

ANSYS MAXWELL DASTURI YORDAMIDA 4A100S8/6/4 TIPIDAGI UCH TEZLIKLI ASINXRON MOTORNI LOYIHALASH

Magdiyev H.Gʻ.

Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston.

Doi: 10.5281/zenodo.17338994

ANNOTATSIYA

Kelib tushgan:

09.07.2025

Ko'rib chiqilgan:

14.07.2025

Qabul qilingan:

28.07.2025

Chop etilgan:

10.10.2025

Ushbu maqolada ANSYS Maxwell dasturi yordamida 4A100S4Y3 tipidagi bir tezlikli elektr motorga qutblar nisbati 8/6/4 bo'lgan qutblar soni o'zgaruvchan chulg'amni qo'llagan holda uch tezlikli motorni loyihalash masalasi ko'rib chiqilgan. Shu bilan birga elektr motor uchun turli diametrdagi o'tkazgichlarning mumkin bo'lgan variantlari ko'rib chiqilib, pazdagi o'ramlar soni o'zgartirilgan. ANSYS Maxwell dasturida elektr motorning grafik modeli ishlab chiqilib, undagi magnit induksiya hisobiy aniqlangan magnit induksiya bilan taqqoslab chiqilgan. Taqqoslash natijasidan shu ma'lum bo'ldiki, magnit induksiya ANSYS Maxwell dasturida olingan qiymatlari hisobiy yo'l bilan olingan qiymatlarga o'zaro mos keladi, hamda ushbu motor uchun magnit induksiya ruxsat etilgan qiymatlaridan oshib ketmaydi.

KALIT SO'ZLAR

ANSYS Maxwell dasturi, elektr yuritma, uch tezlikli elektr motor, qutblar soni o'zgaruvchan chulg'am, magnit induksiya.

Kirish

Hozirgi kunda ANSYS Maxwell dasturi elektromagnit maydonlarni hisoblash va tahlil qilish uchun mo'ljallangan professional dasturiy paket bo'lib, u elektr mashinalari, transformatorlar, va boshqa elektromexanik qurilmalarni loyihalashda keng qo'llaniladi.

Sanoatning ko'pgina tarmoqlarida elektr yuritma ish rejimlari o'zgaruvchan bo'ladi. Bunday elektr yuritma motorlarini ko'p tezlikli qilib loyihalash iqtisodiy va energiya tejash nuqtai nazaridan oqilona usullardan biri hisoblanadi. Ushbu maqolada ANSYS Maxwell dasturi yordamida 4A100S4Y3 tipidagi bir tezlikli elektr motorga qutblar nisbati 8/6/4 bo'lgan qutblar soni o'zgaruvchan chulg'amni qo'llagan holda loyihalash masalasi ko'rib chiqiladi.

Standart magnit o'tkazgichga ega bo'lgan bir tezlikli motorlar asosida uch tezlikli motorlarni loyihalash muammosini hal qilish bir necha bosqichlarda amalga oshiriladi [5].

1. Qutblar soni o'zgaruvchan chulg'am ratsional sxemasini tanlash.

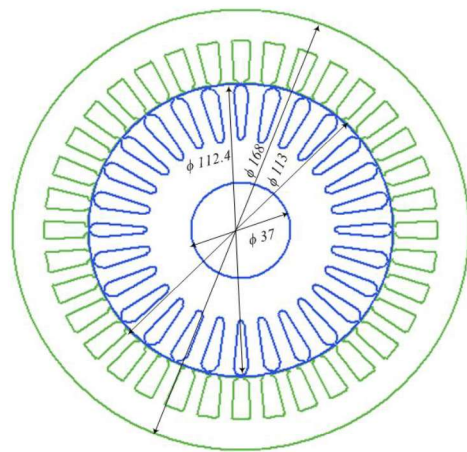
2. G'altakdagi o'ramlar sonini aniqlash.

3. G'altakdagi o'tkazgichning (sim) ko'ndalang kesim yuzasini hisoblash.

4. Magnit o'tkazgichning hisobini tekshirish.

Ventilyator qurilmasi yurish qismi elektr motorining magnit o'tkazgichi asosida qutblar nisbati 8/6/4 bo'lgan, stator pazlari soni 36 bo'lgan yangi qutblar soni o'zgaruvchan motor ishlab chiqildi. Quyida keltiriladigan 1-rasmda 4A100S8/6/4Y3 tipidagi asinxron elektr motorining qirqim ko'rinishi va 1-jadvalda geometrik o'lchamlari ko'rsatilgan.

Har qanday nisbatdagi chulg'am sxemasini tanlashning asosiy shartlaridan biri bu - bir qutb tomonning havo oralig'idagi magnit induksiya boshqa qutb tomondagi magnit induksiya nisbatini qiymati bilan hisoblanadi [4,5].



1-rasm. 4A100S8/6/4 elektr motorining qirqim ko'rinishi.

1-jadval

Asinxron motorining geometrik o'lchamlari

Stator tashqi diametri	$D_{\text{tashqi}} = 168 \text{ mm}$
Stator ichki diametri	$D_{\text{ichki}} = 113 \text{ mm}$
Stator paketi diametri	$l_{\text{st}} = 110 \text{ mm}$
Stator pazlar soni	$Z_1 = 36$
Rotor pazlar soni	$Z_2 = 28$
Valning tashqi diametri	$D_{\text{tashqi}} = 112.4 \text{ mm}$
Valning ichki diametri	$D_{\text{ichki}} = 37 \text{ mm}$

Magnit o'tkazgichni tekshirish hisobi QSO'CH ikkala qutb tomon hosil qiladigan magnit oqimlarni taqqoslash yoki pazdagi effektiv o'ramlar sonini taqqoslash bilan boshlanadi. Havo oralig'idagi magnit induksiya [7]:

$$B_{\delta} = \frac{p \cdot \Phi}{D \cdot l_{\delta}} \quad (1)$$

bu yerda, D - statorning ichki diametri, m; l_{δ} - statorning uzunligi, m.

Stator va rotor tishlaridagi magnit induksiya:

$$B_{z_1} = \frac{B_{\delta} \cdot t_1}{b_{z_1} \cdot k_{s_1}} \quad (2)$$

$$B_{z_2} = \frac{B_{\delta} \cdot t_2}{b_{z_2} \cdot k_{s_2}} \quad (3)$$

bu yerda, t_1, t_2 - stator va rotorning tishlari oralig'i; b_{z_1}, b_{z_2} - stator va rotor tishlarining kengligi; k_{s_1}, k_{s_2} - stator va rotorni po'lat bilan to'ldirish ko'effitsiyenti[6].

Stator va rotorning yarmosidagi magnit induksiya

$$B_a = \frac{\Phi}{2h_a \cdot l_{\delta_1} \cdot k_{c_1}} \quad (4)$$

$$B_j = \frac{\Phi}{2h_j \cdot l_{\delta_2} \cdot k_{c_2}} \quad (5)$$

bu yerda, h_a - stator yarmosining balandligi; h_j - rotor yarmosining balandligi.

$B_{z_1}, B_{z_2}, B_a, B_j$, magnit induksiylarning hisobi qiyamtlari ruxsat etilgan qiymat bilan taqqoslanadi[3].

Shu bilan birga ventilyator qurilmasi yurish qismi elektr motorlari uchun turli diametrdagi o'tkazgichlar uchun mumkin bo'lgan variantlari ko'rib chiqilib, pazdagi o'ramlar soni o'zgartirildi (2-jadval).

2-jadval

Chulg'am o'tkazgichi diametrini tanlash

Parametr-lar	Qutblar soni p											
	4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
d, mm	0,51	0,56	0,51	0,51	0,56	0,51	0,51	0,56	0,51	0,51	0,56	0,51
S_p	64	51	64	60	51	60	55	51	55	70	51	70
n_{st}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$k_{\text{to}1}$	0,46	0,22	0,46	0,43	0,22	0,43	0,39	0,22	0,39	0,5	0,22	0,5
P, kW	1,7	0,9	0,71	1,7	0,9	0,71	1,7	0,9	0,71	1,7	0,9	0,71
I, A	3,5	3,1	2,14	3,49	3,1	2,23	3,57	3,1	2,44	3,6	3,1	2,14
$\cos\varphi$	0,9	0,64	0,73	0,89	0,64	0,7	0,86	0,64	0,65	0,91	0,64	0,76
$\eta, \%$	80	67	68	82	67	68	83	67	66	78	67	65
$j, \text{A/mm}^2$	8,5	12,1	10,4	8,5	12,1	10,8	8,7	12,1	11,9	8,76	12,1	10,4
B_{δ}, Tl	0,47	0,65	0,49	0,51	0,65	0,53	0,56	0,65	0,59	0,42	0,65	0,43
w	384	306	256	360	306	240	330	306	220	420	306	280

Mavjud 4A100S8/6/4Uz tipidagi ko'p tezlikli motorning havo oralig'idagi magnit induksiyaning eng yuqori qiymati ikki tezlikli tomonda $B_{\delta}=0,5 \text{ Tl}$ ni va bir tezlikli tomonda $B_{\delta}=0,67 \text{ Tl}$ ni tashkil etganligi uchun loyihalanayotgan uch tezlikli elektr motorni induksiya ham yuqoridagi qiymatga yaqin bo'lishi shart. Ushbu holatda toklarni qiymati ruxsat etilgan oraliqda va elektr motor yuqori energetik ko'rsatkichlarga ega.

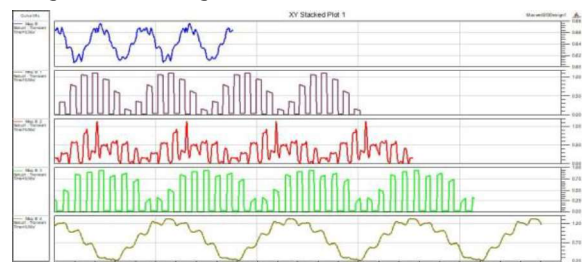
Pazdagi o'tkazgichlar soni mos ravishda 750 ayl/min va 1500 ayl/min tezlik uchun $S_p=55$ va 1000 ayl/min tezlik uchun $S_p=51$ bo'lganda o'tkazgich

diametrlari ham mos ravishda $d=0,51 \text{ mm}$ va $d=0,56 \text{ mm}$, elementar o'tkazgichlar soni $n_{\text{el}}=1$ bo'lgan holatda havo oralig'idagi magnit induksiyaning qiymati nisbatan yuqori (mos ravishda 750 ayl/min va 1500 ayl/min tezlik uchun ham $B_{\delta}=0,53 \text{ Tl}$ va 1000 ayl/min tezlik uchun $B_{\delta}=0,65 \text{ Tl}$ ga va teng), lekin stator tishlaridagi magnit induksiyaning qiymati ruxsat etilgan qiymatdan ortib ketganligi uchun magnit o'zak to'yinishga sabab bo'ladi, natijada elektr motorning energetik ko'rsatkichlari, ya'ni quvvat ko'effitsiyentlari yuqori tezlik uchun $\cos\varphi=0,89$, past tezlik uchun $\cos\varphi=0,7$ gacha pasayib ketishini, tokning zichligi esa mos ravishda yuqori tezlik uchun $J=8,5 \text{ A/mm}^2$, past tezlik uchun $J=10,8 \text{ A/mm}^2$ oshishini ko'rish mumkin.

Yuqorida keltirilgan variantlardan ventilyator qurilmasining yurish qismi elektr motori uchun pazdagi o'ramlar soni 750 ayl/min va 1500 ayl/min tezlik uchun $S_p=64$, o'tkazgich diametri $d=0,51 \text{ mm}$ va 1000 ayl/min tezlik uchun $S_p=51$ elementar o'tkazgichlar soni $n_{\text{el}}=1$ bo'lgan variantni tanlash maqsadga muvofiq.

Tahlil

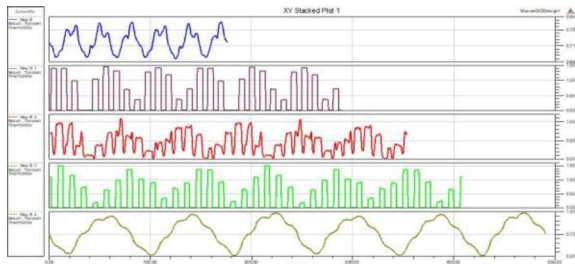
Shu bilan birga elektromagnit maydonlarni modellashtirish bo'yicha yetakchi dasturiy ta'minotlardan biri bo'lgan ANSYS Maxwell dasturi yordamida uch tezlikli 4A100S8/6/4Uz elektr motor loyihalandi. ANSYS Maxwell dasturi yordamida uch tezlikli 4A100S8/6/4Uz elektr motorni modellashtirish uchun motorning geometrik o'lchamlaridan foydalanilgan holda uning grafik modeli qurildi. Quyida 2÷4-rasmlarda uchta qutb tomon uchun stator tishlaridagi (B_{z_1}), havo oralig'idagi (B_{δ}), rotor tishlaridagi (B_{z_2}) va stator yarmosidagi (B_a) magnit induksiyaning motor diametrining aylanasi bo'yicha o'zgarishi keltirilgan.



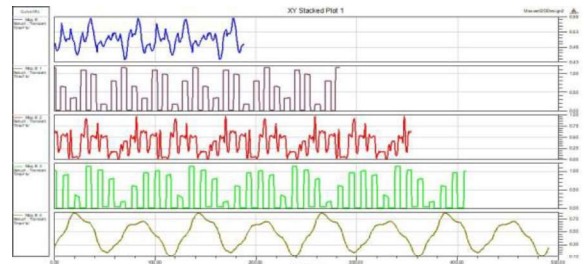
2-rasm. $p_1=2$ tomon uchun magnit induksiylarni o'zgarish grafigi

Har bir qutb uchun stator va rotorning tishlari va yarmosidagi magnit induksiyaning alohida aniqlaymiz. 3-jadvalda 4A100S8/6/4 uch tezlikli elektr motorning magnit induksiya qiymatlari ANSYS Maxwell dasturida va hisobiy yo'l bilan qiymatlari olindi hamda ruxsat etilgan qiymatlar bilan taqqoslangan [2,3].

Ushbu 3-jadvalda taqqoslash natijalarini ko'rishimiz mumkin.



3-rasm. $p_1=3$ tomon uchun magnit induksiyalarni o'zgarish grafigi

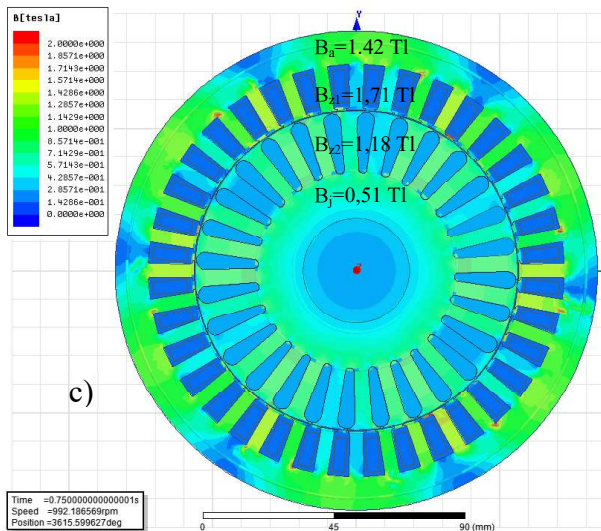


4-rasm. $p_1=4$ tomon uchun magnit induksiyalarni o'zgarish grafigi

3-jadval

4A100S8/6/4 elektr motorini stator va rotor magnit induksiyasi

Parametrlar	$2p_1=4$			$2p_2=6$			$2p_3=8$		
	Ruxsat etil. qiymat	Maxwell	Hisob qiymat	Ruxsat etil. qiymat	Maxwell	Hisob qiymat	Ruxsat etil. qiymat	Maxwell	Hisob qiymat
Stator tishining magnit induksiyasi, Tl	1,75-1,95	1,63	1,61	1,75-1,95	1,71	1,69	1,75-1,95	1,68	1,62
Rotor tishining magnit induksiyasi, Tl	1,6-1,9	1,21	1,19	1,6-1,9	1,18	1,21	1,6-1,9	1,41	1,38
Stator yarmosining magnit induksiyasi, Tl	1,4-1,6	1,31	1,27	1,4-1,6	1,42	1,43	1,1-1,2	0,82	0,87
Rotor yarmosining magnit induksiyasi, Tl	$\leq 1,2$	0,42	0,45	$\leq 1,2$	0,51	0,48	≤ 1	0,27	0,3
Havo oralig'idagi magnit induksiya, Tl	0,65-0,7	0,58	0,54	0,65-0,7	0,6	0,63	0,8-0,85	0,64	0,61



5-rasm. Magnit induksiyaning tarqalish shakli

Taqqoslash natijasidan shu ma'lum bo'ldiki, magnit induksiyaning ANSYS Maxwell dasturida

olingan qiymatlari hisobiy yo'l bilan olingan qiymatlarga o'zaro mos keladi, hamda ushbu motor uchun magnit induksiyaning ruxsat etilgan qiymatlaridan oshib ketmaydi.

ANSYS Maxwell RMxprt vositasidan foydalanib, 2D va 3D o'lchamlarini qurish rejimlaridan foydalanish mumkin. Ushbu rejimlardan foydalangan holda stator va rotorning magnit tizimidagi maydon kuch chiziqlarining tarqalishi, elektr motorning alohida qismlaridagi harorat va h.k. parametrlarni ko'rib chiqish mumkin[1].

5-rasmda $p_1=3$ va qutb tomon uchun magnit induksiya tarqalish shakli ko'rsatilgan. Maydon shaklining tasviridan ko'rish mumkinki, ushbu asinxron motorning po'lat o'zagining kesim yuzasida magnit induksiyaning tarqalishi ruxsat etilgan qiymat (norma) bo'yicha mos keladi. Magnit induksiyaning maksimal qiymati $p=3$ tomon uchun stator tishdagi induksiya hisoblanib, uning qiymati 1,71 Tl ga teng bo'lib (5-rasm), ruxsat etilgan qiymatdan (1,75-1,95 Tl) yuqori bo'lmagan.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРЕХСКОРОСТНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ТИПА 4A100S8/6/4 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ ANSYS MAXWELL

Магдиев Х.Г.

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан.

АННОТАЦИЯ

Получено:
09.07.2025

В данной статье рассматривается проектирование трёхскоростного двигателя с использованием полюсопереключаемой обмоткой с соотношением полюсов 8/6/4 для односкоростного электродвигателя типа 4A100S4Y3 с использованием

Пересмотрено: 14.07.2025
 Пересмотрено: 28.07.2025
 Опубликовано: 10.10.2025

программы ANSYS Maxwell. При этом рассматривались возможные варианты проводников различного диаметра для электродвигателя, а также изменялось количество обмоток в пазе. Разработана графическая модель электродвигателя в программе ANSYS Maxwell и проведено сравнение магнитных индукций в ней с расчётными. Сравнение показало, что значения магнитной индукции, полученные в программе ANSYS Maxwell, согласуются со значениями, полученными расчётным путём, и не превышают допустимых значений магнитной индукции для данного двигателя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА Программа ANSYS Maxwell, электропривод, трехскоростной электродвигатель, полюсопереключаемая обмотка, магнитная индукция.

DESIGN OF A THREE-SPEED ASYNCHRONOUS MOTOR TYPE 4A100C8/6/4 USING ANSYS MAXWELL PROGRAM

Magdiev H.G.

Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

Received:

09.07.2025

Revised:

14.07.2025

Accepted:

28.07.2025

Published:

10.10.2025

This article discusses the design of a three-speed motor using a pole-changing winding with a pole ratio of 8/6/4 for a single-speed electric motor of the 4A100S4Y3 type using the ANSYS Maxwell program. In this case, possible options for conductors of different diameters for the electric motor were considered, and the number of windings in the slot was changed. A graphical model of the electric motor was developed in the ANSYS Maxwell program and a comparison of magnetic inductions in it with the calculated ones was carried out. The comparison showed that the magnetic induction values obtained in the ANSYS Maxwell program are consistent with the values obtained by calculation and do not exceed the permissible values of magnetic induction for this motor.

KEYWORDS

ANSYS Maxwell program, electric drive, three-speed electric motor, pole-changing winding, magnetic induction.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Ansys Maxwell 3D V.15 - Electromagnetic and Electromechanical Analysis: user's guide/ Ansys Inc. – Pittsburgh, 2012. –1006 p.
2. Pirmatov N.B., Mustafakulova G.N., Maxmadiev G.M. Asinxron motorlarni layihalash. O'quv qo'llanma, - T.: ToshDTU, 2013. -95 b.
3. Копылов И. П. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / под. ред. И. П. Копылова - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. - 767 с. ISBN 978-5-9916-0904-3.
4. Емелин А.А. Энергосберегающий многоскоростной электропривод осевых вентиляторов ВО-Ф-7,1А систем микроклимата птицеводческих помещений: Дис... канд. техн. наук. - Зерноград, 1999. -123 с.
5. Бобожанов М.К. Электрические машины с полюсопереключаемыми, обмотками, используемые в целях энерго- и-ресурсосбережения. Под редакцией проф. Х.Г. Каримова «Фан ва технологиялар марказининг босмахонаси», - Ташкент, 2012. - 179 с.
6. HAGER, J.: Über Wellenspannungen bei Induktionsmotoren mit Dahlanderwicklung, Universität Hannover, Dissertation, 1996.
7. Ванурин В.Н., Жидченко Т.В. .Анализ схем обмоток многоскоростных электродвигателей для привода вентиляторных установок // Совершенствование процессов и технических средств в АПК. - Зерноград 2000. -С.81.87.

Information about authors:

Magdiev Hayotullo – *PhD, associate professor, Department of Thermodynamics and Energy Audit, Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan*
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0478-8582>, e-mail: zhmagdiyev@gmail.com