

МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ ANSYS MAXWELL RMXprt

Х.Дж.Ачилов

Бухарского института управления природными ресурсами НИУ «ТИИИМСХ»

Аннотация. В статье рассматриваются проектирование и моделирование асинхронного электродвигателя с помощью программы Ansys Maxwell. Представлены результаты исследования в области моделирования и проектирования электрических машин с использованием программного модуля Ansys Maxwell RMXprt. Выявлены преимущества использования программного модуля Ansys Maxwell RMXprt для проектирования электрических машин и получены результаты анализа их рабочих характеристик. Результаты расчёта рабочих характеристик приведены в таблицах данных и в виде графических характеристик.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, статор, ротор Ansys Maxwell RMXprt, рабочие характеристики, полезная мощность, коэффициента мощности, к.п.д.

Асинхронные электродвигатели (АД) используются практически во всех отраслях промышленности благодаря простой конструкции и простоте эксплуатации. Асинхронные электродвигатели потребляют около 65% электрической энергии, вырабатываемой электрическими станциями страны [1].

Вопросы проектирования и моделирования асинхронных электродвигателей остаются весьма острыми, поскольку требования к рабочим характеристикам современных электродвигателей значительно возросли. Для решения подобных задач довольно часто используются системы автоматизированного проектирования, однако, большинство созданных в них моделей не являются интерактивными. В связи с этим значительный интерес представляет использование новейших программных продуктов, в частности, программного модуля Ansys Maxwell RMXprt [2]. Пользователям требуется только вводить исходные данные: тип обмоток и схему подключения, свойства материалов статора и ротора, геометрические параметры, данные по питанию, по нагрузке, по вентилятору и т.п. При этом доступны все средства Maxwell по параметризации и оптимизационному расчету. Таким образом, данное программное средство позволяет существенно ускорить процесс разработки электрической машины стандартной конфигурации.

Пакет Ansys включает в себя три программных продукта, с помощью которых можно реализовать моделирование системы электропривода электрических машин различных типов: RMXprt, Maxwell 2D/3D и Simplorer. Более того, одна и та же модель запускается в связке RMXprt – Simplorer, Maxwell 2D/3D – Simplorer одновременно [3]. RMXprt поддерживает следующие типы электрических машин: трехфазные АД, однофазные АД, трехфазные синхронные двигатели (СД) и генераторы, частотно-регулируемые СД и генераторы, двигатели постоянного тока с постоянными магнитами и т.д. [4].

Программа RMXprt позволяет выполнять инженерный расчет электрических машин на базе теории цепей. Разработчик может создать в RMXprt конфигурацию, конвертировать модель в

задачу Maxwell, где уже вносить все требуемые изменения. Это будет гораздо быстрее, чем проектировать модель с нуля.

В качестве примера рассмотрим построение модели двигателя 4A80A4Y3. Для этого необходимо ввести в окно управление (Project Manager) паспортные данные двигателя 4A80A4Y3: $P_{2ном}=1,1$ кВт; $U_n=380$ В; $2p=4$, геометрические размеры его активных частей: $D_b=131$ мм; $D=84$ мм; $l_1=78$ мм; $D_a=83,5$ мм; $D_v=22$ мм, параметры паза статора: форма паза – полуоткрытый трапецидальный; $Z_1=36$; $b_1=4,4$ мм; $b_2=6,1$ мм; $h=12,1$ мм; $m=2,5$ мм; $e=0,5$ мм, параметры паза ротора: форма паза – полуоткрытый грушевидный; $Z_2=28$; $b_1=4,5$ мм; $b_2=1,5$ мм; $h_p=16,4$ мм; $m=1,0$ мм; $e=0,5$ мм, параметры обмотки статора: $S_p=60$; $n=1$; $d=0,67$ мм; тип обмотки – однослойная концентрическая.

Перед запуском программного анализа электродвигателя, необходимо ввести его общие параметры, например, мощность, напряжение, рабочую температуру, число полюсов, номинальную скорость, потери мощности.

После этого выполняется проверка (Validate) и расчёт проекта (Analyze All). Результаты расчёта в RMXprt представлены в виде данных (табл.1) и в виде набора характеристик (рис.2). Все результаты можно посмотреть, выбрав команду *Solution Data* на панели инструментов RMXprt, характеристики - через команду *Curve*.

Таблица 1 Данные рабочих характеристик, полученные с помощью программы RMXprt

$P_2, Вт$	$I_\phi, А$	$\eta, \%$	$\cos\varphi$	$M_2, Н\cdot м$
0	2,38	0	0,08	0
270	2,39	64,5	0,25	1,73
400	2,43	72	0,33	2,57
540	2,45	76,4	0,42	3,49
640	2,56	78,3	0,47	4,15
700	2,6	79,1	0,51	4,54
900	2,78	80,5	0,61	5,88

На рис.2 представлены рабочие характеристики спроектированного электродвигателя. Зависимость тока статора от мощности электродвигателя ($I_1=f(P_2)$), зависимость коэффициента полезного действия от мощности электродвигателя ($\eta=f(P_2)$), зависимость коэффициента мощности от мощности электродвигателя ($\cos\varphi=f(P_2)$) и зависимость момента от мощности электродвигателя ($M_2=f(P_2)$).

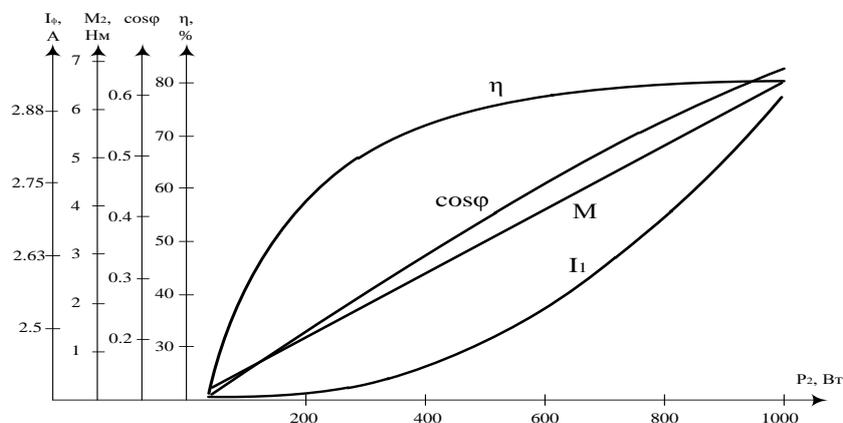


Рис. 2. Рабочие характеристики асинхронного электродвигателя 4A80A4Y3, полученные с помощью модуля RMXprt

Как показали результаты рабочих характеристик асинхронного электродвигателя 4A80A4УЗ с помощью модуля RМхprt полезная мощность достигает значения $P_2=0,9$ кВт при $\eta=80,5\%$, $\cos\varphi=0,61$, $I_1=2,78$ А, $M_2=5,88$ Нм.

Были проведены экспериментальные исследования для сравнения точности результатов рабочих характеристик асинхронного электродвигателя, полученных с помощью программы RМхprt.

Экспериментальные данные для построения рабочих характеристик асинхронного электродвигателя приведены в табл. 2.

Таблица 2 Экспериментальные данные рабочих характеристик

$P_2, Вт$	$I_\phi, А$	$\eta, \%$	$\cos\varphi$	$M_2, Н\cdot м$
0	2,4	0	0,18	0
270	2,4	56,25	0,29	1,74
400,5	2,4	66,75	0,36	2,60
537,5	2,45	74,65	0,43	3,50
637,5	2,5	75,89	0,49	4,17
701,2	2,6	73,05	0,54	4,60
900	2,8	75,00	0,62	5,94

На рис.3 представлены экспериментальные данные рабочих характеристик электродвигателя в виде графически выраженных зависимостей полезного момента (момента на валу) M_2 , к.п.д. η , фазного тока I и коэффициента мощности $\cos\varphi$ для различных значений полезной мощности P_2 при работе с номинальным напряжением и частотой.

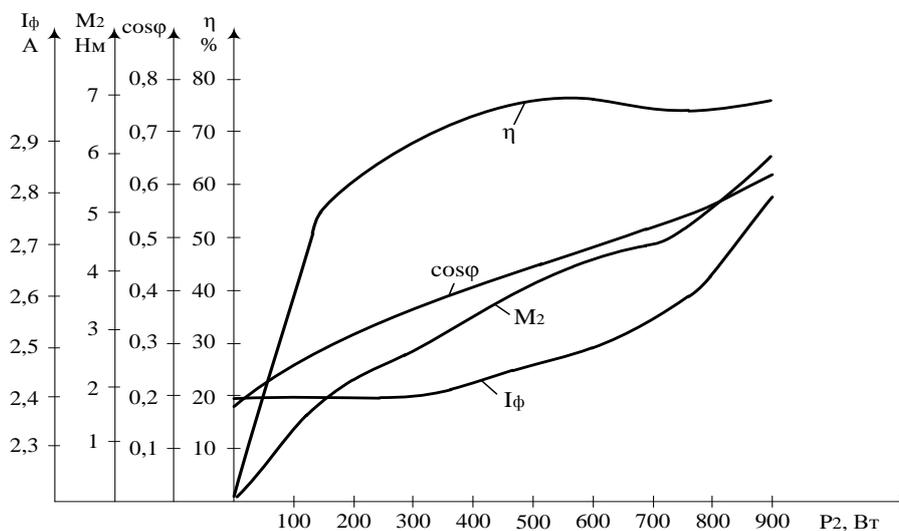


Рис. 3. Рабочие характеристики асинхронного электродвигателя

Как показали результаты эксперимента, приведенного с асинхронным электродвигателем, полезная мощность достигает значения $P_2=0,9$ кВт при $\eta=75\%$, $\cos\varphi=0,62$, $I_1=2,8$ А, $M_2=5,94$ Нм.

При сравнении результатов, полученных при помощи программы RМхprt и эксперимента при полезной мощности $P_2=0,9$ кВт погрешность к.п.д. 0,72 %, коэффициент мощности 6,8 %, фазный ток 1,6 %, момент на валу 1 % соответственно. Это означает, что экспериментальные исследования проводились на аналоговых измерительных приборах, которые имеют погрешности.

Анализ основных параметров трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором общепромышленного исполнения позволяет заметить, что две разные методики расчета дают практически идентичные результаты при одинаковых исходных данных при решении задачи по повышению энергоэффективности электрической машины наиболее предпочтительным является расчет с помощью модуля RMXprt, так как он является более простым.

Список литературы

1. То'раев, S. D., Amrullaev, B. B., & Boybekov, A. A. O'. (2021). SYNCHRONOUS MACHINELARD DYNAMIC ZHARAYONLARNI TADKIK ETISH MUAMMOLARI. *Ilmiy taraqqiyot*, 2 (7), 1315-1319.
2. Sardor, T., Behzod, A., & Shakhzad, K. (2021). Vodorod yoqilg'isi yordamida energiya tejash. *Innovatsion tahlillar va rivojlanayotgan texnologiyalar xalqaro jurnali*, 1 (5), 211-213.
3. То'раев, S. D., Amrullaev, B. B., Komilov, Sh., & Boibekov, A. A. O'. (2021). ASYNCHRON MOTORLARD YUZAG KELADIGAN NUKSONLAR TAVSIFI. *Ilmiy taraqqiyot*, 2 (7), 1310-1314.
4. Nurov, KI, & To'raev, SD (2020). KORXONALARDA ENERGIYA AUDITI ORQALI ELEKTR ENERJASIDAN OQILLIY FOYDALANISH BO'YICHA TAVSIYALAR ISHLAB CHIQUISH. *Qishloq va suv xo'jaligida innovatsion texnologiya va texnikalarni qo'llash samaradorligi to'g'risida (127-130-betlar)*.
5. То'раев, S. D. va Hamroev, I. F. (2020). QUYOSH KONSTRATRATORI KUCHI VA SAMARALILIGINI TOPISH HAQIDA MA'LUMOT. *Iqtisodiyot va jamiyat*, (11), 1373-1377.
6. Каххоров, С. К., & Мирзоев, Д. П. (2020). ИЗУЧЕНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ. *European Science*, (2-2), 56-60.
7. Рахимджанов, Д. А. (2022). АБУ ХАФС НАСАФИ И ЕГО КНИГА «КИТАБ АЛЬ-КАНД». *BARQARORLIK VA YETAKCHI TADQIQOTLAR ONLAYN ILMIY JURNALI*, 290-294.
8. Abidjanovic, R. D. (2022). HISTORY OF COMPLETION AND READING OF THE FIRST MUSHAF. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 3(4), 556-562.
9. Rakhimjanov, D. A. (2021). MAN IS NOT BORN A FANATIC. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 9(10), 187-191.
10. Рахимджанов, Д. А. (2015). САМАРҚАНДДА ҲАДИС ИЛМИНИНГ ТАРАҚҚИЁТИ. In Сборники конференций НИЦ Социосфера (No. 15, pp. 13-15). Vedecko vydavatel'ske centrum Sociosfera-CZ sro.
11. Rahimjonov, D. (2019). The importance of social rehabilitation of people who have fallen under the influence of extremist ideas in the process of globalization. *The Light of Islam*, 2019(1), 12.
12. Rakhimjanov, D. A., & Akhmedov, H. A. (2020). Protecting youth from the influence of extremist ideas and social rehabilitation. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 12(2), 2805-2807.
13. Mamasakhatovna, Y. S., & Bakhtiyorqizi, A. M. (2021). The Role of Our Religious and Spiritual Heritage in The Formation of a Sense of Proud in Young People. *International Journal on Integrated Education*, 4(1), 36-38.
14. Хайдаров, М. М. (2019). Историческое развитие основ семейного права и его принципов в Республике Узбекистан. Современный мусульманский мир. Международный научный журнал Российского исламского института, (2), 5.

15. Saidjalolov, S. S. (2021). RESEARCHING THE SCIENTIFIC HERITAGE OF MAHMUD ZAMAKHSHARI. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 9(12), 1119-1132.
16. Zamakhshari, M. ANALYSIS OF APPROACHES TO THE WORKS OF MAHMUD ZAMAKHSHARI.
17. Saidjalolov, S. S. (2021). STUDY OF THE SCIENTIFIC HERITAGE OF MAHMUD ZAMAKHSHARY. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 9(12), 973-984.
18. Bekmirzaev, I. (2014). Hanafi Legal Documents in Transoxiana. *The Advanced Science Journal*, 5, 55-58.
19. BEKMIRZAEV, I., & Gafurova, I. (2021). TH
20. E IMPACT OF ISLAM ON SOCIOPOLITICAL AND SPIRITUAL LIFE IN CENTRAL ASIA. *The Light of Islam*, 2021(1), 4-15.
21. ISKANDAROVICH, R. O. (2021). BUKHARA ISLAMIC SCHOLARS VIII-XII CENTURIES. *International Journal of Philosophical Studies and Social Sciences*, 1(4), 42-48.
22. ISKANDAROVICH, R. O. (2021). BUKHARA ISLAMIC SCHOLARS VIII-XII CENTURIES. *International Journal of Philosophical Studies and Social Sciences*, 1(4), 42-48.
23. Bekmirzaev, I. (2014). Model documents and collection of formulas tradition in the classic Sunni Islam. In *Сборники конференций НИЦ Социосфера* (No. 22, pp. 120-126). Vedecko vydavatelske centrum Sociosfera-CZ sro.
24. Бекмирзаев, И. И. (2014). Историко-правовое значение законодательных документов, составленных в мусульманском праве средневековыми мазхабами. *Credo new*, (1), 7-7.
25. Сагдиев, Х. ИСТОРИЯ НАИМЕНОВАНИЯ ТЕОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ (ИЛМ АЛЬ-АКИДА1) «КАЛАМОМ». Центр научно-информационных исследований глобальных и региональных проблем, 160.
26. Сагдиев, Х. Ё. (2014). СЛОВО О КРЕДО МУСУЛЬМАНИНА. In *Сборники конференций НИЦ Социосфера* (No. 55, pp. 21-28). Vedecko vydavatelske centrum Sociosfera-CZ sro.
27. Сагдиев, Х. (2015). Реакционные идеи экстремистских вероучений. *Credo New*, (3), 14-14.
28. Сагдиев, Х. (2015). ИСКРЕННЕЕ ОТНОШЕНИЕ К ПРАВИТЕЛЮ В ИСЛАМЕ. *Социосфера*, (2), 28-32.
29. Сагдиев, Х. (2016). История наименования теологической науки (илм аль-акида) «Каламом». *Россия и мусульманский мир*, (5 (287)), 160-173.
30. Сагдиев, Х. Ё. (2014). " ХИЗБ АТ-ТАХРИР АЛ-ИСЛАМИЯ" И " АХЛ АС-СУННА ВА-Л-ДЖАМАА": ПРИНЦИПЫ И ТЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ. *Paradigmata poznani*, (3), 34-41.
31. Сагдиев, Х. (2020). КОРАН И АТТРИБУТ АЛЛАХА «РЕЧЬ» (КАЛАМ). *Социосфера*, (2), 39-46.