

СГЛАЖИВАЮЩИЕ ДРОССЕЛИ С МАКСИМАЛЬНОЙ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ НА НЕНОРМАЛИЗОВАННЫХ СЕРДЕЧНИКАХ

Е. И. ГОЛЬДШТЕЙН

(Представлена научным семинаром кафедры автоматики и телемеханики)

В практике проектирования сглаживающих дросселей (СД) встречаются задачи создания дросселя с максимально-возможным значением постоянной времени:

$$\tau = \frac{L}{R}. \quad (1)$$

Но при заданном значении индуктивности СД:

$$\tau_{\max} \equiv \frac{1}{R_{\min}}. \quad (2)$$

Таким образом, задача сводится к нахождению условий, обеспечивающих минимально-возможное сопротивление СД при заданных электромагнитных параметрах.

В настоящей работе ограничимся анализом геометрии СД на ненормализованном сердечнике при броневой и двухкатушечной стержневой конструкциях. В работе [1] приведены выражения для базового размера „а“ при расчете на заданное падение напряжения [случай I, выражение (10)] и при расчете на заданный перегрев [случай II, выражение (11)].

Решая указанные выражения совместно, получим связь сопротивления R с заданными электромагнитными параметрами, расчетными условиями и геометрическими размерами СД:

$$R = \left[N_R \left(\frac{K_{охл}^{2,5}}{n_r} \right) \right]^{2/7}, \quad (3)$$

$$N_R = \left[\frac{\rho (2\sigma\tau^0)^{2,5}}{(L I_0^2)^{1,5} B_0^2 K_c^2 K_0 K_n^{2,5}} \right] \cdot L^{3,5}, \quad (4)$$

$$K_n = \frac{\rho_r}{\rho}, \quad (5)$$

$$K_{охл} = K_{оо} + \Theta K_{ос}. \quad (6)$$

Значения коэффициентов n_r , $K_{оо}$ и $K_{ос}$ приведены в табл. 1.

Следует отметить, что в работе [1] коэффициент эффективности теплоотвода с сердечника Θ принят равным нулю, поэтому там

$$K_{охл} = K_{оо}.$$

Безразмерные параметры геометрии x , y и z характеризуют, соответственно, отношение ширины ленты (толщины набора), ширины и высоты окна к базовому размеру — ширине стержня.

$$x = \frac{b}{a}; y = \frac{c}{a}; z = \frac{h}{a} \quad (7)$$

Принимая при анализе индукцию, коэффициенты заполнения и т. п. расчетные величины постоянными ($N_R = \text{const}$), можно найти геометрию СД, при которой его сопротивление будет минимальным. Минимизация расчетного выражения

$$\Phi_R = \left[\frac{K_{\text{охл}}^{2,5}}{n_r} \right] \quad (8)$$

была выполнена на ЭЦВМ Томского политехнического института (программист — инженер Былино Н. М.).

Таблица 1

Коэффициент	Дроссель	
	броневой	стержневой хвухкатушечный
Π_r	$\frac{x^2 y z}{2 + 2x + 3,14y}$	$\frac{x^2 y z}{2 + 2x + 1,57 y}$
$K_{\text{оо}}$	$3,14 y z + z + 2 y + 3,14 y^2$	$3,14 y z + 2z + 2 y + 1,57 y^2 + xy + xz$
$K_{\text{ос}}$	$2 + z + 2y + 2xy + xz + 3x$	$4 + 2y + xy + 4x$

Поиск оптимальных значений параметров геометрии проводился в следующем диапазоне их изменения:

$$0,5 \leq x \leq 2,7; 0,5 \leq y \leq 2,7; 1 \leq z \leq 5,0. \quad (9)$$

Шаг поисков был принят одинаковым для всех параметров геометрии:

$$\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0,1. \quad (10)$$

Результаты, полученные при исследовании выражения (8), приведены в табл. 2.

Таблица 2

θ	Дроссель					
	броневой			стержневой двухкатушечный		
	x	y	z	x	y	z
0	2,7	0,5	1,0	2,7	0,5	1,0
0,4	2,7	0,5	1,2	2,7	0,5	1,0
0,6	2,7	0,5	1,4	2,7	0,6	1,4
0,8	2,7	0,5	1,5	2,7	0,7	1,8
1,0	2,7	0,5	1,7	2,7	0,7	2,1

Представляет интерес сопоставить удельные технико-экономические показатели СД, оптимального по сопротивлению, с соответствующими

щими показателями СД, оптимального по другим показателям: габаритному объему V_r , суммарному объему активных материалов V , объему проводникового материала V_0 . В табл. 3 приведены результаты такого сравнения; при этом были использованы данные из [1] и [2].

Таблица 3

СД	Вид сравнения	Оптимальный показатель				Примечания
		V	V_r	V_0	R	
Броневой	$V: V_{\text{опт}}$	100	—	—	117	$\theta=0$
	$V_r: V_{r \text{ опт}}$	—	100	—	115	
	$V_0: V_{0 \text{ опт}}$	—	—	100	100	
	$R: R_{\text{опт}}$	176	162	100	100	
	$V: V_{\text{опт}}$	100	—	—	103,5	$\theta=1$
	$V_r: V_{r \text{ опт}}$	—	100	—	100	
	$V_0: V_{0 \text{ опт}}$	—	—	100	125	
	$R: R_{\text{опт}}$	102	100	102,5	100	
Стержневой двухкатушечный	$V: V_{\text{опт}}$	100	—	—	132	$\theta=0$
	$V_r: V_{r \text{ опт}}$	—	100	—	154	
	$V_0: V_{0 \text{ опт}}$	—	—	100	100	
	$R: R_{\text{опт}}$	171	175	100	100	
	$V: V_{\text{опт}}$	100	—	—	103	$\theta=1$
	$V_r: V_{r \text{ опт}}$	—	100	—	109	
	$V_0: V_{0 \text{ опт}}$	—	—	100	168	
	$R: R_{\text{опт}}$	105	107	114	100	

Данные табл. 3 показывают, что наиболее сильно растет показатель R при $\theta=0$, тогда как при $\theta=1$ сопротивление СД постоянному току сравнительно слабо зависит от его геометрии. Аналогично, при оптимизации СД по показателю R , растут другие показатели, особенно габаритный объем при $\theta=0$ и объем обмотки при $\theta=1$.

Перечень принятых обозначений:

- τ — постоянная времени СД в сек;
- L — индуктивность СД в гн;
- R — сопротивление СД при 20°C в омах;
- a — базовый размер сердечника в см;
- N_R — расчетная постоянная;
- $K_{\text{охл}}$ — коэффициент поверхности охлаждения СД;
- n_r — коэффициент геометрии СД;
- ρ — удельное электрическое сопротивление при 20°C ;
- ρ_r — то же в нагретом состоянии;
- K_n — коэффициент нагрева;
- σ — коэффициент теплоотдачи вт/см^2 ;
- τ° — перегрев дросселя в градусах;
- I_0 — постоянная составляющая выпрямленного тока в а;
- B_0 — постоянная составляющая индукции, вб/см^2 ;

K_c — коэффициент заполнения сталью сердечника;
 K_o — коэффициент заполнения окна обмоткой;
 K_{oo} — коэффициент поверхности охлаждения обмотки;
 K_{oc} — коэффициент поверхности охлаждения сердечника;
 Θ — коэффициент эффективности теплоотвода с сердечника;
 x, y и z — безразмерные параметры геометрии;
 b — ширина ленты (толщина набора) в $см$;
 c — ширина окна в $см$;
 h — высота окна в $см$;
 Φ_R — расчетная функция сопротивления;
 V_r — габаритный объем СД;
 V — суммарный объем активных материалов;
 V_o — объем проводникового материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. И. Гольдштейн. Некоторые вопросы проектирования оптимальных сглаживающих дросселей, ИВУЗ, Электромеханика, № 4, 1964.
 2. Е. И. Гольдштейн. Универсальные зависимости для выбора оптимальных параметров геометрии сглаживающих дросселей на ненормализованных сердечниках, Известия ТПИ, том 149, Изд. ТГУ, 1965.
-