

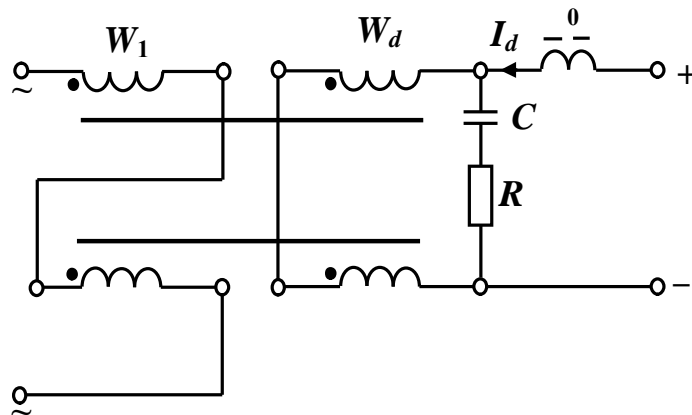
. .

МАГНИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

210106

«

»



**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра промышленной электроники

В.П. Обрусник

МАГНИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

210106

«

»

**Рекомендовано Сибирским региональным
учебно-методическим центром высшего профессионального
образования для межвузовского использования
в качестве учебного пособия**

2006

: . . . ,

Обрусник В.П.

210106 « » — : -
, 2006. — 61 . -

210106 — . -

, 2006

| | | |
|-----|---------------------|----|
| | | 4 |
| 2 | | 9 |
| 4 | 1 (1)..... | 10 |
| 4.1 | 1 | 10 |
| 4.2 | | 11 |
| 4.3 | 1 18 | 12 |
| 4.4 | 1 | 12 |
| 4.5 | | 13 |
| 4.6 | 1 12 | 15 |
| 4.7 | 1 9 .. | 26 |
| 5 | 2 (2)..... | 39 |
| 5.1 | | 39 |
| 5.2 | 2 | 40 |
| 5.3 | 2 | 41 |
| 6 | 5 — 1, 1, 2..... | 45 |
| 7 | 1 (1)..... | 46 |
| 7.1 | | 46 |
| 7.2 | 2 — 1 (1)..... | 47 |
| 7.3 | 3 — 1 .. | 48 |
| 7.4 | 1 | 48 |
| 7.5 | 1 11.3 | 48 |
| 8 | 2 (2)..... | 54 |
| 8.1 | | 54 |
| 8.2 | 2 | 54 |
| 8.3 | 4 — 2 | 54 |
| 8.4 | 2 3 | 56 |
| 9 | , | 60 |
| | | 62 |

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

210100 «
210106 «
»
»

2003

28 .
18 .
46 .
54 .
100 .

5

2006

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

- 1.1 — ,
,
(
) ,
1.2 —
,
()
— , ,
1.3 ,
«
»:
()
;
, ;
.

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Наименование тем лекционных занятий, их содержание, объем в часах (28 часов)

- 2.1.1 (): , ,
, .
« » (4).
2.1.2 (, ,
,) (4).
2.1.3 ,
(4).

- 2.1.4 , : -
 , , , -
 , . (4).
- 2.1.5 (-
 , , , -
 , ,). -
 , , , -
 (6).
- 2.1.6 (6).

2.2 Практические и семинарские занятия, их содержание и объем в часах (18 часов)

- 2.2.1 . -
 . -
 — 4 .
- 2.2.2 () — 2 . -
- 2.2.3) — 2 . (-
- 2.2.4 — 4 . -
- 2.2.5 ,) — 4 . -
- 2.2.6 () — 2 .

2.3 Самостоятельная работа (54 часов)

| | | | |
|---|--|----|--|
| | | - | |
| 1 | | 26 | |
| 2 | | 4 | |

| | | | |
|---|---|----|----|
| | | - | |
| | « | »: | |
| | , | | |
| 3 | | - | 2 |
| | | | - |
| 4 | | - | 16 |
| | | | - |
| | | | - |
| 4 | | | 6 |
| | | | - |
| | | | - |

:

54

2.4 Методика формирования текущего рейтинга

120 -

1.

1 —

| | | |
|---|--------|----|
| / | | |
| 1 | 1 (1) | 45 |
| 2 | 2 (2) | 20 |
| 3 | 1 | 20 |
| 4 | 2 | 10 |
| 5 | | 15 |

: 110

— 10 .

: 120 -

()

110 0,75 □ 82 , не меньше.

3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1 Основная литература

3.1.1 . . -
: . — : , 2006.
— 154 .

3.2 Дополнительная литература

3.2.1 -
: - . 1987. — 168 .
3.2.2 -
. — ∴
, 1988. — 178 .
3.2.3 . . -
. — ∴ . — 408 .
3.2.4 -
: -
. — ∴ . — 198 .
3.2.5 . . -
: . — ∴ , 1985. —
575 .
3.2.6 -
: . — ∴ , 1985. — 416 .
3.2.7 -
: . — ∴ , 1985. — 416 .

2

— 28 . . . ;
 — 18 . . . ;
 (, , -
 .) — 54 . . .

практических

1. . . ,

(1, 2) — 2 . . .

2. . . . (1, 2) — 2 2 =
 = 4 . . . «
 2- » — 4 . . .

3. . . ,

, — 8 . . .
 — 18 . . .

Самостоятельная

1. . . :
 1 (1) — -

2. — 18 . . .
 2 (2) — -

3. , 1 — 8 . . .
 (— 4) .

4. —

5.

— 4 .

6.

(1, 2) — 2 .

7.

() — 6 .

— 54 .

4

1 (1)

4.1

1

1

5

— 18 ,

—
—
—

, стержневая;

, алюминий;

18 —

. 1.

, , , —
(), (), ();
, —
, —
().

:
:
(),
();
;
(),

— ;
— ;
— ;
— .

. 7, , , , .

1 -

(. . 1 .16).

. 3 1.

:
 – **естественном**
полным ()
 – $10 / ^2$;
 – **принудительного**
неполным
 () () ,
 $30 / ^2$;
 – , 50 ;
 – .
 . 1.1 **обязательным**
 $x \ c/a, y \ b/a, z \ h/a.$
 1 ,

4.2

14.1 —

1

| | U_2 | I_2 | f_1 | | U_2 | I_2 | f_1 |
|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|
| - | | | | - | | | |
| 1 | 6 | 100 | 0,05 | 11 | 6 | 50 | 0,05 |
| 2 | 12 | 100 | 0,4 | 12 | 12 | 80 | 0,4 |
| 3 | 24 | 50 | 1 | 13 | 24 | 25 | 1 |
| 4 | 36 | 50 | 2 | 14 | 36 | 25 | 2 |
| 5 | 48 | 20 | 2,5 | 15 | 48 | 15 | 2,5 |
| 6 | 100 | 21 | 5 | 16 | 100 | 15 | 5 |
| 7 | 400 | 5 | 10 | 17 | 120 | 10 | 10 |
| 8 | 12 | 50 | 15 | 18 | 400 | 4 | 15 |
| 9 | 24 | 50 | 20 | 19 | 500 | 2,5 | 20 |
| 10 | 36 | 15 | 25 | 20 | 800 | 1,5 | 25 |

: $U_1 \ 220$, $0,95, \cos \ 0,95.$

4.3

1

18

алюминиевыми
стержневой
Π-образном
естественного
 ,

 -
 . 7
 -

18 . 1:

U_1 , 220
 U_2 , 400
 I_2 , 4
 f_1 , 15
 cos
 0,95.

- :
 1. .
 2. .
 3. .
 4. .
 5. .
 6. .
 7. .
 8. —
 9. :
 — R_1, R_2 ;
 — X_{S1}, X_{S2}, X_S ;
 — X, R .
 10. (11.7).

4.4

1

1. — 4 .

- 2. — 2 .
 - 3. — 3 .
 - 4. — 2 .
 - 5. — 2 .
 - 6. — 2 .
 - 7. — 1 .
 - 8. ,
— 10 .
 - 9. — 1 .
 - 10. — 4 .
 - 11. — 4 .
 - 12. — 10 .
-
- : 45 .

Примечание:

4.5

4 (210 297),
 —
 : , ,
 , . ()
 .
 (S_c a b 20 40 800 ²).
 ,
 , — .
 , —
 ,

**Томский государственный университет систем
управления и радиоэлектроники (ТУСУР)**

Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)

1

«

»

Шифр ЧАЕ9МВ

364-5

« 2 » _____ 2006

()

4.6**1****12**

() () , ()
 () () . -
 -

() :
 —

$$U_1 = 220 \text{ В};$$

$$U_2 = 12 \text{ В};$$

$$I_2 = 80 \text{ А};$$

$$f_1 = 400 \text{ .}$$

cos —

0,95.

Рассчитать:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.

8. .
 9. .
 — $R_1, R_2;$
 — $X_{s1}, X_{s2}, X_s;$
 — $X_\mu, R_\mu.$
 10. .
 11. .

Решение.

$$= 10 / ^2. .$$

$$= 50$$

$$t = t_0 + = 20 + 50 = 70 \text{ C.}$$

$$(105)$$

$$2,5 / ^2$$

$$S_{n2} = I_{n2}/j = 80/2,5 = 32 ^2;$$

$$S_{n1} = U_2 \cdot S_{n2}/U_1 = 12 \cdot 32/220 = 1,745 ^2.$$

$$S_{nf} = 14/f_1 = 14/0,4 = 35 ^2.$$

$$f_1 = 400$$

$$3414(44)$$

$$0,2 .$$

$$1- 7,$$

$$1, 2, 3.$$

1 —

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|-----|----------|----------------|------|-----|----------|-------|-------|-----|-----|-------|---------------------|
| - | c | K_{3c} | g_c | co | | f_{10} | B_0 | f_1 | | i | B_s | μ_a |
| | | - | / ³ | / | - | | | | - | - | | / |
| 3414(44) | 0,2 | 0,85 | 7,65 | 0,8 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 1,7 | 1,8 | 1,6 | $0,5 \cdot 10^{-3}$ |

2 —

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|----------|----------------|-----------------|----|------------------|
| - | - | - | - | K_{3k} | g_k | κ | | |
| | | | | - | / ³ | . ^{2/} | 0 | / ² . |
| | | | - | 0,35 | 8,8 | 0,021 | 50 | 10 |
| | | | | 0,45 | | | | |

3 —

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|
| - | - | x | y | z | K_s | N_c | N_k | B | l_c | l_k | |
| | - | | | | | | | | | | |
| - | - | 1,4 | 2 | 2,8 | 2 | 4,3 | 4,8 | 1,3 | 2,5 | 8,1 | 5,5 |

Расчет электромагнитных показателей

1. Габаритная мощность:

$$P_1 = \frac{U_2 I_2}{(\cos \varphi)} = \frac{12 \cdot 80}{0,95 \cdot 0,95} = 1064 \text{ Вт}.$$

2. Рабочая индукция:

$$B_p = \sqrt[12]{(M_b N_c)^7 M_j N_k K_s M_p^2 / (P_1^2 f_{1*}^7 \cdot 2)}.$$

: M_b, M_j, M_p .

$$v = 1, \quad ; g_c = 7,65 \cdot 10^3 \quad / \quad ^3,$$

$$M_j = \frac{B}{\kappa_{OK}} \frac{v}{v-1} \frac{50 \cdot 10 \cdot 2,5}{2,1 \cdot 10^8 \cdot 0,35} \frac{1}{1 \cdot 1} \cdot 8,5 \cdot 10^{10} \quad ^2 / \quad ^2,$$

$$\kappa_{OK} = \kappa_{3K},$$

$$M_p = 4 \cdot \kappa_\phi \cdot n_0 \cdot \kappa_{OK} \cdot \kappa_{3C} \cdot B_0 \cdot f_{10} \\ 4 \cdot 1,11 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot 0,35 \cdot 0,5 \cdot 400 \cdot 1,32 \cdot 10^2 \quad / \quad ^2;$$

$$M_b = \frac{B}{\kappa_{CO} \cdot \kappa} \frac{v}{g_c \cdot \kappa_{3C} \cdot v - 1} \\ \frac{50 \cdot 10 \cdot 2,5}{0,8 \cdot 1,5 \cdot 7,65 \cdot 10^3 \cdot 0,85} \frac{1}{1 \cdot 1} \cdot 8 \cdot 10^2 \quad .$$

$$n_0, \quad \kappa_\phi = 1,11 \quad - \\ 0,5. \quad -$$

$$M_b, M_J, M_p \quad f_{1*} \quad \frac{f_1}{f_{10}} \quad \frac{0,4}{0,4} \quad 1.$$

$$B_p = \sqrt[12]{(M_b \cdot N_c)^7 \cdot M_j \cdot N_k \cdot K_s \cdot M_p^2 / (P_1^2 \cdot f_{1*}^7 \cdot ^2)}$$

$$B_p = B_0 \sqrt[12]{\frac{(8 \cdot 10^2 \cdot 4,3)^7 \cdot 8,5 \cdot 10^{10} \cdot 4,8 \cdot 2 \cdot (1,32 \cdot 10^2)^2}{1064^2 \cdot 1^{71,7 \cdot 2}}} \quad B_0 \cdot 5,8 \quad .$$

$$: B_p = 0,5 \cdot 5,8 \cdot 2,9 \quad > (B_s = 1,6 \quad).$$

$$B_s, \quad B_p \quad - \\ B_p = B_s$$

$$B_* \quad \frac{B_p}{B_0} \quad 3,2.$$

3. Сечение магнитопровода:

$$S_c = \sqrt[7]{\frac{P_1^4}{(M_p B_* f_{1*})^4 (K_s M_j N_\kappa)^2}};$$

$$S_c = \sqrt[7]{\frac{1064^4}{(1,32 \cdot 10^2 \cdot 3,2 \cdot 1)^4 (2 \cdot 8,5 \cdot 10^{10} \cdot 4,8)^2}} = 1,63 \cdot 10^{-3} = 16,3 \cdot 10^{-4}.$$

4. Усреднённая плотность обмоток:

$$j = \sqrt{M_j \frac{N_\kappa}{K_s S_c^{0,5}}} = \sqrt{8,5 \cdot 10^{10} \frac{4,8}{2 (1,63 \cdot 10^{-3})^{0,5}}}$$

$$2,25 \cdot 10^6 \text{ A/}^2 = 2,25 \text{ A/}^2.$$

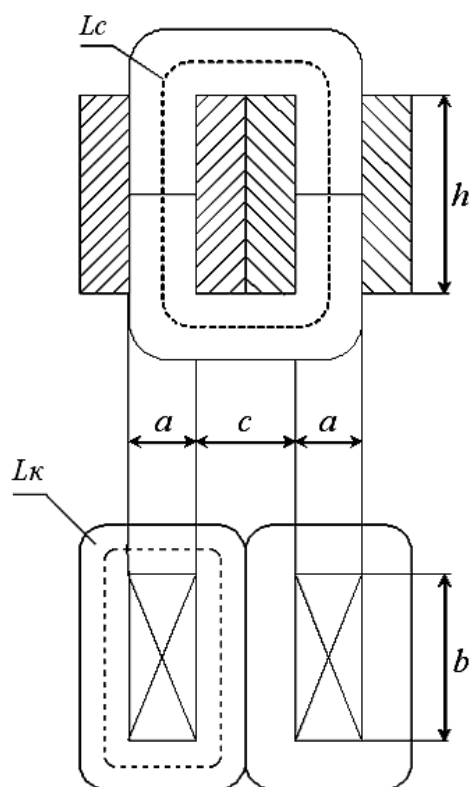
5. Линейные расчёты магнитопровода:

$$a = \sqrt{\frac{S_c}{y}} = \sqrt{\frac{16,3}{2}} = 2,85 \text{ см} = 28,5 \text{ мм}.$$

$$c = a \cdot x = 28,5 \cdot 1,4 = 40 \text{ мм}.$$

$$b = a \cdot y = 28,5 \cdot 2 = 58 \text{ мм}.$$

$$h = a \cdot z = 28,5 \cdot 2,8 = 80 \text{ мм}.$$



1.

. 1 —

6. Число витков обмоток:

$$W_1 = \frac{U_1}{4k_{\phi} f_1 B_p S_c k_{3c}} = \frac{220}{4 \cdot 1,11 \cdot 0,4 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 1,63 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 264$$

$$W_2 = \frac{U_2}{U_1} W_1 = \frac{12 \cdot 1,05}{220} \cdot 264 = 16$$

$$W_{1к} = \frac{W_1}{n_k} = \frac{264}{2} = 132 ;$$

$$W_{2к} = \frac{W_2}{n_k} = \frac{16}{2} = 8 ,$$

 n —**7. Сечения проводников обмоток:**

$$S_{n1} = \frac{I_{1н}}{j} = \frac{P_1}{U_1 j} = \frac{1064}{220 \cdot 2,3} = 2,1 \text{ } ^2 .$$

$$S_{n2} = \frac{I_{2н}}{j} = \frac{80}{2,3} = 33,33 \text{ } ^2 .$$

$$S_{nf} = 35^2 > S_{n1} S_{n2}.$$

$$= 14,5 \quad (\quad) \quad a_{n2} = 2,44 \quad b_{n2} =$$

$$u = 0,5 \quad (\quad) \quad .13) .$$

$$S_{n1} = 2,06^2 \quad d_{1u} = 1,73$$

$$-2 (\quad) \quad .14) .$$

8. Конструктивные параметры катушки:

$$h_{сл} = (h_{\kappa} h_{n_h})^2 \kappa,$$

$$\kappa = \frac{h_{\kappa}}{h_{n_h}}, n_h = h / h_{\kappa} = 1, n_h = \frac{h_{\kappa}}{h_{n_h}} = 1$$

$$h_{сл} = 80 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 76$$

$$W_{сл1} = \frac{h_{сл} \kappa_{yк}}{d_{1u}}, W_{сл2} = \frac{h_{сл} \kappa_{yк}}{b_{2u}}$$

$$\kappa_{yк} =$$

$$d_{1u} =$$

$$d_{1u} = 1,73 \quad (\quad) \quad 7)$$

$$W_1$$

$$a_{2u} = a_{n2} \cdot \frac{W_2 \cdot c}{u} = 2,44 \cdot \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 3,44}{0,5} = 3,44$$

$$b_{2u} = b_{n2} \cdot \frac{W_2 \cdot c}{u} = 14,5 \cdot \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 15,5}{0,5} = 15,5$$

$$\kappa_{yк} = 0,85, \quad d_{1u} > 1 \quad (\quad) \quad 11,4).$$

$$W_{сл1} = \frac{76 \cdot 0,85}{1,73} = 38$$

$$W_{сл2} = \frac{76 \cdot 0,85}{15,5} = 5$$

:

$$n_{сл} = \frac{W_i}{W_{сли}}$$

$$n_{сл1} = \frac{132}{38} = 4$$

$$n_{сл2} = \frac{8}{5} = 2$$

:

$$c_{к1} = d_{ну1} \cdot n_{сл1} = 1,73 \cdot 4 = 7,4$$

$$c_{к2} = a_{ну2} \cdot n_{сл2} = 3,44 \cdot 2 = 7,2$$

$$c = c_{к1} + c_{к2} + c_{к3} = 7,4 + 7,2 + 2 = 16,6$$

$$c_{к1} = 7,4$$

мо

$$c_{к2} = 7,2$$

$$c = 16,6$$

$$c = c_{к1} + c_{к2} + c_{к3} = 7,4 + 7,2 + 2 = 16,6$$

9. Параметры схемы замещения:

Активные сопротивления

$$R_i = \frac{k_i W_i L_{k_i}}{S_{n_i}}$$

;

$$S_n = \dots$$

$$L_k = \dots$$

$$c_k = 0,5 \cdot c$$

:

$$L_{k1} = 2 \left(a + b \frac{c_{к1}}{2} \right)$$

$$L_{k2} = 2 \left(28 \cdot 58 - \frac{2}{2} (7,4 \cdot 2) \right) = 201,52 \quad ;$$

:

$$L_{k2} = 2 \left(a \cdot b - \frac{2}{2} (c_{k2} \cdot \kappa) \right);$$

$$L_{k2} = 2 \left(28 \cdot 58 - \frac{2}{2} (7,2 \cdot 2) \right) = 200 \quad ;$$

$$R_1 = \frac{k \cdot W_{1k} \cdot L_{k1}}{S_{n1}}, \quad R_2 = \frac{k \cdot W_{2k} \cdot L_{k2}}{S_{n2}};$$

$$R_1 = \frac{0,021 \cdot 132 \cdot 0,201}{2,1} = 0,27 \quad ;$$

$$R_2 = \frac{0,021 \cdot 8 \cdot 0,200}{33,33} = 0,017 \quad .$$

Реактивные сопротивления

$$X_S = 2 \cdot f_1 \cdot L_S;$$

$$X_{S1} = X'_{S2} = 0,5 X_S,$$

L_S —

$$L_S = \frac{c_k \cdot W_1^2 \cdot L_k}{3h_k \cdot n_k},$$

$$L_k = (L_{k1} + L_{k2}) \cdot 0,5.$$

$$L_k = (201 + 200) \cdot 0,5 = 200,5 \quad ;$$

$$L_S = 4 \cdot 10^7 \cdot \frac{0,0074 \cdot 264^2}{3 \cdot 0,080 \cdot 2} = 0,2005 \cdot 2,7 \cdot 10^4 \quad ;$$

$$X_{S1} = 2 \cdot 0,4 \cdot 10^3 \cdot 2,7 \cdot 10^4 = 0,678 \quad ;$$

$$X_{S11} = X'_{S2} = 0,5 \cdot 0,678 = 0,339 \quad .$$

10. Весовые показатели трансформатора:

$$G_c = S_c L_c \kappa_{3c} g_c a b 2 \left(h c - \frac{a}{2} \right) \kappa_{3c} g_c$$

$$2,8 \cdot 5,8 \cdot 2 \cdot (8 \cdot 4 \cdot \frac{3,14 \cdot 2,8}{2}) \cdot 0,85 \cdot 7,65 \cdot 3,4 \cdot 10^3 \cdot 3,4 \cdot .$$

$$G_k = V_k \kappa_{3k} g_k c_k L_k L_c \kappa_{3k} g_k c_k L_k 2 \left(h c - \frac{a}{2} \right) \kappa_{3k} g_k ;$$

$$G_k = 0,5 \cdot 4 \cdot 20,05 \cdot 2 \cdot (8 \cdot 4 \cdot \frac{3,14 \cdot 2,8}{2}) \cdot 0,35 \cdot 8,8 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot .$$

$$G = G_c + G_k = 3,4 \cdot 4 \cdot 7,4 \cdot .$$

$$\mathcal{E}_g = \frac{G}{P_1} = 7,4/1,06 \quad / \quad 6,9 \quad / \quad .$$

Сопротивления контура намагничивания

$$L_c = 2 \cdot h \cdot c \cdot \frac{a}{2} = 2 \cdot 80 \cdot 40 \cdot \frac{28}{2} = 327,92 \quad 0,328$$

$$P_c = c_0 k G_c \frac{B}{B_0}^1 \frac{f_1}{f_{10}} = 0,8 \cdot 1,5 \cdot 3,4 \cdot \frac{1,6}{0,5}^{1,8} \cdot \frac{0,4}{0,4}^{1,7} = 33 \quad .$$

$$R_0 = \frac{U_1^2}{P_c} = \frac{220^2}{33} = 1467 \quad 1,5 \quad ;$$

$$L_0 = \frac{S_c W_1^2 a}{L_c 2 \cdot 10^2 \cdot 5 \cdot 10^4} = \frac{1,63 \cdot 10^3 \cdot 264^2 \cdot 5 \cdot 10^4}{0,33 \cdot 2 \cdot 10^2 \cdot 5 \cdot 10^4} = 1,15 \quad ;$$

$$X_0 = 2 f_1 L_0 = 2 \cdot 0,4 \cdot 10^3 \cdot 1,15 = 2889 \quad ;$$

$$X \quad X_0 \frac{R_0^2}{R_0^2 X_0^2} 2889 \frac{1467^2}{1467^2 2889^2} 592,22 \quad ;$$

$$R \quad R_0 \frac{X_0^2}{R_0^2 X_0^2} 1467 \frac{2889^2}{1467^2 2889^2} 1,2 \quad .$$

:

$$P_{\kappa} \quad \Pi_{OK} \frac{B}{1};$$

$$\Pi_{OKПЗ} \quad 2 \quad c \quad h \quad L_{\kappa} \quad b$$

$$2 \quad (0,040 \quad 0,08) \quad 0,2005 \quad 0,058 \quad 34 \quad 10^3 \quad 2;$$

$$P_{\kappa} \quad 50 \quad 10 \quad 34 \quad 10^3 \quad \frac{2,5}{1 \quad 1} \quad 20,4 \quad .$$

:

$$P_{u3} \quad 0,05 \quad P_{\kappa} \quad P_c \quad 0,05 \quad 20,4 \quad 33 \quad 2,67 \quad .$$

:

$$\frac{P_c}{P_{\kappa} \quad P_{u3}} \quad \frac{33}{20,4 \quad 2,67} \quad 1,4.$$

:

$$\cos \frac{\sqrt{U_1^2 \quad U_x^2}}{U_1},$$

$$U_x \quad \frac{P_1 \quad X_S}{U_1} \quad \frac{1064 \quad 1,4}{220} \quad 6,8 \quad .$$

$$\cos \frac{\sqrt{220^2 \quad 6,8^2}}{220} \quad 1.$$

:

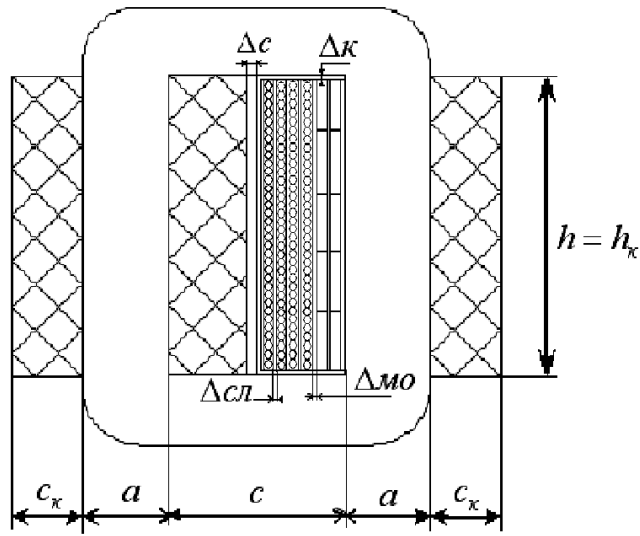
$$\frac{P_{\kappa} \quad P_c \quad P_{u3}}{P_1 \quad \cos \quad 1} \quad \frac{20,4 \quad 33 \quad 2,67}{1064 \quad 1} \quad 0,053;$$

$$1 \quad 0,053 \quad 0,947.$$

:

$$K_{OK} \quad \frac{W_i \quad S_{n_i}}{S_{OK}} \quad \frac{264 \quad 2,1 \quad 16 \quad 33,33}{1600} \quad 0,68.$$

11. Раскладка проводников:



c_{κ} — толщина оболочки;
 a — толщина изоляции;
 c — расстояние между проводниками;
 $h = h_{\kappa}$ — высота кабеля;
 Δc — диаметр проводника;
 $\Delta \kappa$ — диаметр между проводниками;
 $\Delta сл$ — толщина изоляции проводника;
 $\Delta мо$ — запас.

4.7

9

1

() () , -
 () : U_1 , 220;

$I_2,$ $U_2,$ 24;
 50;
 $f_1,$ 20000;
 $\cos()$ — 0,95.

1. .
2. .
3. .
4. .
5. .
6. .
7. .
8. .
9. .
10. .
11. .

$R1, R2.$

$X_{s1}, X_{s2}, X_s.$

$X_\mu R_\mu.$

Решение.

$= 10 / ^2.$

$= 50^\circ$

$t t_0 \quad 20 \quad 50 \quad 70 \text{ }^\circ\text{C}.$

$(105^\circ) \quad (1)$

$$S_{nf} = \frac{14}{f_1} = \frac{14}{20} = 0,7 \quad 2.$$

$$f_1 = 20$$

1 . 2.

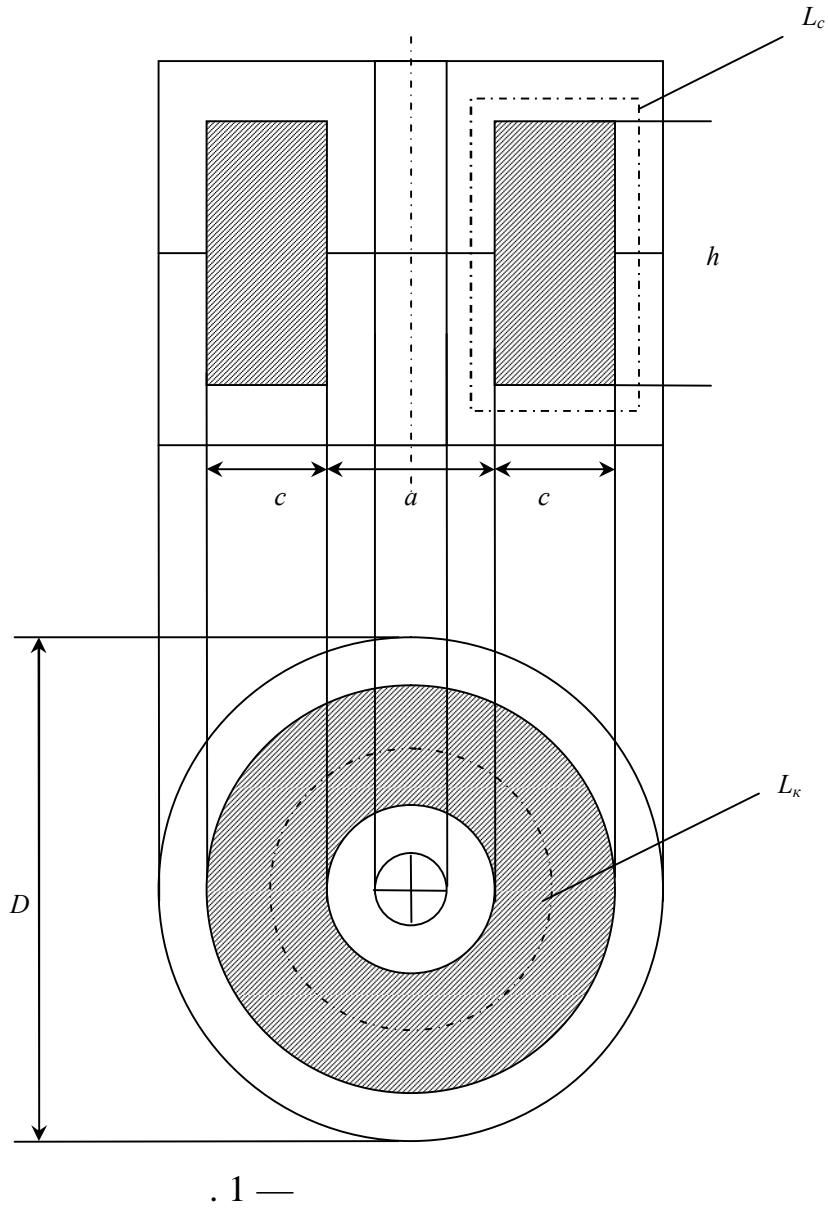
1 —

| | c | κ_{3c} | g_c | ρ_{co} | κ_p | f_{10} | B_0 | f_1 | γ | γ_1 | B_s |
|---|-----|---------------|----------------|-------------|------------|----------|-------|-------|----------|------------|-------|
| | | — | / ³ | / | — | | | | — | — | |
| - | — | 1 | $5 \cdot 10^3$ | 10 | 1,1 | 10 | 0,2 | 20 | 1,2 | 2,4 | 0,35 |

2 —

| κ_{3k} | g_k | ρ_k | τ | σ | | | | | | | |
|---------------|------------------|---------------------|--------|------------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|---|
| — | / ³ | . | | / ² . | x | y | z | K_s | N_c | N_k | |
| 0,35 | $2,7 \cdot 10^3$ | $3,4 \cdot 10^{-8}$ | 50 | 10 | 0,6 | 2 | 1,3 | 1,2 | 4 | 4 | 1 |

. 1.



Расчет электромагнитных показателей

1. Габаритная мощность

$$P_1 = \frac{U_2 I_2}{\cos(\varphi)} = \frac{24 \cdot 50}{0,95 \cdot 0,95} = 1330 \text{ .}$$

2. Рабочая индукция

$$B = B_0 \sqrt[12]{\frac{(M_B N_c)^7 M_j N_k K_s M_p^2}{P_1^2 f_{1*}^7}},$$

$$f_{1*} = \frac{f_1}{f_{10}} = \frac{20000}{10000} = 2;$$

$$M_B = \frac{B}{\kappa_{co} \kappa_g \kappa_{zc}} = \frac{10 \cdot 50 \cdot 1}{10 \cdot 1,1 \cdot 5 \cdot 10^3} = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot 1} = 0,005.$$

$$1, \quad ;$$

$$M_j = \frac{B}{\kappa_k \kappa_{ok} (1)} = \frac{10 \cdot 50 \cdot 1}{3,4 \cdot 10^8 \cdot 0,35 \cdot (1)} = 2 \cdot 10^{10} \frac{1}{3};$$

$$M_p = 4 \kappa_\phi n_0 \kappa_{ok} \kappa_{zc} B_0 f_{10} = 4 \cdot 1,11 \cdot 0,5 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 10000 = 1554 -;$$

$$n_0 = 0,5. \quad \kappa_\phi = 1,11 \quad -$$

$$B = B_0 \sqrt[12]{\frac{(5 \cdot 10^3 \cdot 4)^7 \cdot 2 \cdot 10^{10} \cdot 4 \cdot 1,2 \cdot 1554^2}{1330^2 \cdot 2^{7 \cdot 1,2}}} = 0,6 B_0.$$

$$B = 0,2 \cdot 0,6 = 0,12 < (B_s = 0,35);$$

$$B_* = \frac{B}{B_0} = \frac{0,12}{0,2} = 0,6.$$

3. Сечение магнитопровода

$$S_c = \sqrt[7]{\frac{P_1^4}{(M_p B_* f_{1*})^4 (K_s M_j N_k)^2}} \sqrt[7]{\frac{1330^4}{(1554 \cdot 0,6 \cdot 2)^4 (1,2 \cdot 2 \cdot 10^{10} \cdot 4)^2}} \\ 0,0006 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 2.$$

4. Плотность тока

$$j = \sqrt{M_j \frac{N_k}{K_s S_c^{0,5}}} \sqrt{2 \cdot 10^{10} \frac{4}{1,2 (6 \cdot 10^4)^{0,5}}} = 1,7 \cdot 10^6 \frac{1}{2} = 1,7 \frac{1}{2}.$$

5. Линейные размеры магнитопровода

$$a = \sqrt{\frac{4 S_c}{\dots}}, \quad c = a x, \quad h = a z.$$

$$a = \sqrt{\frac{4 S_c}{\dots}} \sqrt{\frac{4 \cdot 6 \cdot 10^4}{3,14}} = 0,028 \cdot 28 \quad ;$$

$$c = 28 \cdot 0,6 = 17 \quad ;$$

$$h = 28 \cdot 1,3 = 36 \quad .$$

$$\dots = 12$$

h

$a, c,$

6. Число витков обмоток

:

$$W_1 = \frac{U_1}{4 \kappa_\phi f_1 B S_c \kappa_{3c}} = \frac{220}{4 \cdot 1,11 \cdot 20000 \cdot 0,12 \cdot 6 \cdot 10^4 \cdot 1} = 34 \quad .$$

$$W_2 = \frac{U_2}{U_1} \frac{1,05 W_1}{220} = \frac{24}{220} \frac{1,05 \cdot 34}{4} .$$

7. Сечения проводников обмоток

$$S_{n1} = \frac{I_{1H}}{j} = \frac{P_1}{U_1 j} = \frac{1330}{220 \cdot 1,7 \cdot 10^6} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 3,6 \text{ мм}^2 .$$

$$S_{n2} = \frac{I_{2H}}{j} = \frac{50}{1,7 \cdot 10^6} = 29,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 29,4 \text{ мм}^2 .$$

$$S_{nf} = 0,7 \text{ мм}^2 < 20 \text{ мм}^2 .$$

8. Раскладка проводников обмоток в окне МЭ

()

$$h_{сл} = (h_k + h) \cdot 2 \cdot k = 36 \cdot 2 \cdot 2 = 32 \text{ мм} ,$$

$$k = \frac{h_{сл}}{2} = \frac{32}{2} = 16 \text{ мм} ;$$

$$S_{n1} > S_{nf} \cdot 4 \quad S_{n2} > S_{nf} \cdot 22 \text{ мм}^2 ,$$

$$d_{nu} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_n}{K_{зжс}}} = 2 \text{ мм} ,$$

$$\kappa_{3\text{жс}} = 0,8 \text{ — } ;$$

$$u = 0,1 \text{ — } , \quad 1 \text{ — } ,$$

:

$$d_{1u} = \sqrt{\frac{4 S_{n1}}{\kappa_{3\text{жс}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,6}{3,14 \cdot 0,8}} = 2,6 \text{ — } .$$

:

$$d_{2u} = \sqrt{\frac{4 S_{n2}}{\kappa_{3\text{жс}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 29,4}{3,14 \cdot 0,8}} = 7 \text{ — } .$$

$$W_{\text{сл1}} = \frac{h_{\text{сл}} \kappa_{\text{ук}}}{d_{1u}} = \frac{32 \cdot 0,85}{2,6} = 11 \text{ — } .$$

$$W_{\text{сл2}} = \frac{h_{\text{сл}} \kappa_{\text{ук}}}{d_{2u}} = \frac{32 \cdot 0,85}{7} = 4 \text{ — } .$$

$$\kappa_{\text{ук}} = \text{ — } , \quad -$$

:

$$n_{\text{сл1}} = \frac{W_1}{W_{\text{сл1}}} = \frac{34}{11} = 3 \text{ — } ;$$

$$n_{\text{сл2}} = \frac{W_2}{W_{\text{сл2}}} = \frac{4}{4} = 1 \text{ — } .$$

:

$$\begin{aligned}
 c_{\kappa 1} & d_{1u} n_{c\pi 1} c(n_{c\pi 1} - 1)_{\kappa} \text{ом}; \\
 c_{\kappa 1} & 2,6 \cdot 3 \cdot 0,1(3 - 1) \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 10,2 \quad ; \\
 c_{\kappa 2} & d_{2u} n_{c\pi 2} c(n_{c\pi 2} - 1)_{\text{ом}}; \\
 c_{\kappa 2} & 7 \cdot 1 \cdot 0,1(1 - 1) \cdot 0,2 \cdot 7,2 \quad ; \\
 c_{\kappa} & c_{\kappa 1} \cdot c_{\kappa 2}; \\
 c_{\kappa} & 10,2 \cdot 7,2 \cdot 17,4 < (c = 17 \quad).
 \end{aligned}$$

0,1 . c — , —
 () c $1 \div 2$, —
 c 19 .
 .2.

9. Параметры схемы замещения

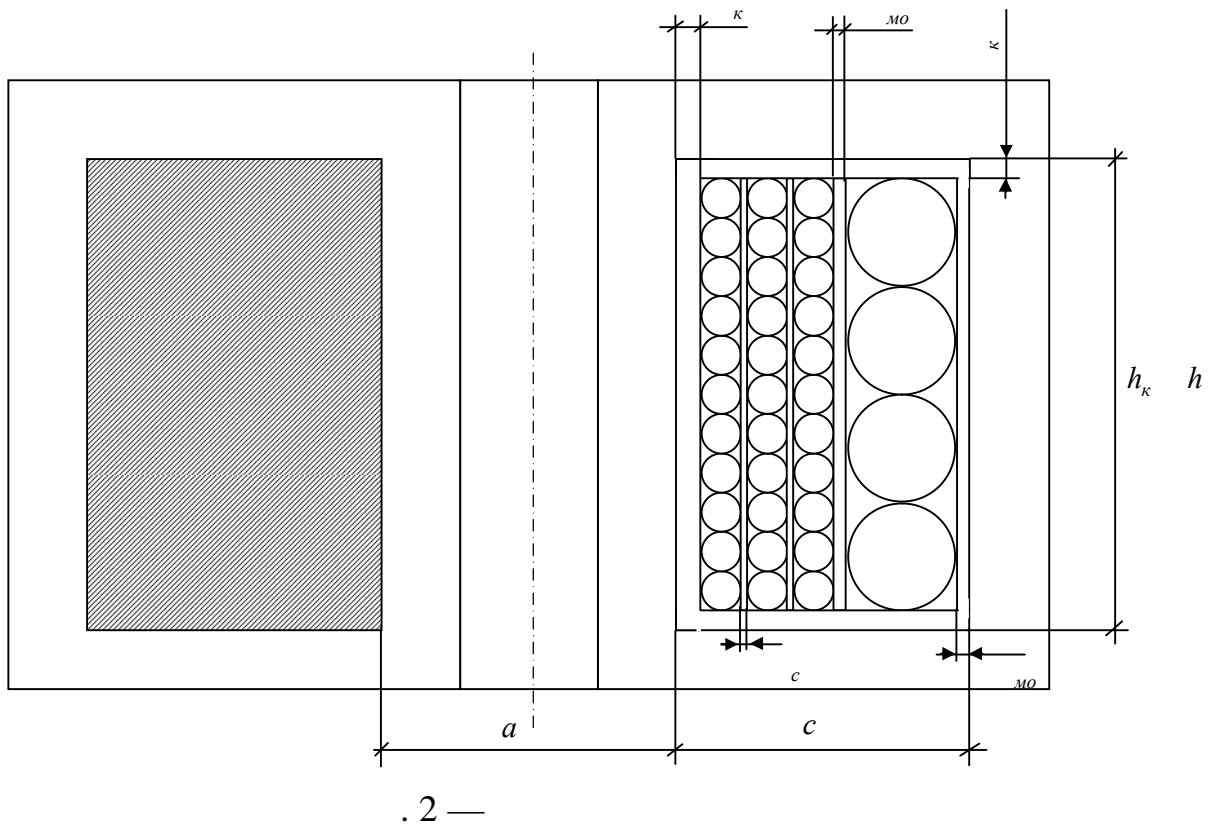
$$R_i = \frac{k W_i L_{\kappa i}}{S_{ni}},$$

k — * $2/$ —
 ;
 $W_i, L_{\kappa i}$ — [] i —
 ;
 S_{ni} — , 2 (,).

$$L_{\kappa 1} = \left(a \frac{c_{\kappa 1}}{2} \right) 3,14 (28 \cdot 5,2) 104 \quad .$$

$$L_{\kappa 2} \quad (a \quad c_{\kappa 1} \quad \frac{c_{\kappa 2}}{2}) \quad 3,14 \quad (28 \quad 10,2 \quad \frac{7,2}{2}) \quad 13 \quad 0,13 \quad .$$

$$R_1 \quad \frac{k \quad W_1 \quad L_{\kappa 1}}{S_{n1}} \quad \frac{0,034 \quad 10^3 \quad 34 \quad 104}{3,6} \quad 36,3 \quad 10^3 \quad .$$



$$R_2 \quad \frac{k \quad W_2 \quad L_{\kappa 2}}{S_{n2}} \quad \frac{0,034 \quad 10^3 \quad 4 \quad 131}{29,4} \quad 0,62 \quad 10^3 \quad .$$

$$X_s = 2 f_1 L_s,$$

L_s —

$$L_s = \frac{0 L_k c_k W_1^2}{3 h_k n_k},$$

L_k, n_k —

;

c_k, h_k —

;

W_1 —

.

$$L_k \quad (a \quad c) \quad 3,14 \quad (28 \quad 17) \quad 141 \quad .$$

$$L_s = \frac{4 \cdot 10^7 \cdot 19 \cdot 10^3 \cdot 141 \cdot 10^3 \cdot 34^2}{3 \cdot 36 \cdot 10^3 \cdot 1} \cdot 3,6 \cdot 10^5 \quad ;$$

$$X_s = 2 f_1 L_s = 2 \cdot 3,14 \cdot 20000 \cdot 3,6 \cdot 10^5 = 4,53 \quad ;$$

$$X_{s1} = X'_{s2} = 0,5 X_s;$$

$$X_{s1} = X'_{s2} = 0,5 \cdot 4,53 = 2,27 \quad .$$

$$X = X_0 \frac{R_0^2}{R_0^2 - X_0^2};$$

$$R = R_0 \frac{X_0^2}{R_0^2 - X_0^2};$$

$$R_0 = \frac{U_1^2}{P_c}.$$

$$P_c = c_0 \kappa G_c \frac{B}{B_0} \frac{f_1}{f_{10}}.$$

$$L_c = 2(h - c - 0,5a) = 2(36 - 17 - 0,5 \cdot 28) = 134.$$

$$G_c = S_c L_c g_c = 0,0006 \cdot 0,1134 \cdot 5 \cdot 10^3 = 0,4.$$

$$P_c = c_0 \kappa G_c \frac{B}{B_0} \frac{f_1}{f_{10}} = 10 \cdot 1,1 \cdot 0,4 \cdot \frac{0,12}{0,2} \frac{20000}{10000} = 2,98;$$

$$R_0 = \frac{U_1^2}{P_c} = \frac{220^2}{2,98} = 16,2;$$

$$X_0 = 2 f_1 L_0;$$

$$L_0 = \frac{S_c W_1^2 a}{L_c 2 \cdot 10^2 a} = \frac{0,6 \cdot 10^3 \cdot 34^2 \cdot 5 \cdot 10^4}{0,134 \cdot 2 \cdot 10^2 \cdot 5 \cdot 10^4} = 1,5 \cdot 10^3;$$

$$X_0 = 2 f_1 L_0 = 2 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,0015 = 186,4.$$

$$X = X_0 \frac{R_0^2}{R_0^2 - X_0^2} = 186,4 \frac{16200^2}{16200^2 - 186,4^2} = 186,35;$$

$$R = R_0 \frac{X_0^2}{R_0^2 X_0^2} = 16200 \frac{186,4^2}{16200^2 186,4^2} = 2,14 \quad .$$

10. Технические показатели

:

$$G_k = S_{ni} L_{ki} W_i g_k = 3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,113 \cdot 34 \cdot 2,7 \cdot 10^3 = 29,4 \cdot 10^6 \cdot 0,135 \cdot 4 \cdot 2,7 \cdot 10^3 = 0,043 \quad .$$

:

$$G = G_c = G_k = 0,4 \cdot 0,043 = 0,443 \quad .$$

$$P_k = I_i^2 R_i = I_1 R_1 = I_2 R_2 = \frac{P_1}{U_1} R_1 = I_2 R_2 = 36,3 \cdot 10^3 \frac{1330}{24} = 50 \cdot 0,062 \cdot 10^3 = 2,97 \quad .$$

$$P_c = c_o \kappa G_c \frac{B}{B_0} = \frac{f_1}{f_{10}} = 2,98 \quad .$$

$$P_{uz} = 0,05 \quad P_k = P_c = 0,05 \quad 2,98 \quad 2,97 \quad 0,298 \quad .$$

$$\frac{P_c}{P_k} = \frac{2,98}{2,97} = 0,912.$$

$$\cos \frac{\sqrt{U_1^2 - U_x^2}}{U_1},$$

$$U_x = \frac{P_1 X_s}{U_1}.$$

$$U_x = \frac{1330 \cdot 4,53}{220} = 27,39 ;$$

$$\cos \frac{\sqrt{220^2 - 27,39^2}}{220} = 0,992.$$

$$\frac{P_k}{P_1} = \frac{P_c}{\cos} = \frac{P_{u3}}{0,992}.$$

$$\frac{2,97}{1} = \frac{2,98}{1} \cdot 0,005 ;$$

$$1 = 1 \cdot 0,005 \cdot 0,995.$$

5

2 (2)

5.1

S_c ,
 a , b , κ_{3c} , W_1 , W_2 , d_{1u} , d_{2u} ,

1:

L ,
 1. L_1 ,

W_1 1, $W_{L1} W_{\kappa 1} W_{\kappa 2} \frac{d_{u2}}{d_{u1}} n_{\kappa}$. (5.1)
 2. L_2, W_{L2}

$W_{L2} W_{\kappa 2} W_{\kappa 1} \frac{d_{u2}}{d_{u1}} n_{\kappa}$. (5.2)
 3. $L_1 L_2$
 4. $0, 1, 2, 3, 4, 5$.
 $L f()$ L

5.2 2

1. L_1 ,
2. $W_{L1} - 2$.
 L_2 ,
3. $W_{L2} - 2$.
 $L_1 L_2$
 $0 - 4$.
4. $L_1 f() L_2 f()$, $0 - 5$.
5. $- 2$.
6. $- 5$.

5.3

2

Исходные данные:

1. , 1 4.6
 : $W_1 = 264$, $W_{\kappa 1} = 132$, $d_{1u} = 1,73$, $c_{\kappa 1} = 7,4$, $n_{cл1} = 4$;
 $W_{cл1} = 38$, $W_2 = 16$, $W_{\kappa 2} = 8$, $a_{2u} = 3,44$ (-
), $c_{\kappa 2} = 7,2$.
 : $a = 28$, $b = 58$, $c = 40$,
 $h = 80$, $a = 0,5 \cdot 10^3$ / , $\kappa_{3c} = 0,85$.

1.

Требуется определить:

1
 W_{L1} W_{L2}
 W_1 W_2 1.
 0, 1, 2, 3, 4, 5 .
 $L = f()$.

Решение.

5.3.1 (6.6)

[1]

$$L_1 = \frac{S_c W_{L1}^2}{L_c / a \cdot 0,8 \cdot 10^6}; \quad (5.3)$$

$$L_2 = \frac{S_c W_{L2}^2}{L_c / a \cdot 0,8 \cdot 10^6}. \quad (5.4)$$

S_c — ,
 -

$$S_c = a b \kappa_{3c} = 28 \cdot 58 \cdot 0,85 = 1380 \text{ }^2; \quad 1,38 \cdot 10^3 \text{ }^2;$$

L_c —

$$L_c = 2 h c = \frac{a}{2} = \frac{280}{2} = 140 \text{ } \square 308 = 0,308 \text{ };$$

a —

;

1

$$a = 0,5 \cdot 10^3 \text{ } / ;$$

W_{L1}, W_{L2} —

$$W_{L1} = W_1,$$

$$W_{L2} = W_2,$$

$$W_1.$$

5.3.2

$$n_{cl.1\partial} = W_{L1},$$

$$c_{\kappa 2}$$

1.

$$n_{cl.1\partial} = \frac{c_{\kappa 2}}{d_{1n}} = \frac{7,2}{1,73} = 4,16 \text{ } 4 \text{ } .$$

5.3.3

$$W_{L1}$$

$$W_{\kappa 1} = 132, W_{1cl} = 38 \text{ } 1$$

$$W_{L1} = W_{\kappa 1} + W_{1cl} = n_{cl.1\partial} \cdot n_{\kappa} = (132 + 38) \cdot 4 = 2 \cdot 568 \text{ } .$$

5.3.4

$$W_{L2},$$

$$c_{\kappa 1}$$

1.

$$n_{cl.2\partial} = \frac{c_{\kappa 1}}{a_{2u}} = \frac{7,4}{3,44} = 2,15 \text{ } \square 2 \text{ } .$$

$$W_{\kappa 2} \quad 8, \quad W_{2cl} \quad 5 \quad 1: \quad W_{L2}$$

$$W_{L2} \quad W_{\kappa 2} \quad W_{2cl} \quad n_{cl.2\delta} \quad n_{\kappa} \quad (8 \quad 5 \quad 2) \quad 2 \quad 36 \quad .$$

5.3.5 (5.3) (5.4)
:

$$L_1 \frac{1,38 \cdot 10^3 \cdot 568^2}{0,308 \cdot 0,5 \cdot 10^3} \cdot \frac{445}{616 \cdot 0,8 \cdot 10^6} .$$

, 1 10^3 .
:

$$L_1 \frac{445}{616 \cdot 800} . \quad (5.5)$$

L_2 (5.4) :

$$L_2 \frac{1,38 \cdot 10^3 \cdot 36^2}{0,308 \cdot 0,5 \cdot 10^3} \cdot \frac{1,79}{616 \cdot 800} . \quad (5.6)$$

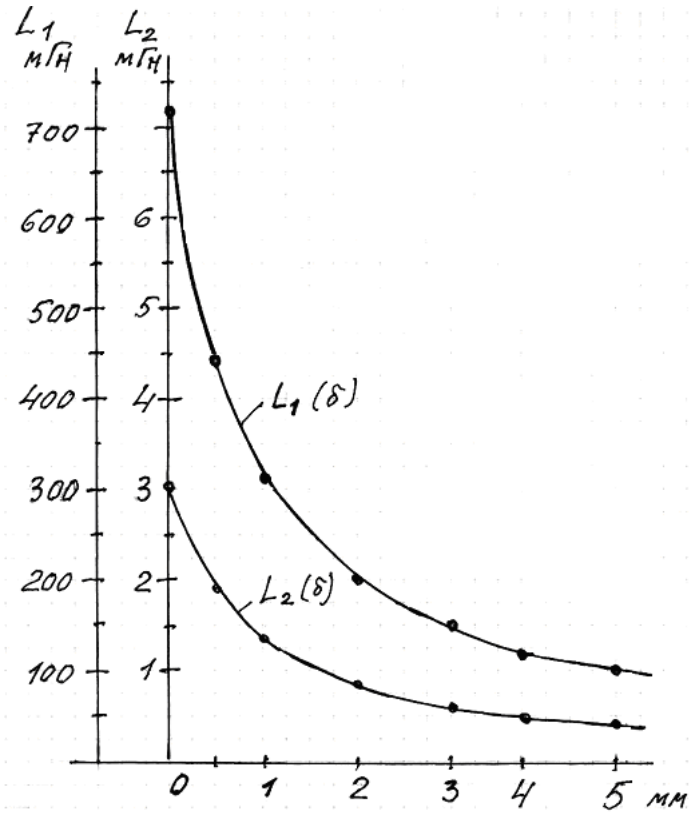
(5.5) (5.6) L_1, L_2

. 5.1.

5.1

| | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| [] | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| L_1 | 720 | 440 | 310 | 200 | 150 | 120 | 100 |
| [] | | | | | | | |
| L_2 [] | 3 | 1,8 | 1,3 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |

$L_1(), L_2()$. 5.1.



. 5.1

Выводы по результатам И32

1.

$$I_1 W_1 \quad I_2 W_2.$$

$$S_c, \quad L_c,$$

$$W \quad 10 \quad \text{—}$$

$$100$$

2.

4

6

5—

1, 1, 2

| | 1 | 1 | 2 |
|----|----|-------|----|
| 1 | 1 | 1.4 | 1 |
| 2 | 2 | 2.6 | 2 |
| 3 | 2 | 3.12 | 3 |
| 4 | 2 | 4.2 | 4 |
| 5 | 4 | 5.3 | 5 |
| 6 | 4 | 6.3 | 6 |
| 7 | 4 | 9.9 | 7 |
| 8 | 1 | 8.1 | 8 |
| 9 | 9 | 5.2 | 9 |
| 10 | 7 | 10.10 | 10 |
| 11 | 7 | 3.5 | 11 |
| 12 | 7 | 2.4 | 12 |
| 13 | 7 | 17.11 | 13 |
| 14 | 12 | 8.2 | 14 |
| 15 | 12 | 1.3 | 15 |
| 16 | 1 | 8.4 | 16 |
| 17 | 19 | 7.5 | 17 |
| 18 | 19 | 7.5 | 18 |
| 19 | 9 | 7.10 | 19 |
| 20 | 9 | 20.3 | 20 |
| 21 | 7 | 20.3 | 21 |
| 22 | 7 | 20.9 | 22 |
| 23 | 7 | 11.3 | 23 |
| 24 | 7 | 11.3 | 24 |
| 25 | 7 | 11.9 | 25 |

7

1 (1)

7.1

, 2
 1
 . 5.
 1 (. 4.1).
 . 2,
 . 3,
)
 .
 .
 ,
 2
 ,
 1 25
 1 .11.3
 7.5.
 (. 7.4)
 20 .
 ,
 ,
 .
 20 .

7.2

2—

1 (1)

| . | - | Δ_c | k_{3c} | - | 1 | k | c_0 | f_{10} | f_1 | B_0 | B_S | g_c |
|----|--------|------------|----------|------|-----|------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | | | — | | — | — | — | / | | | | |
| 1 | 3412 | 0,5 | 0,95 | 1,5 | 2 | 1,4 | 1,6 | 0,05 | 0,05 | 1 | 1,25 | 7,65 |
| 2 | (42) | 0,35 | 0,93 | 1,5 | 2 | 1,4 | 1,4 | 0,05 | 0,05 | 1 | 1,25 | |
| 3 | 3414 | 0,2 | 0,9 | 1,5 | 2 | 1,5 | 10,5 | 0,4 | 0,4 | 1 | 1 | |
| 4 | (44) | 0,1 | 0,85 | 1,5 | 2 | 1,5 | 9 | 0,4 | 0,4 | 1 | 1 | |
| 5 | 3423 | 0,2 | 0,9 | 1,7 | 1,8 | 1,5 | 9 | 0,4 | 0,5 | 1 | 1,65 | 7,65 |
| 6 | (330) | 0,1 | 0,85 | 1,6 | 1,8 | 1,5 | 34 | 1 | 1 | 1 | 1,65 | |
| 7 | | 0,08 | 0,8 | 1,5 | 1,8 | 1,55 | 28 | 1 | 1 | 1 | 1,65 | |
| 8 | 3425 | 0,05 | 0,75 | 1,4 | 2 | 1,6 | 26 | 2,5 | 5 | 0,5 | 1,6 | |
| 9 | (350) | 0,02 | 0,62 | 1,4 | 2 | 1,65 | 25 | 2,5 | 5 | 0,5 | 1,5 | |
| 10 | 50 | 0,1 | 0,85 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 5 | 1 | 1 | 0,5 | 1,2 | 8,2 |
| 11 | | 0,05 | 0,75 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 12 | 2,5 | 5 | 0,5 | 1 | |
| 12 | | 0,02 | 0,62 | 1,2 | 1,4 | 1,9 | 60 | 10 | 10 | 0,5 | 1 | |
| 13 | 50 | 0,1 | 0,85 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 5 | 1 | 1 | 0,5 | 1,2 | |
| 14 | | 0,05 | 0,75 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 4,5 | 1 | 2 | 0,5 | 1 | |
| 15 | | 0,02 | 0,62 | 1,2 | 1,4 | 1,9 | 2,8 | 1 | 5 | 0,5 | 1 | |
| 16 | 80 | 0,1 | 0,85 | 1,65 | 2 | 2,5 | 2 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 8,5 |
| 17 | 79 | 0,05 | 0,75 | 1,5 | 2 | 2,8 | 6,3 | 2,5 | 5 | 0,5 | 1 | |
| 18 | | 0,02 | 0,62 | 1,4 | 2 | 3 | 30 | 10 | 15 | 0,5 | 1 | |
| 19 | 2000 | — | 1 | 1,2 | 2,5 | 1,2 | 21 | 20 | 20 | 0,2 | 0,5 | 5 |
| 20 | 3000 | — | 1 | 1,1 | 2,5 | 1,2 | 23 | 20 | 25 | 0,2 | 0,35 | |

Примечание.

$$B_S = 5 \quad ; \quad B_S$$

$$H_S = 0,2 \quad ; \quad a \quad B_S / H_S [\quad / \quad].$$

7.3

3 —

1

| - | | | | | - | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----|----------|----------|------------|----------|
| | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>h</i> | | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c=d</i> | <i>D</i> |
| 1 | 6,5 | 12,5 | 8 | 16 | 6 | 4 | 5 | 10 | 18 |
| 2 | 10 | 12,5 | 12,5 | 32 | 7 | 6 | 8 | 20 | 32 |
| 3 | 12,5 | 16 | 16 | 32 | 8 | 8 | 10 | 25 | 41 |
| 4 | 16 | 32 | 25 | 50 | 9 | 12 | 20 | 40 | 64 |
| 5 | 20 | 40 | 32 | 50 | 10 | 24 | 50 | 80 | 128 |

7.4

1

- 1.
 - 2 .
 - 2.
 - 6 .
 - 3.
 - 3 .
 - 4.
 - 3 .
 - 5.
 - 2 .
 - 6.
 - 2 .
 - 7.
 - 2 .
-
- 20 .

Примечание:

. 1

7.5

1

11.3

броневом

двух

: $a_c = 12,5$, $b_c = 16$, -
 $c = 16$, $h = 32$ (. 3
 3). — *полное, ввиду естественного*
охлаждения.

11 2 50
:

$$\kappa_{3c} = 0,75;$$

$$g_c = 8,2 / \text{ }^3;$$

$$B_0 = 0,5 \quad c = 12 / ;$$

$$f_{10} = 2,5 ;$$

$$B_S = 1 ;$$

1,8;

$\kappa_\rho =$

$$\gamma = 1,2.$$

$$f_1 = 5$$

70
)
 $g_\kappa = 8,8 / \text{ }^3,$

(меди)
50 ,
 $\kappa = 2,1 \cdot 10^8$,

$$\kappa_{3\kappa} = 0,35 ($$

.1).

Требуется определить (

. 7.1)

1.

$$V_c, \quad V_\kappa,$$

$$P_{oc}, \quad P_{ок}.$$

2.

$$P_\kappa, \quad P_c.$$

3.

j

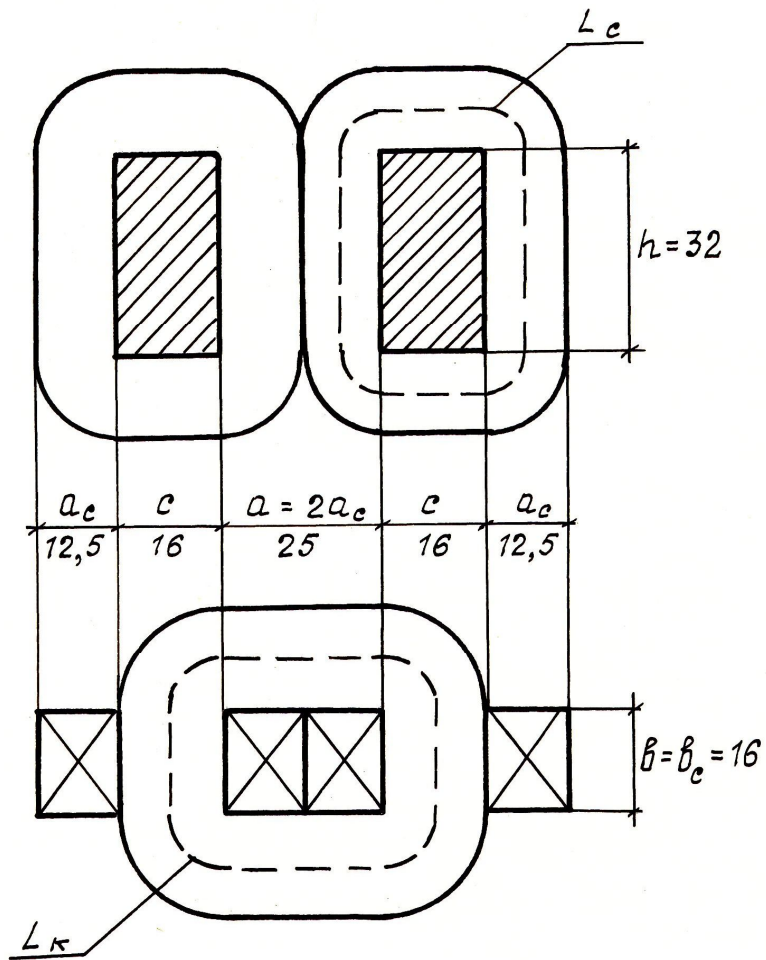
$$B_p,$$

4.

$$P_1.$$

5.

$$\mathcal{E}_g$$



.7.1

Решение.

1.

. 2

c/a x 1,3, b/a y 1,3, h/a z 2,6. :
 2- -
 b_c . a $2a_c$, b b_c .
 (. 2.1 -
):

$$L_c \quad 2 \quad c \quad h \quad \frac{a_c}{2} \quad 2 \quad 16 \quad 32 \quad 12,5/2 \quad 135 \quad = 0,135 \quad .$$

:

$$S_c = 2a_c b = 2 \cdot 12,5 \cdot 16 = 400 \text{ м}^2 = 0,4 \cdot 10^3 \text{ м}^2.$$

:

$$S_{ок} = h c = 32 \cdot 16 = 512 \text{ м}^2 = 0,512 \cdot 10^3 \text{ м}^2.$$

$$V_c = S_c L_c = 0,4 \cdot 10^3 \cdot 0,135 = 5,4 \cdot 10^5 \text{ м}^3.$$

:

$$V_k = c_k h_k L_k = 0,016 \cdot 0,032 \cdot 0,107 = 5,48 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

$$\frac{c_k}{c}, \frac{h_k}{h}, \frac{L_k}{L} = \dots$$

(. 2.1):

$$\Pi_{ок П} = 2a_c b L_c h^2$$

$$= 2 \cdot 0,0125 \cdot 0,016 \cdot 0,135 \cdot 0,032^2 = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

(. 2.1):

$$\Pi_{ок ПЗ} = 2c_k h_k L_k 2b = 2c h L_k 2b$$

$$= 2 \cdot 0,0016 \cdot 0,032 \cdot 0,107 \cdot 2 \cdot 0,016 = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Примечание: $\Pi_{ок ПЗ}$.

2.

$$P_{\kappa} = \Pi_{OK} \frac{B}{1},$$

$$B = 1 \sqrt{\frac{0,6}{1 - 0,2}}, \quad \frac{\Pi_{OC}}{\Pi_{OK}}, \quad 1.$$

$$, \quad \frac{8,4 \cdot 10^3}{4,8 \cdot 10^3} = 1,75,$$

$$B = 1 \cdot 1,75 \sqrt{\frac{1 - 0,6}{1 - 0,2 - 1,75 \cdot 1}} = 1 \cdot 1,75 \cdot 1,09 = 2,9$$

$$P_{\kappa} = 50 \cdot 10 \cdot 4,8 \cdot 10^3 \cdot \frac{2,9}{1 \cdot 1} = 3,48 \quad .$$

$$P_c = P_{\kappa} = 3,48 \cdot 1 = 3,48 \quad .$$

$$P_c = P_{\kappa} = 3,5 \quad .$$

3. :

$$B_p = B_0 \sqrt{\frac{P_c}{G_c \cdot c_0 \cdot \kappa \cdot \frac{f_1}{f_{10}}}}.$$

:

$$G_c = V_c \cdot \kappa_{3c} \cdot g_c = 5,4 \cdot 10^5 \cdot 0,75 \cdot 8,2 \cdot 10^3 = 0,332 \quad .$$

$$g_c = 8,2 / \text{с}^3 = 8,2 \cdot 10^3 / \text{с}^3.$$

:

$$B_p = 0,5 \sqrt{\frac{3,5}{0,332 \cdot 12 \cdot 1,8 \cdot 5/2,5^{1,2}}} = 0,5 \sqrt{0,212} = 0,23 \quad .$$

$$B_S = 1 \quad ,$$

.

4.

$$j \sqrt{\frac{P_{\kappa}}{V_{\kappa} \kappa_{3\kappa} \kappa}} \sqrt{\frac{3,5}{5,48 \cdot 10^5 \cdot 0,35 \cdot 2,1 \cdot 10^8}} \quad 2,3 \cdot 10^6 / \text{ }^2 =$$

$$= 2,95 / \text{ }^2.$$

5.

$$P_1 \quad 4 \quad \kappa_{\phi} \quad n_0 \quad \kappa_{OK} \quad \kappa_{3c} \quad S_{OK} \quad S_c \quad B \quad f_1 \quad j$$

$$4 \quad 1,11 \quad 0,5 \quad 0,35 \quad 0,75 \quad 0,512 \cdot 10^3 \quad 0,4 \cdot 10^3 \quad 0,23 \quad 5000 \quad 2,95 \cdot 10^6$$

$$405, \quad .$$

6.

$$:$$

$$G_{\kappa} \quad V_{\kappa} \quad \kappa_{3\kappa} \quad g_{\kappa} \quad 5,48 \cdot 10^5 \quad 0,35 \quad 8,8 \cdot 10^3 \quad 0,17 \quad .$$

$$.3:$$

$$G_c \quad 0,332 \quad .$$

:

$$G \quad G_{\kappa} \quad G_c \quad 0,17 \quad 0,332 \quad 0,5 \quad .$$

$$\vartheta_g \quad \frac{G}{P_1} \quad \frac{500}{405} \quad 1,23 / \quad .$$

8

2 (2)

8.1

25 , 2, 1, .
 . 2 -
 . 2 8.4.
 , 2,
 . 5.
 () .

8.2

2

1. — 2 .
 2. — 2 .
 3. — 2 .
 4. — 1 .
 5. — 2 .
 6. — 1 .
-
- 10 .

8.3

4 —

2

| | X_S | R_1 | R_2 | X | R | C_{II} | K_T | U_1 | f_1 | I_{2H} | $\cos \varphi$ |
|---|-------|-------|-------|-----|-----|----------|-------|-------|-------|----------|----------------|
| 1 | 20 | 5 | 0,05 | 1,5 | 0,5 | 400 | 8 | 220 | 5 | 12 | 0,85 |
| 2 | 15 | 2 | 0,4 | 1,2 | 0,4 | 250 | 5 | 220 | 2 | 8 | 0,8 |
| 3 | 12 | 2 | 0,2 | 2,5 | 0,4 | 160 | 4 | 220 | 1,2 | 4 | 0,9 |

| | X_S | R_{14} | R_2 | X | R | C_{II} | K_T | U_1 | f_1 | I_{2H} | $\cos \mu$ |
|----|-------|----------|-------|-------|------|----------|-------|-------|-------|----------|------------|
| 4 | 6 | 2 | 0,25 | 2 | 0,6 | 200 | 2 | 220 | 0,5 | 2 | 0,7 |
| 5 | 2,5 | 0,4 | 0,1 | 1,4 | 0,4 | 500 | 2 | 127 | 1 | 20 | 0,7 |
| 6 | 2,5 | 0,4 | 0,03 | 1,5 | 0,4 | 250 | 4 | 127 | 0,5 | 40 | 0,8 |
| 7 | 2,5 | 0,4 | 0,01 | 1,8 | 0,5 | 250 | 8 | 127 | 0,05 | 80 | 0,9 |
| 8 | 4 | 1 | 0,25 | 0,8 | 0,2 | 500 | 2 | 380 | 5 | 10 | 0,7 |
| 9 | 4 | 1 | 0,25 | 0,8 | 0,2 | 500 | 2 | 380 | 2,5 | 10 | 0,7 |
| 10 | 8 | 2 | 0,25 | 1,5 | 0,4 | 250 | 4 | 380 | 1 | 10 | 0,8 |
| 11 | 4 | 1 | 0,25 | 0,9 | 0,2 | 250 | 2 | 380 | 0,5 | 10 | 0,9 |
| 12 | 1 | 0,25 | 0,02 | 0,2 | 0,05 | 350 | 4 | 100 | 10 | 20 | 0,7 |
| 13 | 1 | 0,25 | 0,06 | 0,2 | 0,05 | 250 | 2 | 100 | 5 | 10 | 0,8 |
| 14 | 1 | 0,25 | 0,25 | 0,2 | 0,05 | 200 | 1 | 100 | 1 | 5 | 0,9 |
| 15 | 0,2 | 0,05 | 5 | 0,025 | 0,01 | 800 | 0,1 | 25 | 1 | 10 | 0,6 |
| 16 | 0,05 | 0,02 | 0,6 | 0,05 | 0,02 | 600 | 0,2 | 25 | 0,5 | 5 | 0,7 |
| 17 | 0,2 | 0,05 | 1,4 | 0,05 | 0,02 | 400 | 0,2 | 25 | 0,05 | 2 | 0,8 |
| 18 | 0,05 | 0,01 | 0,25 | 0,01 | 0,05 | 300 | 0,2 | 50 | 10 | 20 | 0,7 |
| 19 | 0,05 | 0,01 | 1 | 0,01 | 0,05 | 250 | 0,1 | 50 | 5 | 10 | 0,8 |
| 20 | 0,05 | 0,01 | 4 | 0,01 | 0,05 | 500 | 0,05 | 50 | 1 | 5 | 0,9 |
| 21 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 400 | 2 | 110 | 0,5 | 20 | 0,85 |
| 22 | 0,8 | 0,1 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 500 | 2 | 110 | 0,5 | 20 | 0,8 |
| 23 | 0,8 | 0,1 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 500 | 2 | 110 | 1 | 20 | 0,8 |
| 24 | 1 | 0,1 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 400 | 2 | 110 | 1 | 20 | 0,85 |

| | X_S | R_1 | R_2 | X | R | C_{II} | K_T | U_1 | f_1 | I_{2H} | $\cos \varphi$ |
|----|------------|-------|-------|------|------|----------|-------|-------|----------|----------|----------------|
| 25 | 1 | 0,2 | 0,1 | 0,04 | 0,05 | 500 | 2 | 110 | 1 | 15 | 0,8 |
| | 8.4 | | | | | 2 | | | 3 | | |

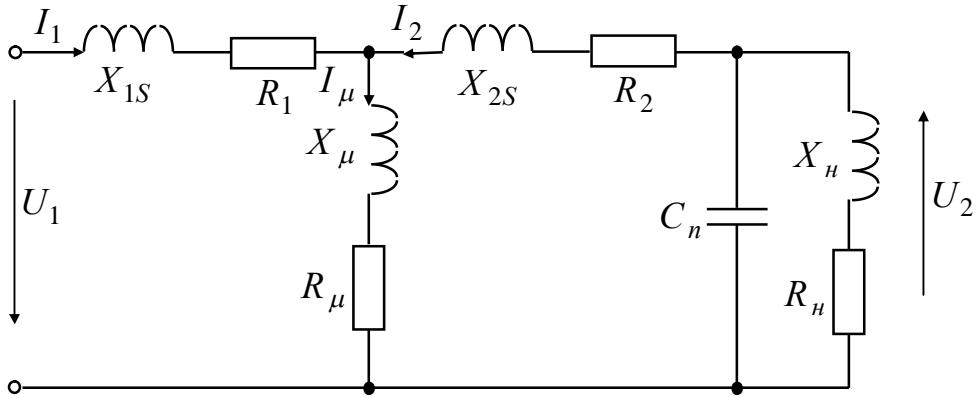
$X_S = 12$ [],
 $R_1 = 2$,
 $R_2 = 0,2$,
 $X = 2500$ [],
 $R = 400$ [],
 $C_n = 160$,
 $\kappa_T = 4$,
 $U_1 = 220$,
 $f_1 = 1200$,
 $I_{2H} = 4$,
 $\cos \varphi = 0,9$.

Определить:

I_{10} , $I_{1к}$,
 U_2 , I_{2H} ,
 f_{px} ,
 f_{pH} ,
 $\cos \varphi$,

Решение.

. 8.1, 10.2 . [1].



. 8.1

1. I_{10} I_{1k} .

$$I_{10} = \frac{U_1}{Z_{xx}} = \frac{U_1}{\sqrt{x^2 + R^2}} = \frac{220}{\sqrt{2500^2 + 400^2}} = 0,09 \text{ .}$$

$$I_{1k} = \frac{U_1}{Z_{k3}} = \frac{U_1}{\sqrt{x_S^2 + R_1 + R_2 \kappa_T^2}}$$

$$= \frac{220}{\sqrt{12^2 + 2 + 0,2 \cdot 4^2}} = \frac{220}{13,08} = 16,82 \text{ .}$$

2. :

$$U_{2H} = \frac{1}{\kappa_T} U_1 = Z_{k3} \frac{I_{2H}}{\kappa_T} = \frac{1}{4} \cdot 220 = 13,08 \cdot \frac{4}{4} = 54,18 \text{ .}$$

3. .
:

$$f_{px} = \frac{1}{2 \sqrt{L C_n}}, \quad L = \frac{X}{2 f_1} = \frac{2500}{2 \cdot 1200} = 0,33 \text{ .}$$

:

$$f_{px} = \frac{1}{2 \sqrt{0,33 \cdot 160 \cdot 10^{-12}}} = 2,19 \cdot 10^4 = 22 \text{ .}$$

$$C_n = 160 \cdot 10^{-12} \text{ .}$$

:

$$f_{pH} = \frac{1}{2 \sqrt{L_{K3} C_{II}}}, \quad L_{K3} = \frac{X_S}{2 f_1} = \frac{12}{2 \cdot 1200} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ .}$$

:

$$f_{pH} = \frac{1}{2 \sqrt{1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 160 \cdot 10^{-12}}} = 3,15 \cdot 10^5 \text{ .}$$

$$f_1 = 1,2 \text{ ;}$$

$$f_{px}/f_1 = \frac{22}{1,2} = 18,3 ; \quad f_{pH}/f_1 = \frac{315}{1,2} = 263.$$

4.

$$\frac{I_{2H}^2 R_H}{I_{2H}^2 R_H} \cdot \frac{R_H}{I_{2H}^2 R_1 R_2} = \frac{R_H}{R_1 R_2}.$$

$$R_H = R_H \kappa_T^2, \quad R_H = \frac{U_{2H}}{I_{2H}} \cos \varphi ;$$

$$R_H = \frac{52}{4} = 0,9 \cdot 4^2 = 187,2 \text{ .}$$

:

$$\frac{187,2}{187,2 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 4^2} = 0,973 \quad 97\%.$$

5.

cos :

$$\arctg \frac{X_c \cdot X_H}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_H},$$

$$X_H = Z_H \sin \varphi_H = Z_H \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H} = \frac{U_{2H} \cdot K_T^2}{I_{2H}} \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H}$$

$$\frac{52 \cdot 4^2}{4} \sqrt{1 - 0,9^2} = 208 \cdot 0,436 = 90,7 \quad .$$

:

$$\arctg \frac{12 \cdot 90,7}{2 \cdot 3,2 \cdot 187,2} = 28 \quad ,$$

$$\cos \varphi_H = \cos 28 = 0,882.$$

6.

$$t_{nx} = 4T_x, \quad t_{nH} = 4T_H,$$

$$T_x = \frac{L}{R} = 0,825 \quad ,$$

$$T_H = \frac{X_S \cdot X_H}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_H} = \frac{1}{2 \cdot f_1} = \frac{12 \cdot 90,7}{2 \cdot 3,2 \cdot 187,2} = \frac{1}{2 \cdot 1200} = 0,07 \quad .$$

:

$$t_{nx} = 4T_x = 4 \cdot 0,825 = 3,3 \quad .$$

$$\frac{t_{nx}}{T} = \frac{1}{f_1} = \frac{t_{nx}}{f_1} = \frac{3,3 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 10^3} = 2,75 \quad ,$$

4

:

$$t_{nH} = 4T_H = 4 \cdot 0,07 = 0,28 \quad ,$$

3,6

Литература для выполнения контрольной работы

1. . . . — : , 2006. -

9

1. 4 , -

2. .

3. () , -
2- (,) .

4. ? ,

5. ? -

6. , ? -

7. L_c L_k ?

8. , .

9. ? (3.1). -

10. ? (3.4). -

11. ? (3.5). -

12. ? (4.1). -

13. ? (4.2). -

14. ? (4.1). -

15. ? (4.2). -

16. ? (4.1). -

17. ? (4.2). -

18. ? (4.1). -

19. ? (4.2). -

20. ? (4.1). -

21. ? (4.2). -

22. ? (4.1). -

23. ? (4.2). -

24. ? (4.1). -

25. ? (4.2). -

26. ? (4.1). -

- (14.) .
15. ?
16. -
- ? 17. -
- (10.3). 18. -
- ? 19. -
- ? 20. -
- ? (11.39), (11.40). 21. -
- ? 22. -
- ? (3.2). 23. -
- ? (3.4). 24. .
25. 4 -
- , B_s, f_1, c . 26. ?
- (3.6). 27. -
- ? (3.5). 28. -
- ? 29. -
- ? 30. , -
- ? 31. ?
- ? ? 32. -
- ?

Примечание:

[1],

1. -
 . — : , 2006. — 58 .
2. -
 , 1987. — 165 .
3. -
 . — : -
 , 1973. — 400 .
4. -
 . — : ,
 1988. — 176 .
5. -
 . — : , 1983. — 408 .
6. -
 . — : , 1983. — 198 .
7. -
 . — : , 1986. — 376 .
8. -
 . — : , 1985. —
 575 .
9. -
 . — :
 , 1978. — 320 .
10. -
 . — : , 1973. — 152 .

11.
 . . . — ∴ , 1989. — 384 .
12.
 . . . — ∴ , 1985. — 416 .
13. . . , . . , . . , . . .
 . — ∴ , 1968. —
- 268 .