

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 ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ**

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

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

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

Квочкин Владислав Владимирович  
Студент

Kvochkin Vladislav Vladimirovich  
Student

Афанасьев Виктор Леонидович  
Аспирант  
[buguvix@mail.ru](mailto:buguvix@mail.ru)

Afanasyev Viktor Leonidovich  
Graduate student  
[buguvix@mail.ru](mailto:buguvix@mail.ru)

Кишко Владислав Николаевич  
Студент  
*Кубанский государственный  
технологический университет, Краснодар,  
Россия*

Kishko Vladislav Nikolaevich  
Student  
*Kuban State Technical University, Krasnodar,  
Russia*

В настоящее время в различных отраслях промышленности появилась потребность в новом оборудовании и механизмах 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 цилиндрической конструкции позволят улучшить массогабаритные и энергетические показатели за счет конструктивных 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 цилиндрической конструкции

Now in different branches of the industry there is a need for the new equipment and mechanisms with the seized characteristics. Special requirements are shown 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 use of special or controlled asynchronous cascade systems of an electric actuator of cylindrical construction. One of the main difficulties is simulation and design of special systems of the electric drive. In this article, a new approach to determination of magnetic model parameters of the stator of a component of the controlled asynchronous cascade electrical drive of cylindrical construction is offered

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: 10.21515/1990-4665-133-105**

## **1. Введение.**

На современном этапе развития различных отраслей промышленности, таких как нефтегазовая отрасль промышленности, тяжелое машиностроение, целлюлозно-бумажная промышленность, легкая и текстильная промышленность, швейная отрасль промышленности, необходимо создание новых устройств, оборудования, механизмов с улучшенными показателями качества, технико-экономическими показателями, массогабаритными и другими показателями. Одной из основных частей указанного оборудования является система электрического привода и его компонентов [1-5], что также ставит задачу по улучшению показателей данных систем и модернизации имеющихся конструкций. Одним из направлений модернизации электрических приводов является применение специальных систем электрического привода, таких как управляемые асинхронные каскадные электрические приводы цилиндрической конструкции. Применение таких типов электроприводов способно улучшить энергетических и массогабаритные показатели различных устройств и оборудования, за счет особенностей конструкции и системы управления.

Одной из основных проблем при проектировании и создании специальных систем электропривода является расчет электромагнитных параметров [6-13]. В статье рассмотрен вопрос определения магнитных параметров модели статора компонента управляемого асинхронного каскадного электрического привода цилиндрической конструкции на примере серийного двигателя 4A160M84У3 [14].

## **2. Геометрические параметры исследуемой модели двигателя**

Была создана модель магнитной системы на примере геометрических параметров и материалов для исследуемого компонента электрического привода серии 4A160M84У3:

$D_a = 0,291$  м;  $D = 0,184$  м;  $d = 0,1831$  м;  $l_{cm} = 0,1226$  м;  $l_{\delta} = 0,123$  м;  
 $h_{zc} = 0,0255$ ;  $b_{zc} = 0,0304$ ;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м;  $\mu = 6000$  Гн/м,

где

$d_{\delta}$  – диаметр вала;

$d$  – диаметр ротора;

$D$  – внутренний диаметр статора;

$D_a$  – внешний диаметр статора;

$\delta = D - d$  – величина воздушного зазора;

$l_{\delta}$  – расчетная длина магнитопровода;

$h_{zc}$  – высота зубца статора;

$h_{zp}$  – высота зубца ротора;

$b_{zc}$  – ширина зубца статора;

$b_{zp}$  – ширина зубца ротора;

$\Phi_{к2}$  – поток катушечной группы.

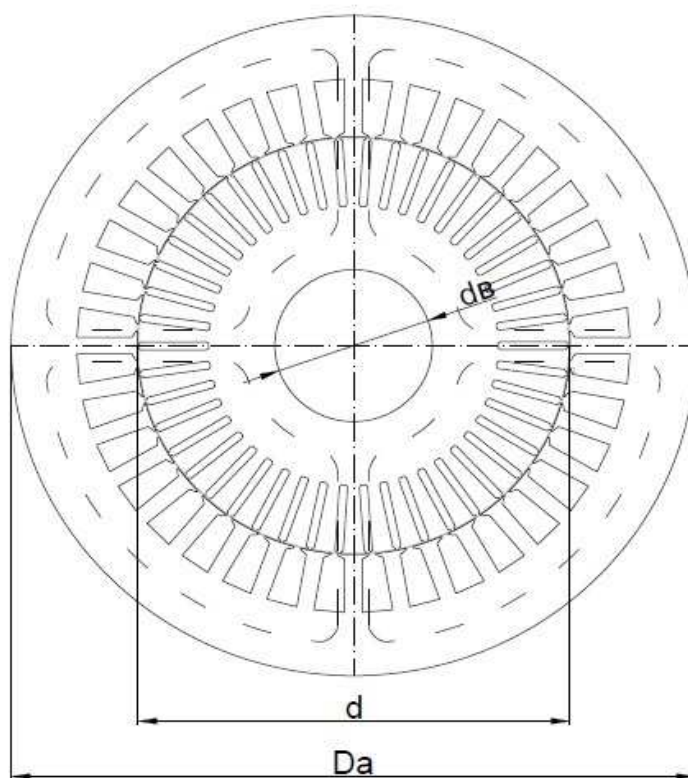


Рисунок 1 – Геометрические размеры компонента управляемого каскадного асинхронного электрического привода цилиндрической конструкции

### 3. Расчет магнитных сопротивлений

Определим среднюю длину магнитной линии, предварительно определив средний диаметр статора

Диаметр средней линии статора

$$D_{cp\ c} = \frac{0,291 - 0,184 + 0,0255}{2} = 0,263\text{м};$$

Длина силовой магнитной линии на участке статора

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

Определим площадь пути прохождения магнитного потока на участке ярма статора

$$S_c = \frac{0,291 - 0,184 - 2 \cdot 0,0255}{2} \cdot 0,123 = 3,444 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

Тогда магнитное сопротивление на участке ярма статора

$$R_c = \frac{\frac{3,14 \cdot 0,263}{2 \cdot 2} + 2 \cdot \frac{0,263 - 0,184 - 2 \cdot 0,0255}{2}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 6000 \cdot \frac{0,291 - 0,184 - 0,0255}{2}} = 73440 \text{ Ом}.$$

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

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

b <sub>зс</sub> [м]	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	0,01152	0,01149	0,01149	0,01151	0,01148	0,01146
2	0,01151	0,0115	0,0115	0,01151	0,01107	0,01107
3	0,01152	0,01135	0,01107	0,01152	0,01146	0,01145
4	0,01151	0,0115	0,01148	0,01151	0,01146	0,01146
5	0,01156	0,01151	0,01153	0,01151	0,01146	0,01146
6	0,01148	0,01151	0,01151	0,01107	0,01118	0,01146
7	0,01126	0,01109	0,01151	0,01144	0,01145	0,01121
8	0,01152	0,01149	0,01152	0,01149	0,01146	0,1145
9	0,0115	0,01149	0,0115	0,01148	0,01144	0,01107
b <sub>зс</sub> [м]	Угол поворота°					
	6α	7α	8α	9α	10α	
1	0,1149	0,01107	0,01145	0,01157	0,01152	
2	0,01152	0,01143	0,01146	0,01146	0,01151	
3	0,0115	0,01146	0,01146	0,01146	0,01152	
4	0,01151	0,01146	0,01145	0,01107	0,01151	
5	0,0111	0,01146	0,01146	0,01146	0,01156	
6	0,01147	0,01145	0,01146	0,01146	0,01148	
7	0,0115	0,01145	0,01146	0,01146	0,01126	
8	0,01149	0,01139	0,01107	0,01147	0,01152	
9	0,01148	0,01142	0,01146	0,01144	0,0115	

Определим площадь, по которой проходит магнитный поток

$$S_{зс} = \frac{0,01152 \cdot 10 \cdot 0,123}{2} = 0,0070725 \text{ м}^2$$

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

$S_{zc}[M^2]$	Угол поворота°					
	0	$\alpha$	$2\alpha$	$3\alpha$	$4\alpha$	$5\alpha$
1	0,0071	0,00707	0,00708	0,00681	0,00681	0,0070848
2	0,0070	0,00704	0,00707	0,007	0,00681	0,0070541
3	0,0071	0,00707	0,00708	0,00681	0,00681	0,0070848
4	0,0070	0,00704	0,00707	0,007	0,00681	0,0070541
5	0,0071	0,00707	0,00708	0,00681	0,00681	0,0070848
6	0,0070	0,00704	0,00707	0,007	0,00681	0,0070541
7	0,0071	0,00707	0,00708	0,00681	0,00681	0,0070848
8	0,0070	0,00704	0,00707	0,007	0,00681	0,0070541
9	0,0071	0,00707	0,00708	0,00681	0,00681	0,0070848
$S_{zc}[M^2]$	Угол поворота°					
	$6\alpha$	$7\alpha$	$8\alpha$	$9\alpha$	$10\alpha$	
1	0,007029	0,007048	0,00705	0,007079	0,00698	
2	0,007085	0,007066	0,00707	0,00706	0,007037	
3	0,007029	0,007048	0,00705	0,007079	0,00698	
4	0,007085	0,007066	0,00707	0,00706	0,007036	
5	0,007029	0,007048	0,00705	0,007079	0,00698	
6	0,007085	0,007066	0,00707	0,00706	0,007036	
7	0,007029	0,007048	0,00708	0,007079	0,00698	
8	0,007085	0,007066	0,00707	0,00706	0,007036	
9	0,007029	0,007047	0,00704	0,007078	0,00698	

Длина магнитной линии равна высоте зубца статора

$$l_{zc} = h_{zc} = 0,0255м.$$

Тогда магнитное сопротивление одного зубца

$$R_{zc} = \frac{2 \cdot 0.0255}{4 \cdot 3.14 \cdot 10^{-7} \cdot 6000 \cdot 11.52 \cdot 10 \cdot 0.123} = 46270м.$$

Таблица 1.3 – Магнитное сопротивление зубцовой части статора

R <sub>зс</sub> [Ом]	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	4627	4639	4639	4631	4643	4651
2	4631	4635	4635	4631	4815	4815
3	4627	4696	4815	4627	4651	4655
4	4631	4635	4643	4631	4651	4651
5	4611	4631	4623	431	4651	4651
6	4643	4631	4631	4815	4767	4651
7	4734	4806	4631	4659	4655	4755
8	4627	4639	4627	4639	4651	4655
9	4635	4639	4635	4643	4659	4815
R <sub>зс</sub> [Ом]	Угол поворота°					
	6α	7α	8α	9α	10α	
1	4639	4815	4655	4607	4627	
2	4627	4663	4651	4651	4631	
3	4635	4651	4651	4651	4627	
4	4631	4651	4655	4815	4631	
5	4802	4651	4651	4651	4611	
6	4647	4655	4651	4651	4643	
7	4635	4655	4651	4651	4734	
8	4639	468	4815	4647	4627	
9	4643	4667	4651	4659	4635	

Определим магнитное сопротивление воздушного зазора

$$R_{\delta} = \frac{2 \cdot 0.00045}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 11,52 \cdot 10 \cdot 0,123} = 50540 \text{ Ом.}$$

Таблица 1.4 – Магнитное сопротивление воздушного зазора

R <sub>δ</sub> [Ом]	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	505400	50680	506800	505900	507200	508100
2	505900	506300	506300	505900	526000	526000
3	505400	513000	526000	505400	508100	508500
4	505900	506300	507200	505900	508100	508100
5	503700	505900	505000	505900	508100	508100
6	507200	505900	505900	526000	520800	508100
7	517100	525000	505900	509000	508500	519400
8	505400	506800	505400	506800	508100	508500
9	506300	506800	506300	507200	509000	526000
R <sub>δ</sub> [Ом]	Угол поворота°					
	6α	7α	8α	9α	10α	
1	506800	526000	508500	503300	505400	
2	505400	509400	508100	508100	505900	
3	50630	508100	508100	508100	505400	
4	505900	508100	508500	526000	505900	
5	524600	508100	508100	508100	503700	
6	507600	508500	508100	508100	507200	
7	506300	508500	508100	508100	517100	
8	506800	511200	526000	507600	505400	
9	507200	509900	508100	509000	506300	



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

$b_{зп}[М]$	Угол поворота $^{\circ}$					
	0	$\alpha$	$2\alpha$	$3\alpha$	$4\alpha$	$5\alpha$
1	0,00844	0,00718	0,00594	0,00469	0,00345	0,00221
2	0,00786	0,00787	0,00787	0,00787	0,00791	0,00916
3	0,00786	0,0076	0,00884	0,01009	0,011	0,011
4	0,0098	0,011	0,011	0,01022	0,00902	0,00777
5	0,0105	0,00928	0,00801	0,00786	0,0079	0,0079
6	0,00784	0,00787	0,00787	0,00788	0,00791	0,00791
7	0,00786	0,00787	0,00786	0,00801	0,0093	0,01055
8	0,00773	0,00899	0,01024	0,011	0,011	0,00986
9	0,011	0,011	0,01009	0,00886	0,00763	0,0079
10	0,00914	0,00789	0,00785	0,00784	0,0079	0,0079
11	0,00786	0,00787	0,00794	0,00786	0,00781	0,00847
12	0,00567	0,00691	0,00815	0,00941	0,01069	0,011
$b_{зп}[М]$	Угол поворота $^{\circ}$					
	$6\alpha$	$7\alpha$	$8\alpha$	$9\alpha$	$10\alpha$	
1	0,00095	0,011	0,011	0,00972	0,00844	
2	0,01038	0,00847	0,0079	0,0079	0,00786	
3	0,00995	0,0079	0,0079	0,0079	0,00786	
4	0,00787	0,0079	0,0079	0,0079	0,0098	
5	0,00786	0,00958	0,01083	0,01083	0,0105	
6	0,0083	0,01083	0,00957	0,00957	0,00784	
7	0,011	0,0079	0,0079	0,0079	0,00786	
8	0,00859	0,0079	0,0079	0,0079	0,00773	
9	0,00728	0,0079	0,00874	0,00874	0,011	
10	0,00786	0,011	0,011	0,011	0,00914	
11	0,00969	0,00944	0,00819	0,00819	0,00786	
12	0,01067	0,00194	0,00319	0,00319	0,00567	

Определим площадь, по которой проходит магнитная силовая линия

$$S_{зр} = \frac{0,00844 \cdot 46}{2 \cdot 2 \cdot 2} \cdot 0,278 \cdot 0,123 = 0,0017 м^2.$$

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

S <sub>зр</sub> [м <sup>2</sup> ]	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	0,0017	0,0014	0,0012	0,0009	0,0007	0,0004
2	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0016	0,0018
3	0,0015	0,0015	0,0017	0,002	0,0022	0,0022
4	0,0019	0,0022	0,0022	0,002	0,0018	0,0015
5	0,0021	0,0018	0,0016	0,0015	0,0016	0,0016
6	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0016	0,0016
7	0,0015	0,0015	0,0015	0,0016	0,0018	0,0021
8	0,0015	0,0018	0,002	0,0022	0,0022	0,0019
9	0,0022	0,0022	0,002	0,0017	0,0015	0,0016
10	0,0018	0,0016	0,0015	0,0015	0,0016	0,0016
11	0,0015	0,0015	0,0016	0,0015	0,0015	0,0017
12	0,0011	0,0014	0,0016	0,0018	0,0021	0,0022
S <sub>зр</sub> [м <sup>2</sup> ]	Угол поворота°					
	6α	7α	8α	9α	10α	
1	0,0002	0,0022	0,0022	0,0019	0,0017	
2	0,002	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	
3	0,002	0,0016	0,0016	0,0016	0,0015	
4	0,0015	0,0016	0,0016	0,0016	0,0019	
5	0,0015	0,0019	0,0021	0,0021	0,0021	
6	0,0016	0,0021	0,0019	0,0019	0,0015	
7	0,0022	0,0016	0,0016	0,0016	0,0015	
8	0,0017	0,0016	0,0016	0,0016	0,0015	
9	0,0014	0,0016	0,0017	0,0017	0,0022	
10	0,0015	0,0022	0,0022	0,0022	0,0018	
11	0,0019	0,0019	0,0016	0,0016	0,0015	
12	0,0021	0,0004	0,0006	0,0006	0,0011	

Длина магнитной линии на участке

$$l_{зр} = h_{зр} = 0,0304м.$$

Тогда магнитное сопротивление на участке зубцов ротора

$$R_{зр} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 0,0304}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 6000 \cdot 8,44 \cdot 46 \cdot 0,278 \cdot 0,123} = 2432 Ом.$$

Таблица 1.7 – Магнитное сопротивление зубцовой части ротора

R <sub>зр</sub> [Ом]	Угол поворота°					
	0	α	2α	3α	4α	5α
1	2432	2858	3455	4376	5949	9286
2	2611	2608	2608	2608	2595	2241
3	2611	2700	2322	2034	1866	1866
4	2094	1866	1866	2008	2275	2641
5	1955	2212	2562	2611	2598	2598
6	2618	2608	2608	2604	2595	2595
7	2611	2608	2611	2562	2207	1945
8	2655	2283	2004	1866	1866	2081
9	1866	1866	2034	2316	26900	2598
10	2245	2601	2614	2618	2598	2598
11	2611	2608	2585	2611	2628	2423
12	36200	29700	2518	2181	19200	1866
R <sub>зр</sub> [Ом]	Угол поворота°					
	6α	7α	8α	9α	10α	
1	21600	1866	1866	2111	2432	
2	1977	2423	2598	2598	2611	
3	2063	2598	2598	2598	2611	
4	2608	2598	2598	2598	2094	
5	2611	2142	1895	1895	1955	
6	2473	1895	2145	2145	2618	
7	1866	2598	2598	2598	2611	
8	2389	2598	2598	2598	2655	
9	2819	2598	2348	2348	1866	
10	2611	1866	1866	1866	2245	
11	2118	2174	2506	2506	2611	
12	1923	10580	6434	6434	36200	

Определим площадь ярма ротора, по которой проходит магнитная силовая линия

$$S_p = \frac{0,183 - 2 \cdot 0,0304 - 0,06}{2} \cdot 0,123 = 0,003831 \text{ м.}$$

Определим средний диаметр ротора

$$D_{cp\ p} = \frac{0,1831 - 2 \cdot 0,0304 + 0,06}{2} = 0,091 \text{ м.}$$

Тогда длина средней силовой магнитной линии

$$lp = \frac{3,14 \cdot 0,091}{2 \cdot 2} + 2 \frac{0,1831 - 2 \cdot 0,0304 - 0,091}{2} = 0,103 \text{ м.}$$

Магнитное сопротивление ярма ротора

$$R_p = 2 \frac{\frac{3,14 \cdot 0,091}{2 \cdot 2} + 0,1831 - 2 \cdot 0,0304 - 0,091}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 6000 \cdot (0,1831 - 2 \cdot 0,0304 - 0,06) \cdot 0,123} = 3556 \text{ Ом.}$$

#### 4 Расчет магнитного потока

Определим магнитный поток одной катушечной группы

$$\Phi_{кз} = \frac{25,3 \cdot 5}{2(73440 + 41766 + 456230 + 29929 + 3556)} = 1,046 \cdot 10^{-4} \text{ Вб.}$$

Таблица 2.1 – Магнитный поток от одной катушечной группы

	Угол поворота°					
	0	$\alpha$	$2\alpha$	$3\alpha$	$4\alpha$	$5\alpha$
$\Phi_{кг}$ [Вб]	$1.046 \cdot 10^{-4}$	$1.041 \cdot 10^{-4}$	$1.043 \cdot 10^{-4}$	$1.042 \cdot 10^{-4}$	$1.035 \cdot 10^{-4}$	$1.027 \cdot 10^{-4}$
	Угол поворота°					
	$6\alpha$	$7\alpha$	$8\alpha$	$9\alpha$	$10\alpha$	
$\Phi_{кг}$ [Вб]	$1.014 \cdot 10^{-4}$	$1.029 \cdot 10^{-4}$	$1.036 \cdot 10^{-4}$	$1.037 \cdot 10^{-4}$	$1.045 \cdot 10^{-4}$	

Произведя аналогичные расчеты, определив значения магнитных потоков для остальных катушечных групп и просуммировав все полученные значения можно определить значение общего магнитного потока, создаваемого статором.

### 5 Программа расчета магнитного поля

Для выбранной обмотки с параметрами  $2p=4$ ,  $z=36$  [14] составлена программа расчета магнитных параметров [15-17]. В результате работы видно, что изменение картины для смоделированного поля обмотки статора выглядит ступенчато в процессе изменения системы координат.

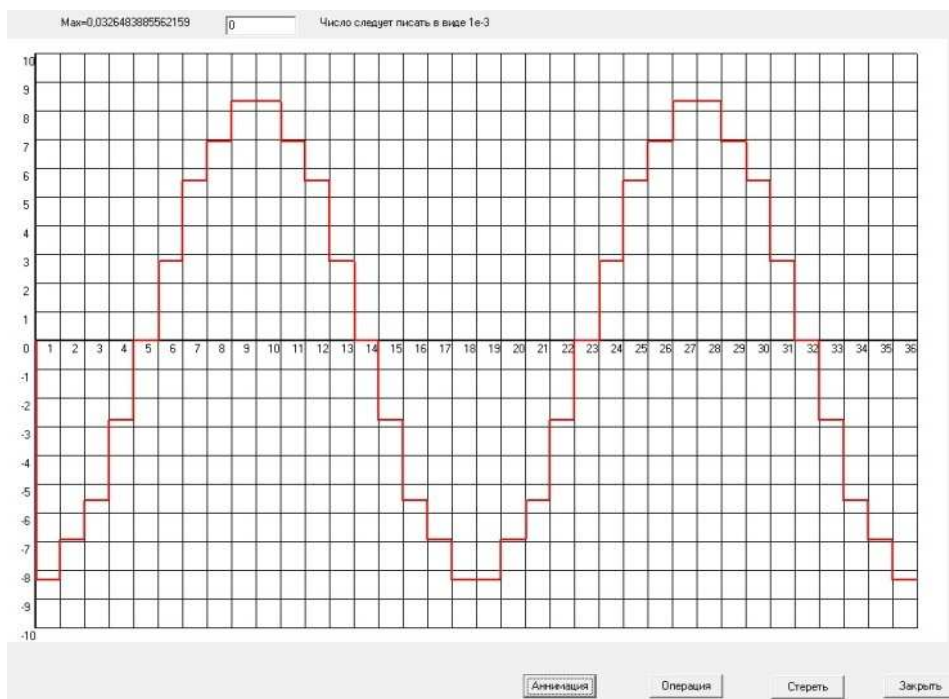


Рисунок 2 - Картина распределения магнитного поля при повороте трехфазной системы на угол  $\alpha = 0^\circ$

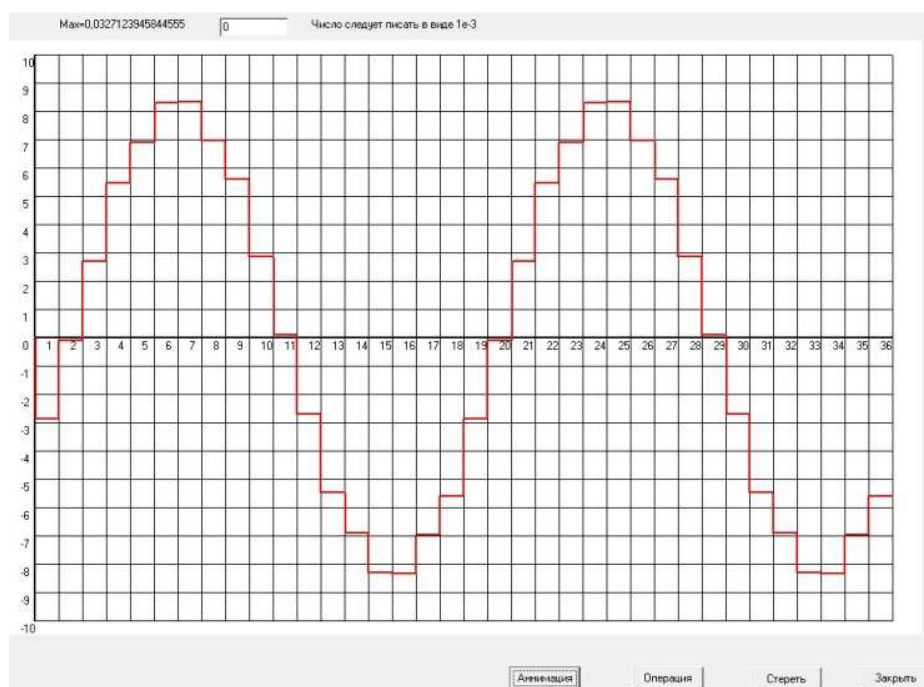


Рисунок 3 - Картина распределения магнитного поля при повороте трехфазной системы на угол  $\alpha = 57,6^\circ$

## Выводы

В данной статье приведен расчет электромагнитной системы электрического привода цилиндрической конструкции методом на основе закона Ома и метода наложения для магнитной цепи. Так же разработаны на основе оригинальных алгоритмов [18-21] программы для расчета магнитного поля исследуемой модели объекта.

## 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 izobretenie № 2402857 zaregistrirvano 27.10.2010 g.
2. Karandej V.Ju. Upravljaemyj kaskadnyj jelektricheskij privod s zhidkostnym tokos#emom / V.Ju. Karandej, B.K. Popov // Patent na izobretenie № 2461947 zaregistrirvano 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 izobretenie № 2483415 zaregistrirvano 11.03.2013 g.
4. Karandej V.Ju. Tokos#emnoe ustrojstvo / V.Ju. Karandej, B.K. Popov // Patent na izobretenie № 2370869 zaregistrirvano 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 izobretenie № 2601958 ot 27 ijulja 2015 g, zaregistrirvano 18.10.2016 g.
6. Karandej V.Ju. Matematicheskoe modelirovanie kaskadnyh asinhronnyh jelektoprivodov: v 3 t.: monografija. FGBOU VPO «KubGTU». – Krasnodar: Izda-tel'skij Dom – Jug. T. 1: Matematicheskoe modelirovanie magnitnyh sistem jelekto-privoda. – 2014. – 142 s., ISBN 978-5-91718-345-9 (T. 1), ISBN 978-5-91718-344-2
7. Karandej V.Ju. Konceptcija rascheta magnitnoj sistemy asinhronnogo dviga-telja special'nogo jelektoprivoda / 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 re-surs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №03(097). – IDA [article ID]: 0971401039. – Re-zhim 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. – Re-zhim 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 katushhechnoj 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. – Re-zhim 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. – Re-zhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/41.pdf>.

13. Karandej V.Ju. Podhod k opredeleniju magnitnyh parametrov upravljaemogo asinhronnogo kaskadnogo jelektricheskogo privoda s utocnenoj geometrijej / V.Ju. Karandej, Ju.Ju. Karandej, V.L. Afanas'ev // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №06(120). – IDA [article ID]: 1201606040. – Re-zhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/40.pdf>

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

15. Karandej V.Ju. Programma rascheta parametrov i animacionnogo postroenija potokoraspredelenija komponenta asinhronnogo kaskadnogo jelektroprivoda / Karandej 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. Karandej V.Ju. Programma rascheta parametrov i samoanimacionnogo postroenija potokoraspredelenija komponenta asinhronnogo kaskadnogo jelektroprivoda / Karandej V.Ju., Karandej Ju.Ju., Bazyk A.V. Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlja JeVM №2015615826 ot 25 maja 2015 g.

17. Karandej V.Ju. Programma zadaniya konstruktivnyh parametrov komponenta asinhronnogo kaskadnogo jelektroprivoda, statornoj obmotki i vizual'nogo postroenija polu-

chenного potokaspredelenija / Karandey V.Ju. Svidetel'stvo ob ofici-al'noj registracii programmy 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 structuring 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.