

М.В. Чернявська, к.т.н., доц., ХНАМГ, Харків

А.І. Кузнецов, к.т.н., доц., ХНАМГ, Харків

І.Т. Карпалюк, к.т.н., доц., ХНАМГ, Харків

М.Л. Глєбова, к.т.н., доц., ХНАМГ, Харків

МОДЕЛЮВАННЯ ТИРИСТОРНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВЕНТИЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Показана модель тиристорного перетворювача що відображає або описує стан тиристорних перетворювачів у поточний момент часу, що дозволяє врахувати реальну форму кривої струму, активний опір обмотки, напругу, пульсації струму

Показана модель тиристорного преобразователя отображающая или описывающая состояния тиристорных преобразователей в текущий момент времени, что позволяет учесть реальную форму кривой тока, активное сопротивление обмотки, напряжение, пульсации тока

Математична модель вентильного двигуна (ВД) представляє сукупність декількох самостійних блоків, об'єднаних формально логічними зв'язками, та реалізована у вигляді програмного комплексу [1, 2, 3].

При аналізі роботи ВД з природною комутацією тиристорів інвертора необхідно враховувати реальну форму кривої струму джерела, активний опір якорної обмотки, насичення магнітопровода, пульсації в кривій струму.

При описі зв'язків між вхідними й вихідними змінними в тиристорних перетворювачах використовуються значення падінь напруг на закритих тиристорах.

У системах ВД модулі інвертора й випрямляча описуються аналогічними рівняннями. При цьому вираження для напруги на затискачах перетворювача залежать від стану тиристорів у цей момент часу, що для інвертора показано в табл. 1.

Тут ΔU_{Th} ($h=1,2,\dots,6$) падіння напруги на закритих Тиристорах $\Delta U_{Th} = r_T i_{Th}$. Струми анодної ($h=1,3,5$) і катодної ($h=2,4,6$) груп і струм i_n

$$i_{T1} = \frac{U + i_A r_{T4}}{r_{T1} + r_{T4}}; i_{T3} = \frac{U + i_B r_{T6}}{r_{T3} + r_{T6}}; i_{T5} = \frac{U + i_C r_{T2}}{r_{T2} + r_{T5}}; \quad (1)$$

$$i_{T2} = \frac{U + i_A r_{T5}}{r_{T2} + r_{T5}}; i_{T4} = \frac{U + i_B r_{T1}}{r_{T1} + r_{T4}}; i_{T6} = \frac{U + i_C r_{T3}}{r_{T3} + r_{T6}}; \quad (2)$$

$$i = i_{T1} + i_{T3} + i_{T5} = i_{T2} + i_{T4} + i_{T6} \quad (3)$$

Таблиця 1 - Режимы работы тиристорного коммутатора

№ рядка матриці стану	Тиристори провідний струм	Режим комутатора	Умова закінчення режиму	Опера - тор циклу m_n	Напруга U_{bc}	Напруга U_{bc}
1	T1 T6	МК	$\gamma_1 = 60^\circ$ эл. $i_{T6} \leq 0$	1	U	$-U + \Delta U_{T5}$
2		РПТ	$i_{T6} > 0$	1	$U - \Delta U_{T1}$	$-U + \Delta U_{T5} + \Delta U_{T6}$
3	T1 T2 T6	К	$i_{T6} < 0$	1	U	0
4	T1 T2	МК	$\gamma_1 = 120^\circ$ эл. $i_{T1} \leq 0$	2	$U - \Delta U_{T6}$	$U - \Delta U_{T3}$
5	-	РТП	$i_{T1} > 0$	2	$U - \Delta U_{T6} - \Delta U_{T1}$	$U - \Delta U_{T3}$
6	T1 T3 T2	К	$i_{T1} < 0$	2	0	U
7	T3 T2	МК	$\gamma_1 = 180^\circ$ эл. $i_{T2} \leq 0$	3	$-U + \Delta U_{T4}$	U
8	-	РТП	$i_{T2} > 0$	3	$-U + \Delta U_{T4}$	$U + \Delta U_{T2}$
9	T3 T4 T2	К	$i_{T2} \wedge 0$	3	$-U$	U
10	T3 T4	МК	$\gamma_1 = 240^\circ$ эл. $i_{T3} \leq 0$	4	$-U$	$U - \Delta U_{T2}$
11	-	РПТ	$i_{T3} > 0$	4	$-U + \Delta U_{T3}$	$U - \Delta U_{T2} - \Delta U_{T3}$
12	T3 T5 T4	К	$i_{T3} \wedge 0$	4	$-U$	0
13	T5 T4	МК	$\gamma_1 = 300^\circ$ эл. $i_{T4} \wedge 0$	5	$-U + \Delta U_{T3}$	$-U + \Delta U_{T6}$

14	-	ППТ	$i_{T4} > 0$	5	$-U - \Delta U_{T3} + \Delta U_{T4}$	$-U + \Delta U_{T6}$
15	T5 T6 T4	К	$i_{T4} \wedge 0$	5	0	$-U$
16	T5 T6	МК	$\gamma_1 = 360^\circ$ эл. $i_{T5} \leq 0$	6	$U - \Delta U_{T1}$	$-U$
17	-	ППТ	$i_{T5} > 0$	6	$U - \Delta U_{T1}$	$-U + \Delta U_{T5}$
18	T5 T1 T6	К	$i_{T5} \leq 0$	6		$-U$

У загальному випадку, з урахуванням режиму роботи кожного перетворювача в цей момент часу, напруги на ньому рівні:

$$U(k) = (i_{II}(k) - c[J(k), 2]j_A(k) - c[N(k), 2]j_B(k)) \cdot r_T c[J(k), 1]^{-1} \quad (4)$$

$$U_{AB}(k) = a[J(k), 1]U(k) + (a[J(k), 2]j_A(k) - a[L(k), 2]j_B(k)) \cdot r_T \quad (5)$$

$$U_{BC}(k) = a[L(k), 1]U(k) + (a[L(k), 2]j_B(k) - a[N(k), 2]j_C(k)) \cdot r_T \quad (6)$$

Таблиця 2 - Матриці станів

№ строки v	a[v,1]	a[v,2]	c[v,1]	c[v,2]
1	1.0	0.0	2.5	0.5
2	0.5	0.0	2.0	0.5
3	1.0	0.0	3.0	1.0
4	0.5	0.0	2.5	1.0
5	0.0	-0.5	2.0	0.5
6	0.0	0.0	3.0	1.0
7	-0.5	-0.5	2.5	0.5
8	-0.5	-0.5	2.0	0.0
9	-1.0	0.0	3.0	0.0
10	-1.0	0.0	2.5	-0.5
11	-0.5	0.0	2.0	-0.5
12	-1.0	0.0	3.0	-1.0
13	-0.5	0.0	2.5	-1.0
14	0.0	-0.5	2.0	-0.5
15	0.0	0.0	3.0	-1.0
16	0.5	-0.5	2.5	-0.5
17	0.5	-0.5	2.0	0.0
18	1.0	0.0	3.0	0.0

Слід зазначити, що матриці станів, чисельні значення яких отримані за аналізом виражень (2.68)÷(2.70) і представлені в таблиці 2, залишаються незмінними для всіх перетворювачів (випрямляча й к-ого інвертора в багатофазній системі). Облік же умов роботи кожного перетворювача, тобто сполучення працюючих фаз й особливостей режиму (міжкомутаційний, комутаційний, режим переривчастих струмів) у структурі рівнянь (4) ÷ (6) здійснюється вибіркою матричних коефіцієнтів, відповідно до значень J(k), L(k), N(k) для даного перетворювача.

Для знаходження функціональних залежностей $i_{i,k} = f(i_a, i_b, i_c)$ необхідно вирішити систему рівнянь:

$$U_{ab} = (-1)^j r_{i,2} i_{i,2} - (-1)^j r_{i,1} i_{i,1}, \quad i = 1, 2 \dots 6 \quad (7)$$

$$U_{b-} = (-1)^j r_{i,3} i_{i,3} - (-1)^j r_{i,2} i_{i,2}, \quad i = 1, 2 \dots 6 \quad (8)$$

$$i_i = i_{i,1} + i_{i,2} + i_{i,3}, \quad i = 1, 2 \dots 6 \quad (9)$$

$$i_a = i_{1,1} + i_{3,1} + i_{5,1} - i_{4,1} - i_{6,1} - i_{2,1} \quad (10)$$

$$i_b = i_{1,2} + i_{3,2} + i_{5,2} - i_{4,2} - i_{6,2} - i_{2,2} \quad (11)$$

Вирішуючи систему трьох рівнянь (7) ÷ (11) для кожного значення i, одержимо вираження:

$$i_{i,1} = \frac{1}{R_i} \left[r_{i,2} r_{i,3} i_i - (-1)^j \cdot U_{ab} (r_{i,2} + r_{i,3}) - (-1)^j \cdot U_{bc} r_{i,2} \right] \quad (12)$$

$$i_{i,2} = \frac{1}{R_i} \left[r_{i,1} r_{i,3} i_i - (-1)^j \cdot U_{ab} r_{i,3} - (-1)^j \cdot U_{bc} r_{i,1} \right] \quad (13)$$

де $R_i = r_{i,1} r_{i,2} + r_{i,1} r_{i,3} + r_{i,2} r_{i,3}$

Після підстановки виражень (12), (13) в (10), (11), напруги U_{ab} , U_{bc} визначаються як:

$$U_{ab} = \frac{(i_a - I_1)a_1 - (i_b - I_2)a_2}{a_1 \cdot a_1 + a_1 \cdot a_3 + a_2 \cdot a_3} \quad (14)$$

$$U_{bc} = \frac{(i_a - I_1)a_3 - (i_b - I_2)(a_2 + a_3)}{a_1 \cdot a_1 + a_1 \cdot a_3 + a_2 \cdot a_3} \quad (15)$$

$$\text{де } a_1 = \sum_{i=1}^6 \frac{r_{i1}}{R_i}; a_2 = \sum_{i=1}^6 \frac{r_{i2}}{R_i}; a_3 = \sum_{i=1}^6 \frac{r_{i3}}{R_i}$$

$$I_1 = \sum_{i=1}^6 (-1)^{i+1} \cdot i_i \cdot \frac{r_{i2}r_{i3}}{R_i}; I_2 = \sum_{i=1}^6 (-1)^{i+1} \cdot i_i \cdot \frac{r_{i1}r_{i3}}{R_i}$$

З обліком (14), (15) вихідні змінні даного блоку (струми $i_{i,k}$) можуть бути обчислені по алгебраїчних рівняннях:

$$i_{i,1} = i_i \cdot \frac{r_{i2}r_{i3}}{R_i} - (-1)^i [D_{i1}(i_a - I_1) + D_{i2}(i_b - I_2)] \quad (16)$$

$$i_{i,2} = i_i \cdot \frac{r_{i1}r_{i3}}{R_i} - (-1)^i [D_{i3}(i_a - I_1) + D_{i4}(i_b - I_2)] \quad (17)$$

$$i_{i,3} = i_i - i_{i,1} - i_{i,2} \quad (18)$$

$$\text{де } D_{i1} = A_1 \cdot \frac{r_{i2} + r_{i3}}{R_i} + A_3 \frac{r_{i2}}{R_i}, D_{i2} = A_3 \cdot \frac{r_{i2}}{R_i} + A_2 \frac{r_{i3}}{R_i},$$

$$D_{i3} = A_1 \cdot \frac{r_{i3}}{R_i} + A_3 \frac{r_{i1}}{R_i}, D_{i4} = A_2 \cdot \frac{r_{i3}}{R_i} + (A_2 + A_3) \frac{r_{i1}}{R_i},$$

$$A_1 = \frac{a_1}{a_1 a_2 + a_1 a_3 + a_2 a_3}; A_2 = \frac{a_2}{a_1 a_2 + a_1 a_3 + a_2 a_3};$$

$$A_3 = \frac{a_3}{a_1 a_2 + a_1 a_3 + a_2 a_3}.$$

Відповідно до прийнятих позначень напруги на вході перетворювача рівні:

$$U_{ab} = A_1(i_a - I_1) - A_2(i_b - I_2) \quad (19)$$

$$U_{bc} = A_3(i_a - I_1) - (A_2 + A_3) \cdot (i_b - I_2) \quad (20)$$

$$U_{ac} = U_{ab} + U_{bc}. \quad (21)$$

У роботі розглянутого типу перетворювача має місце велика кількість різних сполучень параметрів вентилів. При цьому, одним з найбільш ефективних шляхів створення безперервного обчислювального циклу для аналізу робочих (статичних і динамічних) режимів ВД є використання спеціальних матричних коефіцієнтів. Тоді математична модель являє собою єдину сукупність рівнянь, у правій частині яких включені коефіцієнти, що дискретно міняються при переході перетворювача з одного стану в інший. У процесі рахунку відповідність правих частин рівнянь режиму роботи перетворювача забезпечується вибором цих коефіцієнтів, заздалегідь певних й уведених в алгоритм у вигляді матриць.

Коефіцієнти рівнянь представлені у вигляді матриць AS(24,9), NCSA(6,6), BS(24,7) і SP6(KK,II), наведених у таблицях 4, 5, 6 й 7.

Таблиця 3 - Режимы роботи тиристорного перетворювача

MI	I	Номера тиристорів які проводять струм	
		комUт=0	КОМУТ=1
1	1	M,1 M-1,2	M,1;M-1,2;M+1,2
	2	M,1M-1,2;M-1,3	M,1; M-1,2; M+1,2; M-1,3; M+1,3
	3	M,1M,2;M-1,2;M-1,3	M,1; M,2; M-1,2; M+1,2; M-1,3; M+1,3
	4		МД; M-1,2; M-1,3; M+1,3
2	5	M,1 M-1,3	МД; M-1,3; M+1,3
	6	МДМ,2;M-1,3	МД;M,2; M-1,3; M+1,3
	7 8	M,1M,2;M-1,3;M-1,1	МД; M,2; M-1,3; M+1,3; M-1Д; M+1Д
3	9	M,2M-1,3	M,2; M-1,3; M+1,3
	10	M,2M-1,3;M-1,1	M,2; M-1,3; M+1,3; M-1,1; M+1,1
	11	M,2M,3;M-1,3;M-1,1	M,2; M,3; M-1,3; M+1,3; M-1,1; M+1,1
	12		M,2; M-1,3; M-1,1; M+1,1
4	13	M,2M-1,1	M,2; M-1,1; M+1,1
	14	M,2M,3;M-1Д	M,2;M,3; M-1,1; M+1,1
	15	M,2M,3;M-1Д;M-1,2	M,2; M,3; M-1,1; M+1,1; M-1,2; M+1,2
	16		
	17	M,3 M-1,1	M,3; M-1,1; M+1,1

5	18	M,3 M-1,1;M-1,2	M,3; M-1,1; M+1,1; M-1,2; M+1,2
	19	M,3 M,1;M-1,1;M-1,2	M,3; МД; M-1,1; M+1,1; M-1,2; M+1,2
	20		M,3; M-1,1; M-1,2; M+1,2
6	21	M,3 M-1,2	M,3; M-1,2; M+1,2
	22	M,3M,1;M-1,2	M,3; МІ; M-1,2; M+1,2
	23	M,3M,1;M-1,2;M-1,3	M,3; МД; M-1,2; M+1,2; M-1,3; M+1,3
	24		

Таблиця 4 - Матриця коефіцієнтів стану AS (24,9)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.0	3.0	7.0	24.0	3.0	24.0	3.0	1.0	0.0
2	0.0	3.0	3.0	6.0	0.0	6.0	0.0	1.0	0.0
3	0.0	1.5	0.0	65.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
4	0.0	3.0	1.0	2.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0
5	0.0	3.0	7.0	21.0	-3.0	21.0	-3.0	1.0	0.0
6	0.0	1.5	0.0	10.0	-7.0	3.0	3.0	1.0	0.0
7	0.0	1.5	0.0	0.0	-63.0	0.0	0.0	1.0	0.0
8	1.0	1.5	0.0	4.0	-3.0	1.0	1.0	1.0	0.0
9	1.0	0.0	10.0	10.0	-7.0	27.0	0.0	1.0	0.0
10	1.0	0.0	0.0	0.0	-3.0	0.0	-3.0	0.0	1.5
11	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
12	1.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0	0.0	1.5
13	1.0	0.0	7.0	7.0	-7.0	24.0	3.0	0.0	3.0
14	1.0	0.0	3.0	3.0	0.0	6.0	0.0	0.0	3.0
15	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
16	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	2.0	0.0	0.0	3.0
17	1.0	0.0	7.0	14.0	7.0	21.0	-3.0	0.0	3.0
18	1.0	0.0	0.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0	3.0
19	1.0	0.0	0.0	63.0	63.0	0.0	0.0	0.0	1.5
20	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5
21	1.0	0.0	10.0	17.0	7.0	27.0	0.0	1.0	0.0
22	0.0	1.5	0.0	17.0	7.0	0.0	-3.0	1.0	0.0
23	0.0	1.5	0.0	63.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
24	0.0	1.5	0.0	7.0	3.0	-1.0	0.0	1.0	0.0

Таблиця 5 - Матриця NCSA (6, 6)

№	1	2	3	4	5	6
1	1	1	0	2	6	1
2	-1	1	1	1	2	1
3	1	0	1	3	2	3
4	-1	-1	0	2	4	3
5	1	-1	-1	1	4	5
6	-1	0	-1	3	6	5

Таблиця 6 - Матриця коефіцієнтів стану BS (24,7)

№	1	2	3	4	5	6	7
1	3.0	10.0	2.0	3.0	-2.0	10.0	2.0
2	1.0	2.0	0.0	1.0	0.0	2.0	0.0
3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	3.0	8.0	-2.0	5.0	2.0	8.0	-2.0
6	0.0	4.0	-3.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7	0.0	0.0	-1.0	0.5	0.5	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	4.0	4.0	-3.0	6.0	2.0	10.0	-1.0
10	0.0	0.0	-1.0	3.0	1.0	0.0	-1.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	2.0	2.0	-3.0	8.0	1.0	8.0	1.0
14	1.0	1.0	0.0	2.0	0.0	2.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	2.0	5.0	3.0	7.0	-1.0	7.0	-1.0
18	0.0	1.0	1.0	2.0	-1.0	1.0	1.0
19	0.0	1.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0

20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	4.0	7.0	3.0	4.0	-2.0	11.0	1.0
22	0.0	7.0	3.0	0.0	-1.0	0.0	-1.0
23	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Таблиця 7 - Кількісні значення матричних коефіцієнтів SP6 (КК, П). П=1,15; КК=1,24

17	0	0	157	140	2	21	0	0	119	136	-17	148	152	-19
34	17	7	35	36	-2	35	18	7	1	0	1	35	18	10
2	1	1	0	0	0	0	0	0	5	6	7	3	4	8
0	17	-10	35	36	1	0	18	-9	18	16	0	35	18	10
0	17	-7	149	148	7	0	18	-6	119	136	7	143	160	16
24	27	-10	40	40	2	28	31	-10	1	0	0	31	28	-7
2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	4	5	0.5	0.6	0.7
7	10	7	0	70	-70	25	28	-10	16	18	-1	28	25	-7
10	7	10	148	149	8	12	9	12	143	112	7	166	134	14
17	34	0	36	35	0	18	35	0	0	1	0	18	35	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	4	5	0.9	0.8	0.7
17	0	0	36	35	0	18	0	0	17	17	1	18	35	0
17	0	0	140	157	-8	18	0	0	119	136	-17	134	169	-26
34	17	7	38	42	-2	38	21	7	1	0	1	38	21	10
2	1	1	0	0	0	0	0	0	3	4	5	0.7	0.8	0.9
0	17	-10	70	0	0	35	18	7	18	16	0	35	18	10
0	17	-7	142	155	-7	0	12	-9	119	136	7	133	167	-1
24	27	-1	34	37	-1	25	28	-10	1	0	0	28	25	-7
2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	4	5	0.9	0.8	0.7
7	10	7	37	34	2	9	9	9	16	18	-1	28	25	-7
10	7	10	155	142	-2	12	6	12	143	112	7	176	127	7
17	34	0	42	38	0	21	38	0	0	1	0	21	38	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	4	5	0.3	0.4	0.5
17	0	0	0	70	0	18	35	0	17	17	1	18	35	0

Такий підхід до аналізу роботи вентиляльних двигунів дає можливість провести широкий спектр досліджень вентиляльних двигунів різного типу, їхніх робочих характеристик, додаткових втрат і пульсацій електромагнітного моменту, а також дати рекомендації з вибору їхніх раціональних параметрів

Список джерел інформації: 1. Волчуков Н.П., Элксинс В.Я., Фаран А.Ш. Особенности протекания процессов в вентиляльных двигателях различного исполнения // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків, 2001.- №12.- С. 311-312. 2. Математическая модель электромагнитных процессов в вентиляторном двигателе Русаков А.М., Соломин А.Н., Окунеева Н.А., Шатова И.В. Вестник Московского энергетического института. 2007. № 3. С. 33-40. 3. Чернявская М.В., Глебова М.Л., Карпалюк И.Т. Описание математической модели вентиляторного двигателя с использованием модульного принципа // Коммунальное хозяйство городов: науч.- техн. сб. – К.: Техніка, 2009. – Вып. 88. – С. 223 – 232. – (Серия «Технические науки»).



Кузнецов Анатолий Иванович, доцент, кандидат технічних наук. Захистив диплом інженера в Харківському інституті інженерів комунального будівництва за фахом світлотехніка та джерела світла, дисертацію кандидата технічних наук в Харківському політехнічному інституті за фахом електричні машини та апарати відповідно в 1972, 1985 роках. Завідувач кафедрою «Інформаційні системи і технологій в міському господарстві» Харківської національної академії міського господарства з 2004 р.

Наукові інтереси пов'язані з проблемами електричних машин



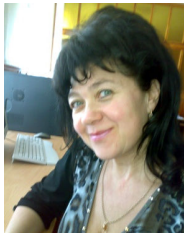
Чернявська Маргарита Василівна, доцент, кандидат технічних наук. Захистила диплом інженера електричні машини та апарати, дисертацію кандидата технічних наук в Харківському політехнічному інституті за фахом електричні машини відповідно в 1962, 1974 роках. Доцент кафедри «Інформаційні системи і технологій в міському господарстві» Харківської національної академії міського господарства.

Наукові інтереси пов'язані з проблемами електричних машини



Карпалюк Ігор Тимофійович, доцент, кандидат технічних наук. Захистив диплом інженера і дисертацію кандидата технічних наук в Харківському державному інституті інженерів комунального господарства за фахом світлотехніка та джерела світла відповідно в 1993, 1997 роках. Доцент кафедри «Інформаційні системи і технологій в міському господарстві» Харківської національної академії міського господарства.

Наукові інтереси: енергонезалежність технічних систем, винахідництво



Глебова Марина Леонідівна, доцент, кандидат технічних наук. Захистила диплом інженера в Харківському державному інституті інженерів комунального господарства за фахом електроспоживання та освітлення міст, дисертацію кандидата технічних наук в Національному технічному університеті Харківський політехнічний інститут за фахом електричні машини та апарати відповідно в 1983, 2001 роках. Доцент кафедри «Теоретичної та загальної електротехніки» Харківської національної академії міського господарства.

Анотація (на англійській мові)

The model of tiristor transformer is rotined representing or describing the states of tiristor transformers in present moment to time, that allows to take into account the real form of curve of current, pure resistance of puttee, tension, pulsations of current
Index terms - tiristor transformer, mathematical model, valve engine