

УДК 621.313.33

UDC 621.313.33

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ СТАТОРА КОМПОНЕНТА УПРАВЛЯЕМОГО АСИНХРОННОГО КАСКАДНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА АКСИАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

THE MAGNETIC MODEL PARAMETERS DETERMINATION OF THE STATOR OF THE COMPONENT OF THE OPERATED ASYNCHRONOUS CASCADE ELECTRIC DRIVE AXIAL CONSTRUCTION

Карандей Владимир Юрьевич
к.т.н., доцент
kvy1983@mail.ru
РИНЦ SPIN-код: 5078-5042

Karandey Vladimir Yurievich
Cand.Tech.Sci., Associate Professor
kvy1983@mail.ru
SPIN-code: 5078-5042

Кишко Владислав Николаевич
студент

Kishko Vladislav Nikolaevich
student

Афанасьев Виктор Леонидович
аспирант
buguvix@mail.ru

Afanasyev Viktor Leonidovich
graduate student
buguvix@mail.ru

Квочкин Владислав Владимирович
студент
*Кубанский государственный
технологический университет, Краснодар,
Россия*

Kvochkin Vladislav Vladimirovich
student
*Kuban State Technical University, Krasnodar,
Russia*

Для различных отраслей промышленности появилась необходимость создания нового оборудования и механизмов с улучшенными характеристиками. Особые требования предъявляются к энергетическим и массогабаритным показателям систем электроприводов, как одной из основных составных частей таких устройств. Применение специальных или управляемых асинхронных каскадных систем электрического привода аксиальной конструкции позволяют улучшить массогабаритные и энергетические показатели за счет конструкционных особенностей и используемой системы управления. Одной из основных трудностей является моделирование и проектирование специальных систем электропривода. В статье предложен новый подход к определению магнитных параметров модели статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода аксиальной конструкции

For different industries, there was a need of creation new equipment and mechanisms with enhanced characteristics. Special requirements are imposed to energetic and mass-dimensional indices of systems of electric drives as one of the main components of such devices. Mass-dimensional and energetic indices due to constructional features and the used management system will allow improving the use of special or controlled asynchronous cascade systems of an electric actuator of axial construction. One of the main difficulties is simulation and design of special systems of the electric drive. In the article, we offer a new approach to determination of magnetic model parameters of the stator of a component of a controlled asynchronous cascade electric actuator of axial construction

Ключевые слова: СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА, УПРАВЛЯЕМЫЙ АСИНХРОННЫЙ КАСКАДНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СИСТЕМА

Keywords: SPECIAL SYSTEMS OF THE ELECTRIC DRIVE, CONTROLLED ASYNCHRONOUS CASCADE ELECTRO-DRIVE, ENERGY CONVERSION, ELECTROMAGNETIC SYSTEM

Doi: 10.21515/1990-4665-134-092

1. Введение.

Модернизация современной промышленности требует создание эффективных электротехнических комплексов и систем. Одним из элементов электротехнических комплексов является электрический привод. Исследуемые специальные электрические приводы и компоненты [1-5] обладают улучшенными массогабаритными и энергетическими показателями, что доказывает их эффективность. Такие типы приводов могут быть использованы при модернизации или создании новых систем верхнего привода бурения буровых установок, электроприводов насосов и компрессоров, электроприводов станков и инструментов, электрических трансмиссий транспорта, электрических приводов прокатных станов, электроприводов бумагоделательных машин, электроприводов ткацких станков и больших швейных машин, что позволит улучшить качество и технико-экономические показатели технологического процесса. Поэтому, важным этапом в создании различных систем и механизмов является моделирование, проектирование и разработка специальных электрических приводов и его компонентов [6-13].

В статье представлен один из этапов расчета и моделирования специальных электрических приводов и его компонентов – расчёт его электромагнитных параметров на примере модели статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода аксиальной конструкции.

2. Геометрические параметры исследуемой модели двигателя.

Для исследуемой модели компонента электрического привода была создана модель магнитной системы на базе геометрических параметров и материалов [14]:

$$D_a = 0,291 \text{ м}; D = 0,184 \text{ м}; d = 0,291 \text{ м}; l_{cm} = 0,1226 \text{ м}; l_\delta = 0,123 \text{ м}; \\ h_{zc} = 0,05; b_{zc} = 0,0304; \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}; \mu = 6000 \text{ Гн/м},$$

где

d_δ – диаметр вала;

- d – диаметр ротора;
- D – внутренний диаметр статора;
- D_a – внешний диаметр статора;
- $\delta = D - d$ – величина воздушного зазора;
- l_δ – расчетная длина магнитопровода;
- h_{zc} – высота зубца статора;
- h_{zp} – высота зубца ротора;
- b_{zc} – ширина зубца статора;
- b_{zp} – ширина зубца ротора;
- $\Phi_{кз}$ – поток катушечной группы.

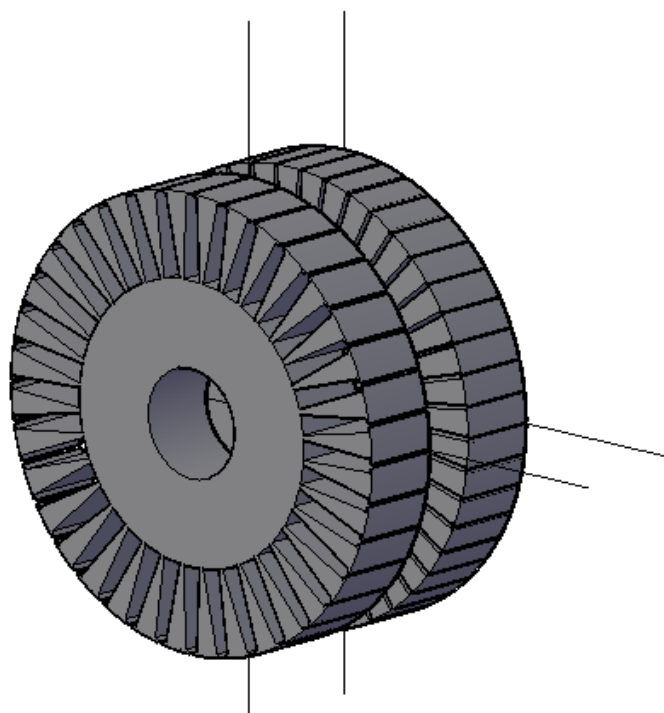


Рисунок 1 – Геометрические размеры компонента управляемого каскадного асинхронного электрического привода аксиальной конструкции.

3. Расчёт магнитных сопротивлений

Определим среднюю длину магнитной линии, предварительно определив средний диаметр статора

Диаметр средней линии статора

$$D_{cp\ c} = \frac{0,291 - 0,184 + 0,05}{2} = 0,131\text{ м};$$

Длина силовой магнитной линии на участке статора

$$l_{яc} = \frac{3,14 \cdot 0,263}{2 \cdot 2} + 2 \frac{0,263 - 0,184 + 2 \cdot 0,0255}{2} = 0,235\text{ м};$$

Определим площадь пути прохождения магнитного потока на участке статора

$$S_c = \frac{0,291 - 0,184 - 0,05}{2} \cdot 0,123 = 0,007\ \text{м}^2;$$

Тогда магнитное сопротивление на участке ярма статора

$$R_c = \frac{\frac{3,14 \cdot 0,131}{2 \cdot 2} + 0,291 - 0,131 - 2 \cdot 0,05}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 6000 \cdot (0,291 - 0,07 - 2 \cdot 0,05)} = 29050\ \text{Ом}.$$

Зададим угол поворота $\alpha = 0,7826087^\circ$.

Таблица 1.1 – Ширина зубца статора, по которой проходит магнитный поток при сдвиге ротора на угол поворота

b _{зс} [м]	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	0,0406	0,0263	0,0155	0,0209	0,0365	0,0406
2	0,0406	0,0406	0,0406	0,029	0,0156	0,0179
3	0,0301	0,0406	0,0406	0,0406	0,0406	0,0321
4	0,0215	0,0155	0,0256	0,0406	0,0406	0,0406
5	0,0406	0,04	0,0242	0,0157	0,0228	0,0386
6	0,0406	0,0406	0,0406	0,0406	0,0269	0,0154
7	0,0147	0,0303	0,0406	0,0406	0,0406	0,0406
8	0,035	0,0194	0,0157	0,0278	0,0406	0,0406
9	0,0406	0,0406	0,0375	0,0221	0,0155	0,0255
b _{зс} [м]	Угол поворота°					
	6α	7α	8α	9α	10α	
1	0,0406	0,0406	0,0395	0,0236	0,0406	
2	0,0342	0,0406	0,0406	0,0406	0,0406	
3	0,0161	0,0151	0,031	0,0406	0,0301	
4	0,0406	0,0345	0,0185	0,0124	0,0215	
5	0,0406	0,0406	0,0406	0,0373	0,0406	
6	0,0197	0,036	0,0406	0,0406	0,0406	
7	0,0298	0,0154	0,0173	0,0332	0,0147	
8	0,0406	0,0406	0,0325	0,0162	0,035	
9	0,0406	0,0406	0,0406	0,0406	0,0406	

Определим площадь по которой проходит магнитный поток

$$S_{зс} = \frac{0,0406 \cdot 10 \cdot 0,123}{2} = 0,002497 \text{ м}^2$$

Таблица 1.2 – Площадь зубцовой части статора, по которой проходит магнитный поток

S _{зс} [м ²]	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	0,0025	0,00162	0,00095	0,00129	0,00224	0,0025
2	0,0025	0,0025	0,0025	0,00178	0,00096	0,0011
3	0,00185	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,00197
4	0,00132	0,00095	0,00157	0,0025	0,0025	0,0025
5	0,0025	0,00246	0,00149	0,00097	0,0014	0,00237
6	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,00165	0,00095
7	0,0009	0,00186	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
8	0,00215	0,00119	0,00097	0,00171	0,0025	0,0025
9	0,0025	0,0025	0,00231	0,00136	0,00095	0,00157
S _{зс} [м ²]	Угол поворота°					
	6α	7α	8α	9α	10α	
1	0,0025	0,0025	0,00243	0,00145	0,0025	
2	0,0021	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	
3	0,00099	0,00093	0,00191	0,0025	0,00185	
4	0,0025	0,00212	0,00114	0,00076	0,00132	
5	0,0025	0,0025	0,0025	0,00229	0,0025	
6	0,00121	0,00221	0,0025	0,0025	0,0025	
7	0,00183	0,00095	0,00106	0,00204	0,0009	
8	0,0025	0,0025	0,002	0,001	0,00215	
9	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	

Длина магнитной линии равна высоте зубца статора

$$l_{зс} = h_{зс} = 0,05 м$$

Магнитное сопротивление одного зубца

$$R_{зс} = \frac{2 \cdot 0,05}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 6000 \cdot 40,6 \cdot 10 \cdot 0,123} = 26570 м.$$

Таблица 1.3 – Магнитное сопротивление зубцовой части статора

R _{зс} [Ом]	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	2159	3333	5656	4195	2402	2159
2	2159	2159	2159	3023	5620	4898
3	2912	2159	2159	2159	2159	2731
4	4077	5656	3424	2159	2159	2159
5	2159	2192	3623	5584	3845	2271
6	2159	2159	2159	2159	3259	5693
7	5964	2893	2159	2159	2159	2159
8	2505	4519	5584	3153	2159	2159
9	2159	2159	2338	3967	5656	3438
R _{зс} [Ом]	Угол поворота°					
	6α	7α	8α	9α	10α	
1	2159	2159	2219	3715	2159	
2	2563	2159	2159	2159	2159	
3	5445	5806	2828	2159	2912	
4	2159	2541	4739	707	4077	
5	2159	2159	2159	235	2159	
6	4450	2435	2159	2159	2159	
7	2942	5693	5067	2641	5964	
8	2159	2159	2697	5411	2505	
9	2159	2159	2159	2159	2159	

Определим магнитное сопротивление воздушного зазора

$$R_{\delta} = \frac{2 \cdot 0,00045}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 40,6 \cdot 10 \cdot 0,123} = 14350 \text{ Ом.}$$

Таблица 1.4 – Магнитное сопротивление воздушного зазора

R _δ [Ом]	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	498600	511700	511700	499100	501500	508100
2	499100	500100	500100	499100	516900	516900
3	498600	505000	516900	498600	508100	508500
4	499100	500100	501500	499100	508100	508100
5	508400	499100	505000	499100	508100	508100
6	501500	499100	499100	516900	520800	508100
7	520200	510300	499100	509000	508500	519400
8	498600	511700	498600	511700	508100	508500
9	500100	511700	500100	501500	509000	516900
R _δ [Ом]	Угол поворота°					
	6α	7α	8α	9α	10α	
1	511700	516900	508500	503300	498600	
2	498600	509400	508100	508100	499100	
3	50630	508100	508100	508100	498600	
4	499100	508100	508500	516900	499100	
5	524600	508100	508100	508100	508400	
6	507600	508500	508100	508100	501500	
7	500100	508500	508100	508100	520200	
8	511700	511200	516900	507600	498600	
9	501500	509900	508100	509000	500100	

Таблица 1.5 – Ширина зубца ротора, по которой проходит магнитный поток при сдвиге ротора на угол поворота

b _{зр} [М]	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	0,0078	0,00001	0,005	0,00209	0,00365	0,00406
2	0,00406	0,00263	0,00105	0,00001	0,0022	0,00179
3	0,00406	0,00406	0,00406	0,0029	0,00134	0,00001
4	0,00301	0,00406	0,00406	0,00406	0,00406	0,00321
5	0,00001	0,0099	0,00256	0,00406	0,00406	0,00406
6	0,00215	0,0056	0,00001	0,0072	0,00228	0,00386
7	0,00406	0,004	0,00242	0,0085	0,00269	0,0042
8	0,00406	0,00406	0,00406	0,00406	0,00406	0,00112
9	0,00147	0,00303	0,00406	0,00406	0,00406	0,00406
10	0,00001	0,00001	0,0012	0,00278	0,0092	0,00406
11	0,0035	0,00194	0,0037	0,00001	0,0063	0,00255
12	0,00406	0,00406	0,00375	0,002221	0,00406	0,00245

b _{зр} [М]	Угол поворота°				
	6α	7α	8α	9α	10α
1	0,00406	0,00406	0,00395	0,00236	0,0078
2	0,00342	0,00406	0,00406	0,00406	0,00406
3	0,00001	0,00151	0,0031	0,00406	0,00406
4	0,00161	0,00001	0,00001	0,00121	0,00301
5	0,00406	0,00345	0,00185	0,003	0,00001
6	0,00406	0,00406	0,00406	0,00373	0,00215
7	0,00197	0,0036	0,00406	0,00406	0,00406
8	0,00001	0,0015	0,00173	0,00332	0,00406
9	0,00298	0,00139	0,00001	0,00001	0,00147
10	0,00406	0,00406	0,00325	0,00162	0,00001
11	0,00406	0,00406	0,00406	0,00406	0,0035
12	0,0065	0,00223	0,0038	0,00406	0,00406

Определим площадь по которой проходит магнитная силовая линия

$$S_{зр} = \frac{0,0078 \cdot 46}{2 \cdot 2 \cdot 2} \cdot 0,278 \cdot 0,123 = 0,0015 \text{ м}^2.$$

Таблица 1.6 – Площадь зубцовой части ротора, по которой проходит магнитный поток

$S_{зр}[M^2]$	Угол поворота $^{\circ}$					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	0,0002	0,0001	0,0001	0,0004	0,0007	0,0008
2	0,0008	0,0005	0,0002	0,0001	0,0001	0,0004
3	0,0008	0,0008	0,0008	0,0006	0,0003	0,0001
4	0,0006	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0006
5	0,0001	0,0002	0,0005	0,0008	0,0008	0,0008
6	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004	0,0008
7	0,0008	0,0008	0,0005	0,0002	0,0005	0,0001
8	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0002
9	0,0003	0,0006	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008
10	0,0001	0,0001	0,0002	0,0005	0,0002	0,0008
11	0,0007	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005
12	0,0008	0,0008	0,0007	0,0004	0,0008	0,0005
$S_{зр}[M^2]$	Угол поворота $^{\circ}$					
	6α	7α	8α	9α	10α	
1	0,0008	0,0008	0,0008	0,0005	0,0002	
2	0,0007	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	
3	0,0001	0,0003	0,0006	0,0008	0,0008	
4	0,0003	0,0001	0,0001	0,0002	0,0006	
5	0,0008	0,0007	0,0004	0,0001	0,0001	
6	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0004	
7	0,0004	0,0007	0,0008	0,0008	0,0008	
8	0,0001	0,0001	0,0003	0,0007	0,0008	
9	0,0006	0,0003	0,0001	0,0001	0,0003	

Длина магнитной линии на участке

$$l_{зр} = h_{зр} = 0,0304 м.$$

Тогда магнитное сопротивление на участке зубцов ротора

$$R_{зр} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 0,0304}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 6000 \cdot 7,8 \cdot 46 \cdot 0,278 \cdot 0,123} = 2630 Ом.$$

Таблица 1.7 – Магнитное сопротивление зубцовой части ротора

R _{зп} [Ом]	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	4328	3376	6751	1615	9248	8314
2	8314	1283	3215	3376	1534	1886
3	8314	8314	8314	1164	2519	3376
4	3376	8314	8314	8314	8314	1052
5	157	341	1319	8314	8314	8314
6	8314	6028	3376	4688	148	8745
7	8314	8439	1395	3971	1255	8037
8	2296	8314	8314	8314	8314	3014
9	3376	1114	8314	8314	8314	8314
10	3376	3376	2813	1214	3659	8314
11	9644	174	9123	3376	5358	1324
12	8314	8314	9001	1527	8314	1378

R _{зп} [Ом]	Угол поворота°				
	6α	7α	8α	9α	10α
1	8314	8314	8546	143	4328
2	987	8314	8314	8314	8314
3	3376	2235	1089	8314	8314
4	2097	3376	3376	279	1121
5	8314	9784	1825	1125	3376
6	8314	8314	8314	905	157
7	1713	9376	8314	8314	8314
8	3376	225	1951	1017	8314
9	1133	2428	3376	3376	2296
10	8314	8314	1039	2084	3376
11	8314	8314	8314	8314	9644
12	5193	1514	8883	8314	8314

Определим площадь ярма ротора по которой проходит магнитная силовая линия

$$S_p = \frac{0,291 - 2 \cdot 0,0304 - 0,06}{2} \cdot 0,123 = 0,01047 м.$$

Определим средний диаметр ротора

$$D_{cp\ p} = \frac{0,291 - 2 \cdot 0,0304 + 0,06}{2} = 0,145 \text{ м.}$$

Тогда длина средней силовой магнитной линии

$$lp = \frac{3,14 \cdot 0,145}{2 \cdot 2} + 2 \cdot \frac{0,291 - 2 \cdot 0,0304 - 0,145}{2} = 0,199 \text{ м.}$$

Магнитное сопротивление ярма ротора

$$R_p = 2 \cdot \frac{\frac{3,14 \cdot 0,145}{2 \cdot 2} + 0,291 - 2 \cdot 0,0304 - 0,145}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 6000 \cdot (0,291 - 2 \cdot 0,0304 - 0,06) \cdot 0,123} = 2523 \text{ Ом.}$$

4. Расчёт магнитного потока

$$\Phi_{к2} = \frac{25,3 \cdot 5}{2 \cdot (29050 + 42031 + 459780 + 32050 + 2523)} = 1,039 \cdot 10^{-4} \text{ Вб.}$$

Таблица 1.8 – Магнитный поток от одной катушечной группы

	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
$\Phi_{кг}$ [Вб]	$1.039 \cdot 10^{-4}$	$1.043 \cdot 10^{-4}$	$1.028 \cdot 10^{-4}$	$1.04 \cdot 10^{-4}$	$1.033 \cdot 10^{-4}$	$1.031 \cdot 10^{-4}$
	Угол поворота°					
	6α	7α	8α	9α	10α	
$\Phi_{кг}$ [Вб]	$1.02 \cdot 10^{-4}$	$1.025 \cdot 10^{-4}$	$1.044 \cdot 10^{-4}$	$1.029 \cdot 10^{-4}$	$1.039 \cdot 10^{-4}$	

5. Программа расчёта

Для выбранной обмотки с параметрами $2p=4$, $z=36$ [14] составлена программа расчета магнитных параметров [15-17].

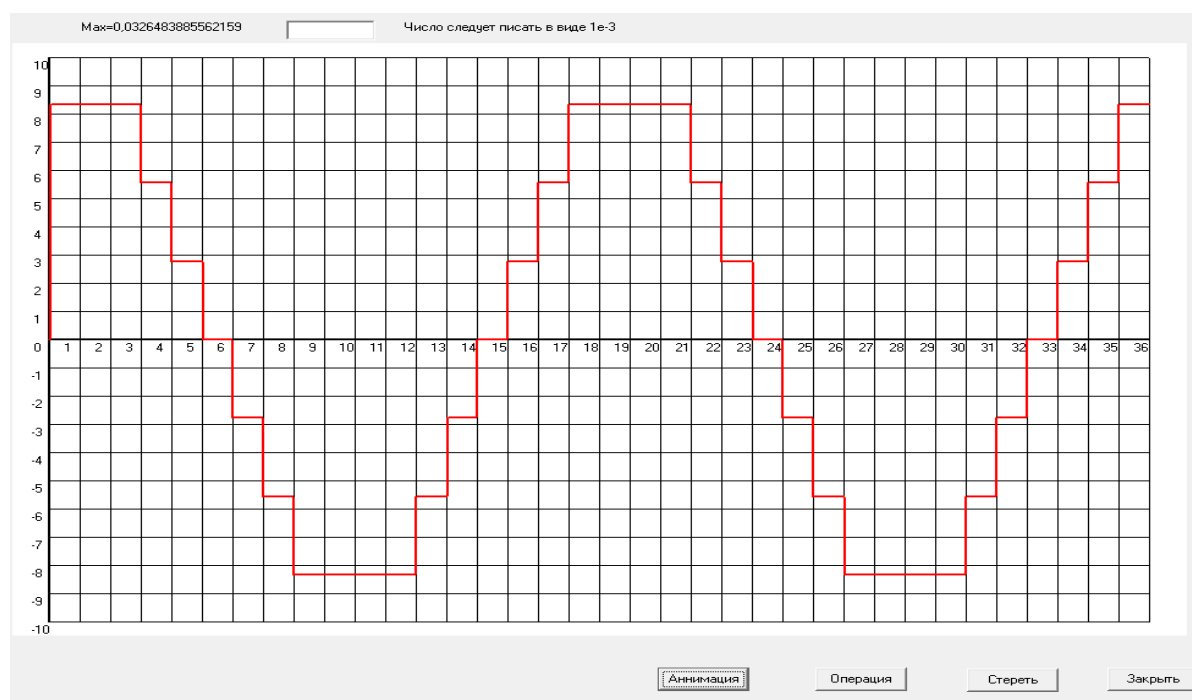


Рисунок 2 – Картина распределения магнитного поля при повороте трехфазной системы на угол $\alpha = 0^\circ$.

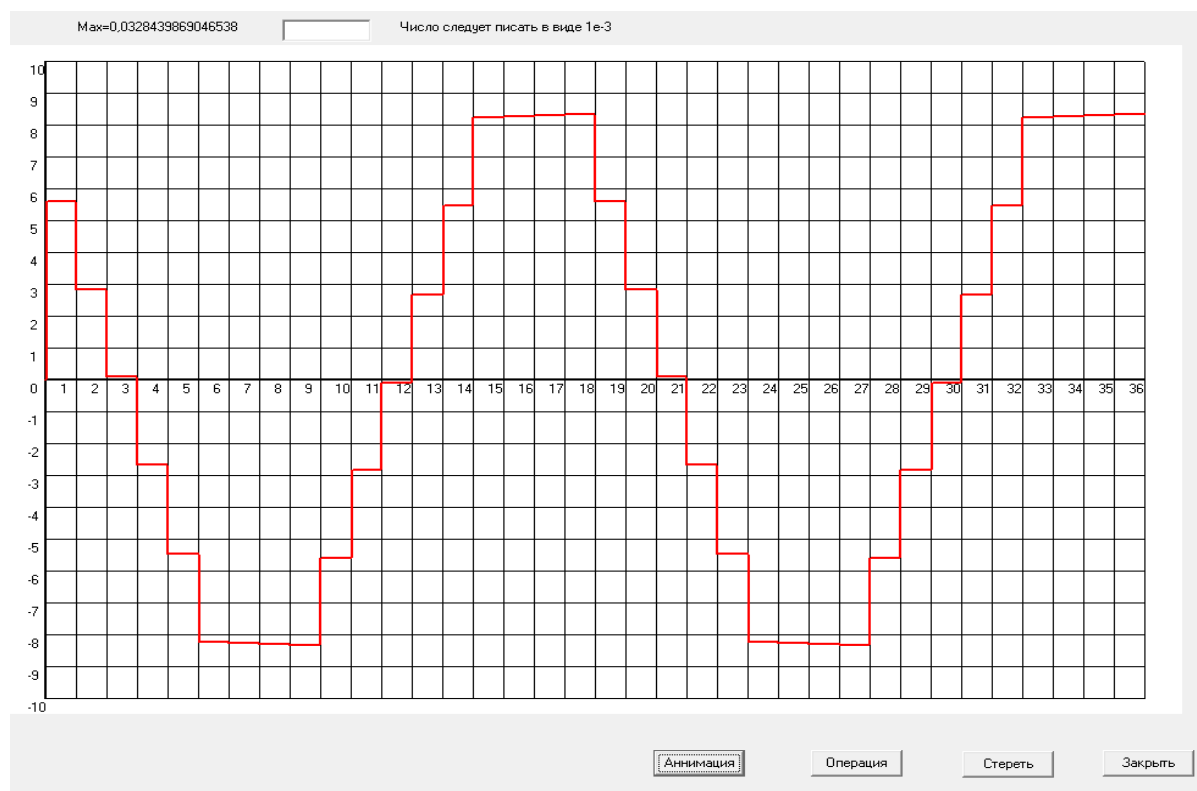


Рисунок 3 – Картина распределения магнитного поля при повороте трехфазной системы на угол $\alpha = 52,2^\circ$.

Выводы

В результате предложенных алгоритмов [18-21] и программ расчета выявлено, что изменение картины магнитного поля в пространстве и времени для исследуемого объекта происходит ступенчато.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карандей В.Ю. Управляемый каскадный электрический привод / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов // Патент на изобретение № 2402857 зарегистрировано 27.10.2010 г.
2. Карандей В.Ю. Управляемый каскадный электрический привод с жидкостным токосъемом / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов // Патент на изобретение № 2461947 зарегистрировано 20.09.2012 г.
3. Карандей В.Ю. Аксиальный каскадный электрический привод с жидкостным токосъемом / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов, О.Б. Попова // Патент на изобретение № 2483415 зарегистрировано 11.03.2013 г.
4. Карандей В.Ю. Токосъемное устройство / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов // Патент на изобретение № 2370869 зарегистрировано 30.06.2008 г.
5. Карандей В.Ю. Сигнализирующее токосъемное устройство / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов, Ю.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев // Патент на изобретение № 2601958 от 27 июля 2015 г, зарегистрировано 18.10.2016 г.
6. Карандей В.Ю. Математическое моделирование каскадных асинхронных электроприводов: в 3 т.: монография. ФГБОУ ВПО «КубГТУ». – Краснодар: Издательский Дом – Юг. Т. 1: Математическое моделирование магнитных систем электропривода. – 2014. – 142 с., ISBN 978-5-91718-345-9 (Т. 1), ISBN 978-5-91718-344-2
7. Карандей В.Ю. Концепция расчета магнитной системы асинхронного двигателя специального электропривода / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов, // Известия высших учебных заведений, Пищевая технология. Научно-технический журнал. – 2008. – № 1. – С. 101-103.
8. Карандей В.Ю. Определение токов статора и ротора в каскадном электрическом приводе / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов // Известия высших учебных заведений, Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2008. – № 4. – С. 91-96.
9. Карандей В.Ю. Определение электромагнитной энергии и момента в каскадном электрическом приводе / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов, А.В. Базык, Ю.Ю. Карандей // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №03(097). – IDA [article ID]: 0971401039. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/39.pdf>, 0,625 у.п.л.
10. Попов Б.К., Карандей Ю.Ю., Карандей В.Ю., Афанасьев В.Л., Абанин Ф.С. Подход к определению магнитных параметров компонента управляемого каскадного асинхронного электрического привода: Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №10(114). – IDA [article ID]: 1141510014. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/14.pdf>, 1,188 у.п.л.

11. Карандей В.Ю. Разработка подхода к расчету магнитного потока одной катушечной группы обмотки статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода / В.Ю. Карандей, Ю.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев, В.В. Квочкин, В.Н. Кишко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №06(120). – IDA [article ID]: 1201606039. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/39.pdf>.
12. Карандей В.Ю. Разработка алгоритма расчета электромагнитных параметров статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода / В.Ю. Карандей, Ю.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев, Ф.С. Абанин, В.Н. Кишко, В.В. Квочкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №06(120). – IDA [article ID]: 1201606041. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf>.
13. Карандей В.Ю. Подход к определению магнитных параметров управляемого асинхронного каскадного электрического привода с уточненной геометрией / В.Ю. Карандей, Ю.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №06(120). – IDA [article ID]: 1201606040. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/40.pdf>
14. Сергеев П.С. Проектирование электрических машин / Сергеев П.С., Виноградов Н.В., Горяинов Ф.А. Изд.М.: Энергия, 1970. - 632 с.
15. Карандей В.Ю. Программа расчета параметров и анимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода / Карандей В.Ю., Базык А.В., Афанасьев В.Л. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2015615828 от 25 мая 2015 г.
16. Карандей В.Ю. Программа расчета параметров и самоанимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода / Карандей В.Ю., Карандей Ю.Ю., Базык А.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2015615826 от 25 мая 2015 г.
17. Карандей В.Ю. Программа задания конструктивных параметров компонента асинхронного каскадного электропривода, статорной обмотки и визуального построения полученного потока распределения / Карандей В.Ю. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2015615827 от 25 мая 2015 г.
18. Karandey V. Yu. Intelligence amplification in distance learning through the binary tree of question-answer system / Karandey, V.Yu., Popova, O.B., Popov, B.K // Procedia-social and behavioral science. Vol: 214, year 2015, pp. 711-719.
19. Karandei V. Yu. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / Popova, O.B., Popov, B.K., Karandei, V.Yu., Romanov, D.A., Kobzeva, S.A. & Evseeva, M.A. (2015) // Mediterranean journal of social sciences, Vol 6, No 6 S5, pp. 212-217.
20. Karandey V. Yu. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / Karandey, V.Yu., Popova, O.B., Popov, B.K, Evseeva, M.A. // Procedia-social and behavioral science. Vol: 214, year 2015, pp. 897-905.
21. Karandei V.Yu Analysis of forecasting methods as a tool for information structuring in science research Popova O.B., Popov B.K., Karandei V.Yu., Evseeva M.A. British Journal of Applied Science & Technology. Year 2016. Vol. 17. № 2. pp. 9-19.

References

1. Karandej V.Ju. Upravljaemyj kaskadnyj jelektricheskij privod / V.Ju. Karandej, B.K. Popov // Patent na izobrenenie № 2402857 zaregistrovano 27.10.2010 g.
2. Karandej V.Ju. Upravljaemyj kaskadnyj jelektricheskij privod s zhidkostnym tokos#emom / V.Ju. Karandej, B.K. Popov // Patent na izobrenenie № 2461947 zaregistrovano 20.09.2012 g.
3. Karandej V.Ju. Aksial'nyj kaskadnyj jelektricheskij privod s zhidkostnym tokos#emom / V.Ju. Karandej, B.K. Popov, O.B. Popova // Patent na izobrenenie № 2483415 zaregistrovano 11.03.2013 g.
4. Karandej V.Ju. Tokos#emnoe ustrojstvo / V.Ju. Karandej, B.K. Popov // Patent na izobrenenie № 2370869 zaregistrovano 30.06.2008 g.
5. Karandej V.Ju. Signalizirujushhee tokos#emnoe ustrojstvo / V.Ju. Karandej, B.K. Popov, Ju.Ju. Karandej, V.L. Afanas'ev // Patent na izobrenenie № 2601958 ot 27 ijulja 2015 g, zaregistrovano 18.10.2016 g.
6. Karandej V.Ju. Matematicheskoe modelirovanie kaskadnyh asinhronnyh jelektricheskich privodov: v 3 t.: monografija. FGBOU VPO «KubGTU». – Krasnodar: Izdatel'skij Dom – Jug. T. 1: Matematicheskoe modelirovanie magnitnyh sistem jelektricheskogo privoda. – 2014. – 142 s., ISBN 978-5-91718-345-9 (T. 1), ISBN 978-5-91718-344-2
7. Karandej V.Ju. Koncepcija rascheta magnitnoj sistemy asinhronnogo dvigatelja special'nogo jelektricheskogo privoda / V.Ju. Karandej, B.K. Popov, // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij, Pishhevaja tehnologija. Nauchno-tehnicheskij zhurnal. – 2008. – № 1. – S. 101-103.
8. Karandej V.Ju. Opredelenie tokov statora i rotora v kaskadnom jelektricheskom privode / V.Ju. Karandej, B.K. Popov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij, Severo-Kavkazskij region. Tehnicheskie nauki. – 2008. – № 4. – S. 91-96.
9. Karandej V.Ju. Opredelenie jelektromagnitnoj jenergii i momenta v kaskadnom jelektricheskom privode / V.Ju. Karandej, B.K. Popov, A.V. Bazyk, Ju.Ju. Karandej // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №03(097). – IDA [article ID]: 0971401039. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/39.pdf>, 0,625 u.p.l.
10. Popov B.K., Karandej Ju.Ju., Karandej V.Ju., Afanas'ev V.L., Abanin F.S. Podhod k opredeleniju magnitnyh parametrov komponenta upravljaemogo kaskadnogo asinhronnogo jelektricheskogo privoda: Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №10(114). – IDA [article ID]: 1141510014. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/14.pdf>, 1,188 u.p.l.
11. Karandej V.Ju. Razrabotka podhoda k raschetu magnitnogo potoka odnoj katushechnoj grupy obmotki statora komponenta upravljaemogo asinhronnogo kaskadnogo jelektricheskogo privoda / V.Ju. Karandej, Ju.Ju. Karandej, V.L. Afanas'ev, V.V. Kvochkin, V.N. Kishko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №06(120). – IDA [article ID]: 1201606039. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/39.pdf>.
12. Karandej V.Ju. Razrabotka algoritma rascheta jelektromagnitnyh parametrov statora komponenta upravljaemogo asinhronnogo kaskadnogo jelektricheskogo privoda / V.Ju. Karandej, Ju.Ju. Karandej, V.L. Afanas'ev, F.S. Abanin, V.N. Kishko, V.V. Kvochkin // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU,

2016. – №06(120). – IDA [article ID]: 1201606041. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf>.

13. Karandey V.Ju. Podhod k opredeleniju magnitnyh parametrov upravljaemo-go asinhronnogo kaskadnogo jelektricheskogo privoda s utochnennoj geometriej / V.Ju. Karandey, Ju.Ju. Karandey, V.L. Afanas'ev // Politematicheskij setevoj jelektron-nyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Kras-nodar: KubGAU, 2016. – №06(120). – IDA [article ID]: 1201606040. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/40.pdf>

14. Sergeev P.S. Proektirovanie jelektricheskikh mashin / Sergeev P.S., Vino-gradov N.V., Gorjainov F.A. Izd.M.: Jenergija, 1970. - 632 s.

15. Karandey V.Ju. Programma rascheta parametrov i animacionnogo postroe-nija potokoraspredelenija komponenta asinhronnogo kaskadnogo jelektrorivoda / Ka-randey V.Ju., Bazyk A.V., Afanas'ev V.L. Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlja JeVM № 2015615828 ot 25 maja 2015 g.

16. Karandey V.Ju. Programma rascheta parametrov i samoanimacionnogo po-stroenija potokoraspredelenija komponenta asinhronnogo kaskadnogo jelektrorivoda / Karandey V.Ju., Karandey Ju.Ju., Bazyk A.V. Svidetel'stvo ob oficial'noj regist-racii pro-grammy dlja JeVM №2015615826 ot 25 maja 2015 g.

17. Karandey V.Ju. Programma zadaniya konstruktivnyh parametrov komponen-ta asinhronnogo kaskadnogo jelektrorivoda, statornoj obmotki i vizual'nogo po-stroenija polu-chennogo potokaspredelenija / Karandey V.Ju. Svidetel'stvo ob ofici-al'noj registracii pro-grammy dlja JeVM №2015615827 ot 25 maja 2015 g.

18. Karandey V. Yu. Intelligence amplification in distance learning through the binary tree of question-answer system / Karandey, V.Yu., Popova, O.B., Popov, B.K // Procedia-social and behavioral science. Vol: 214, year 2015, pp. 711-719.

19. Karandey V. Yu. New Methods and Evaluation Criteria of Research Efficiency / Popova, O.B., Popov, B.K., Karandey, V.Yu., Romanov, D.A., Kobzeva, S.A. & Evseeva, M.A. (2015) // Mediterranean journal of social sciences, Vol 6, No 6 S5, pp. 212-217.

20. Karandey V. Yu. Intelligence amplification via language of choice description as a mathematical object (binary tree of question-answer system) / Karandey, V.Yu., Popova, O.B., Popov, B.K., Evseeva, M.A. // Procedia-social and behavioral science. Vol: 214, year 2015, pp. 897-905.

21. Karandey V.Yu Analysis of forecasting methods as a tool for information structur-ing in science research Popova O.B., Popov B.K., Karandey V.Yu., Evseeva M.A. British Journal of Applied Science & Technology. Year 2016. Vol. 17. № 2. pp. 9-19.