9$; $B_c = 16500 \text{ гс}$; $\delta = 1 \text{ см}$; $y = 1,4 \text{ см}$; $l = 40 \text{ см}$; $\beta = 3,5$; $\varepsilon = 0,16 \text{ вт/см}^2$.

Исследования показали, что с увеличением отношения $\frac{b}{D}$ до 0,5 удельный расход приведенных материалов уменьшается.

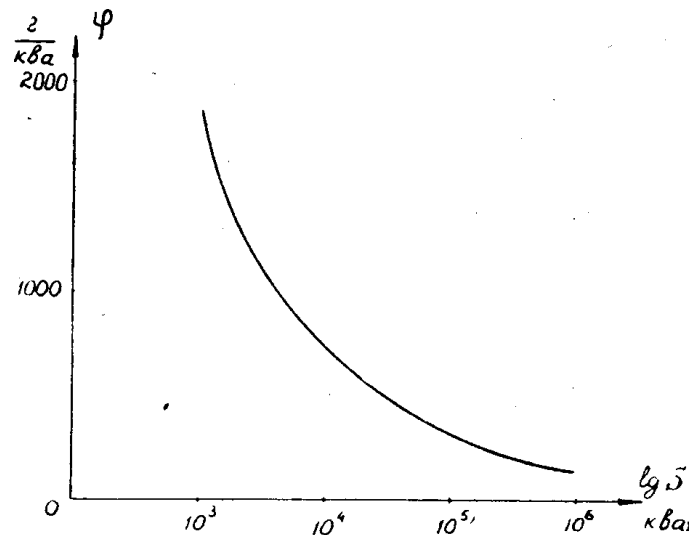


Рис. 1

На рис. 1. показана зависимость удельного расхода приведенных материалов φ от мощности S при $\frac{b}{D} = 45$.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Пилецкий, И. Д. Кутявин. О предельной мощности сглаживающих дросселей с линейной характеристикой (см. выше).
2. И. Д. Кутявин. К определению оптимальных размеров трехфазных двухобмоточных трансформаторов. Известия Томского политехнического института, т. 130, 1964.