

ОПТИМАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО СГЛАЖИВАЮЩЕГО ДРОССЕЛЯ НА СЕРДЕЧНИКАХ ТИПА ПЛ

Е. И. ГОЛЬДШТЕЙН, А. И. АНОХИН, А. К. МАЙЕР, В. К. СКРИПКО

(Представлена семинаром кафедры ТОЭ, ТИРиЭТа)

Высоковольтные сглаживающие дроссели (ДВС) предназначены для сглаживания пульсаций в цепи питания специальных радиотехнических устройств. Как правило, ДВС выполняются на сердечниках типа ПЛВ с увеличенным окном [1], так как по мере повышения рабочего напряжения усиливают изоляцию обмотки. В известной нам литературе вопросы оптимизации ДВС не рассматривались, хотя последние имеют значительный вес и габариты. Поставим задачу исследовать ДВС с целью определения его геометрии обеспечивающей минимально-возможный вес или габаритный объем. С целью упрощения анализа не учитываем вес и габарит изоляционного материала (компаунда), крепежных деталей, изоляторов. Тогда вес и габаритный объем можно выразить следующими уравнениями [2]

$$G = a^3 \cdot K_0 \cdot \gamma_0 (\beta \cdot K_{Vc} + K_{Vo}), \quad (1)$$

$$V_r = a^3 \cdot 2 \cdot K_{Vr}, \quad (2)$$

где

a — основной типоразмер дросселя (рис. 1),

$$\beta = \frac{K_c \cdot \gamma_c}{K_0 \cdot \gamma_0},$$

K_0, K_c — коэффициенты заполнения окна проводниковым материалом и магнитопровода сталью,
 γ_0, γ_c — удельные веса меди и стали,
 K_{Vc}, K_{Vo}, K_{Vr} — безразмерные коэффициенты геометрии ДВС, определяемые относительными размерами $x = \frac{b}{a}$; $y = \frac{c}{a}$;

$z = \frac{h}{a}$ (рис. 1). Значения коэффициентов K_{Vc}, K_{Vo}, K_{Vr} для магнитопроводов типа ПЛ приведены в табл. 1.

В инженерной практике наиболее часто встречаются два расчетных случая для ДВС:

I р. с. — расчет на заданное падение напряжения на дросселе,

II р. с. — расчет на заданный перегрев.

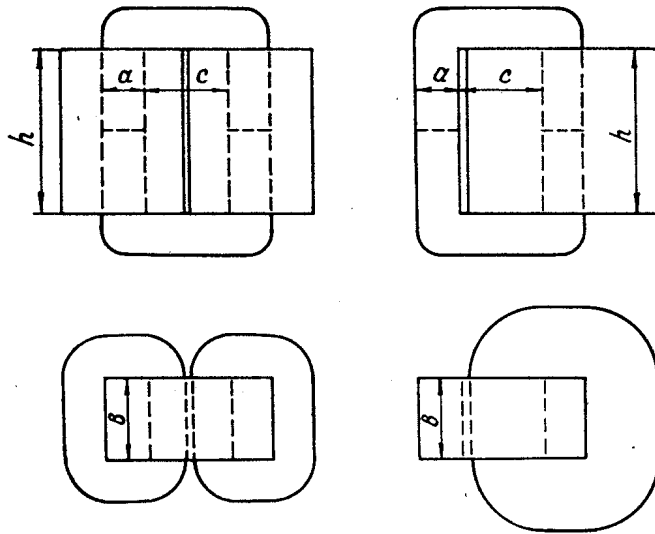


Рис. 1

В соответствии с этим основной типоразмер можно определить по следующим выражениям [2]:

$$a_I = \left(\frac{N_I}{n_r} \right)^{0,2},$$

$$a_{II} = \left(\frac{N_{II}}{n_r \cdot K_{gp}} \right)^{1/7}, \quad (3)$$

где

$$N_I = \frac{(LI_0)^2 \cdot \rho \cdot K_{HI}}{R_{gp} \cdot B_0^2 \cdot K_c^2 \cdot K_0};$$

$$N_{II} = \frac{(LI_0^2)^2 \cdot \rho \cdot K_{HII}}{2(B_0)^2 \cdot K_c^2 \cdot K_0 \cdot \sigma \cdot \tau};$$

L — индуктивность ДВС,

I_0 — постоянная составляющая тока,

R_{gp} — допустимое активное сопротивление ДВС,

ρ — удельное сопротивление меди,

B_0 — постоянная составляющая индукции,

$K_{HI} = 1 + \alpha_r (t_{окр} - 20^0)$,

$K_{HII} = 1 + \alpha_r (t_{окр} + \tau - 20^0)$,

α_r — температурный коэффициент меди,

$t_{окр}$ — температура окружающей среды,

τ — температура перегрева ДВС,

σ — коэффициент теплоотдачи,

n_r — коэффициент геометрии, выражения для которого приведены в табл. 1,

$K_{gp} = \frac{S_{охл}}{2a^2}$ — коэффициент поверхности охлаждения ДВС, выражения для которого приведены в табл. 1.

Подставив (3) в (2) и (1) и проанализировав полученные выражения, можно сделать вывод о возможности (при отыскании оптимальной геометрии) оперировать со следующими удельными технико-экономическими показателями:

$$G'_I = (n_r)^{-0,6} (\beta K_{Vc} + K_{Vo});$$

$$G'_{II} = (n_r \cdot K_{gp})^{-3/7} (\beta K_{Vc} + K_{Vo}); \quad (4)$$

$$V'_{rI} = (n_r)^{-0.6} \cdot K_{Vr};$$

$$V'_{rII} = (n_r \cdot K_{gp})^{-3/7} \cdot K_{Vr}.$$

Таблица 1

Коэффициенты	Для дросселя стержневого	
	с одной катушкой	с двумя катушками
K_{Vc}	$x(3,14+2z+2y)$	$x(3,14+2z+2y)$
K_{V0}	$yz(2+2x+3,14y)$	$yz(2+2x+1,57y)$
K_{Vr}	$(1+y)(x+2y)(2+z)$	$(1+y)(x+y)(2+z)$
n_r	$\frac{x^2yz}{2+2x+3,14y}$	$\frac{x^2yz}{2+2x+1,57y}$
$K_{др}$	$(xz+2z+2xy+4y++lyz+ly^2+lx+l)$	$(xz+2z+2xy+4y++lyz+0,5ly^2+lx+l)$

Для минимизации выражений (4) была составлена специальная программа поиска на ЭЦВМ оптимальных параметров геометрии, обеспечивающих минимум соответствующего технико-экономического показателя. Пределы поиска приняты:

$$x = \frac{b}{a} = 1 \div 5;$$

$$y = \frac{c}{a} = 1 \div 10;$$

$$z = \frac{h}{a} = 1 \div 10.$$

Минимизация проводилась при значениях коэффициента $\beta = \frac{\gamma_c \cdot K_c}{\gamma_0 \cdot K_0}$, подсчитанных при $K_c = 0,85$, $\gamma_c = 7,65 \text{ г/см}^3$, $\gamma_0 = 8,8 \text{ г/см}^3$ и $K_0 = 0,246$; 0,182; 0,146; 0,109; 0,082. Коэффициенты заполнения окна определены экспериментально для ДВС, выпускаемых серийно. Шаг поиска по x , y и z был принят одинаковым $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0,1$. Результаты минимизации приведены в табл. 2.

Таблица 2

Минимизируемая функция	β	Дроссель стержневой						Примечание
		однокатушечный			двухкатушечный			
		x	y	z	x	y	z	
G'_I	3,0	2,3	1,0	2,3	1,6	1,1	2,2	I—р. сл.
	4,06	2,1	1,0	2,5	1,5	1,1	2,5	
	5,06	2,0	1,0	2,7	1,4	1,2	2,7	
	6,78	1,9	1,0	2,9	1,3	1,2	2,9	
	9,03	1,7	1,1	3,0	1,2	1,3	3,1	
V'_{rI}	—	5,0	1,0	3,0	3,8	1,0	3,0	
G'_{II}	3,0	1,3	1,1	1,9	1,0	1,5	1,6	II—р. сл.
	4,06	1,0	1,1	2,2	1,0	1,8	1,8	
	5,06	1,0	1,3	2,4	1,0	2,0	2,0	
	6,78	1,0	1,5	2,7	1,0	2,4	2,3	
	9,03	1,0	1,8	3,0	1,0	2,7	2,7	
V'_{rII}	—	5,0	1,0	3,6	5,0	1,0	3,8	

Для выяснения вопроса о целесообразности и эффективности перехода в некоторых случаях от стандартной геометрии, то есть от параметров геометрии ДВС ряда «Генри П» [1], к оптимальной геометрии проведем сопоставление удельных технико-экономических показателей (4) ДВС ряда «Генри П» и оптимальной геометрии. Сравнение проводим при одинаковых условиях. При этом считаем, что в первом приближении геометрия не влияет на коэффициент теплоотдачи, на магнитный режим и на коэффициенты заполнения. Результаты сравнения приведены в табл. 3. Оценка выигрыша в весе и в габаритном объеме подсчитана соответственно как $\frac{G'_{ст}}{G'_{опт}} \cdot 100\%$ и $\frac{V'_{г.ст}}{V'_{г.опт}} \cdot 100\%$, при этом удельные показатели оптимальных ДВС принимались за 100%.

Таблица 3

Сравниваемый дроссель из ряда „Генри П„	β	Удельный показатель сравнения	Удельный показатель сравниваемого дросселя	Удельный показатель дросселя оптимальной геометрии	Оценка результатов минимизации в %	Примечание
ПЛВ12,5x20—62,5	3,0	G'_I	146	78,41	186	I катушка
	5,06		180,98	118,83	152,1	
	6,78		210,1	151,77	138,5	
ПЛВ10x16—50	4,06		164	99,4	165	
ПЛВ20x40—90	9,03		210,85	194,43	112	
ПЛВ-10x16—50	—	$V'_{гI}$	94,4	26,8	352	I — р. сл. I катушки
ПЛВ12,5x20—62,5	—		94,4	26,8	352	
ПЛВ20x40—90	—		61,36	26,8	229	
ПЛВ12,5x20—62,5	3,0	G'_I	94,75	67,68	140	I р. сл. 2 катушки
	5,06		122,9	102,25	120	
	6,78		146,4	129,9	112,4	
ПЛВ10x16—50	4,06		109,28	85,66	127,8	
ПЛВ20x40—90	9,03		165,6	164,4	100,5	
ПЛВ10x16—50	—	$V'_{гI}$	47,31	21,28	222	I р. сл. I катушки
ПЛВ12,5x20—62,5	—		47,31	21,28	222	
ПЛВ20x40—90	—		34,27	21,28	160	
ПЛВ12,5x20—62,5	3,0	G'_{II}	28,83	17,15	168	II р. сл. I катушка
	5,06		35,71	25,35	141	
	6,78		32,37	31,45	150	
ПЛВ10x16—50	4,06		45,77	21,47	117	
ПЛВ20x40—90	9,03			39,11		
ПЛВ10x16—50	—	$V'_{гII}$	18,62	5,84	319,0	II р. сл. 2 катушки
ПЛВ12,5x20—62,5	—		18,62	5,84	319	
ПЛВ20x40—90	—		13,32	5,84	228	
ПЛВ12,5x20—62,5	3,0	G'_{II}	19,65	17,15	114,5	II р. сл. 2 катушки
	5,06		25,49	24,68	103,3	
	6,78		30,87	30,51	101	
ПЛВ10x16—50	4,06		22,66	21,16	107	
ПЛВ20x40—90	9,03		38,03	37,46	101,5	
ПЛВ10x16—50	—	$V'_{гII}$	9,81	4,82	203	II р. сл. 2 катушки
ПЛВ12,5x—20	—		9,81	4,82	203	
ПЛВ20x40—90	—		7,76	4,82	160	

Вывод

Как показывает анализ результатов сравнения (табл. 3), использование ДВС оптимальной геометрии позволит в $1,6 \div 3,5$ раза сократить его габаритный объем и получить выигрыш в весе до 80%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормаль радиопромышленности (проект). Дроссели высоковольтные, фильтровые. Технические условия. Редакция 2-67.
2. *Е. И. Гольдштейн*. Некоторые вопросы проектирования оптимальных сглаживающих дросселей. «Электромеханика», 1964, № 4.