

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВУХСКОРОСТНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

М.К. Бобжонов

З.Н. Хужаев

ТашГТУ

Аннотация: Мақолада икки тезликли қутблар нисбати 5/6 бўлган янги қутблар сони ўзгарувчан чулғамли асинхрон моторнинг иккала тезлиги учун статик ва динамик режимларининг экспериментал тадқиқот натижалари, статор токини ҳамда роторнинг айланиш тезлигини вақтга боғлиқ равишда ўзгариш эгри чизиқлари келтирилган.

В статье: рассматриваются результаты экспериментальных исследований двухскоростного асинхронного электродвигателя с новой полюсопереключаемой обмоткой на соотношение полюсов 5/6, которые проводились для обеих скоростей в статических и динамических режимах, представлены кривые изменения тока статора и частота вращения ротора в зависимости от времени.

The article :discusses the results of experimental studies of a two-speed asynchronous electric motor with a new pole-switched winding at a 5/6 pole ratio, which were carried out for both speeds in static and dynamic modes, and the curves of stator current and rotor speed versus time are presented.

Множество асинхронных двигателей, эксплуатируемых в странах СНГ (до 60%), имеют вентиляторную нагрузку и ежегодно потребляют около 25 % всей электроэнергии, вырабатываемой энергосистемами этих стран. Высокое энергопотребление этих объектов придает важное народнохозяйственное значение проблеме экономии электроэнергии.

В настоящее время наряду с частотным регулированием получили распространение электроприводы с многоскоростными двигателями. Эти приводы имеют ряд таких достоинств, как относительная дешевизна и простота в управлении и эксплуатации, а также большая эффективность с точки зрения экономии электроэнергии при менее жестких требованиях к электроприводу [1].

Научной группой кафедры «Электроснабжение» Ташкентского государственного технического университета разработана и проанализирована схема полюсопереключаемых обмоток на соотношение полюсов 5/6 при 54 пазах статора для двухскоростного асинхронного двигателя [2].

Для улучшения электромагнитных свойств обмотки была использована базовая схема «УУУ/УУУ с дополнительными ветвями». Полученная полюсопереключаемая обмотка абсолютно симметрична по отношению к источнику питания со стороны

обеих полюсностей. Обмоточные коэффициенты полюсопереключаемой обмотки соответственно равны $k_{об1cp}=0,833$ и $k_{об2}=0,827$ [3].

С использованием программы Maxwell [4] была создана модель нового двигателя и с использованием конструктивных данных серийного асинхронного двигателя рассчитаны типа 4A132M6У3 статические и динамические характеристики. Программа Maxwell дает возможность рассчитать характеристики различных электродвигателей в разных режимах [5].

Результаты расчёта в RMXprt представлены в виде данных (табл.1) и в виде набора характеристик (рис.1, 2). На рис.1, 2 представлены рабочие характеристики $I_1=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$, $\cos\phi=f(P_2)$, $s=f(P_2)$, $M=f(P_2)$ спроектированного электродвигателя.

Таблица 1.

Данные рабочих характеристик

№	I_1	P_2	η	$\cos \phi$	M	s
	А	Вт	%		Н·м	%
со стороны $p_1=5$						
1	4.1	100	30	0.1	2.4	0.2
2	4.23	500	68	0.25	7.5	0.8
3	4.3	900	77	0.41	15	1.6
4	4.75	1300	80	0.51	21	2.4
5	5.25	1700	80.5	0.6	27.5	3.2
6	5.75	2100	79	0.68	35	4.3
7	6.27	2500	77	0.71	42.5	5.6
8	8	2900	74	0.73	50	7.5
9	10.5	3300	64	0.72	60	11.6
со стороны $p_2=6$						
1	4.1	100	26	0.13	2	0.5
2	4.19	400	60	0.227	8	0.8
3	4.38	800	72	0.38	16	2.6
4	4.62	1200	76	0.5	24	3.4
5	5.2	1600	77	0.606	32	4.5
6	6	2000	76	0.678	40	5.8
7	7	2400	72	0.724	50	8.4
8	9	2800	64	0.727	62	13

На рис. 1, 2 показаны рабочие характеристики нового ДД, построенные по результатам экспериментальных исследований.

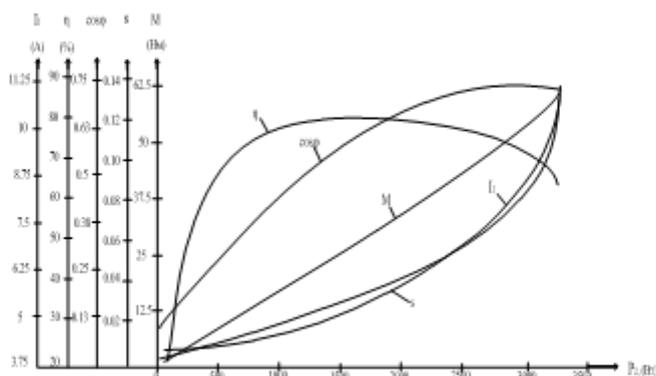


Рис.1. Рабочие характеристики нового ДД со стороны $p_1=5$ полюсов

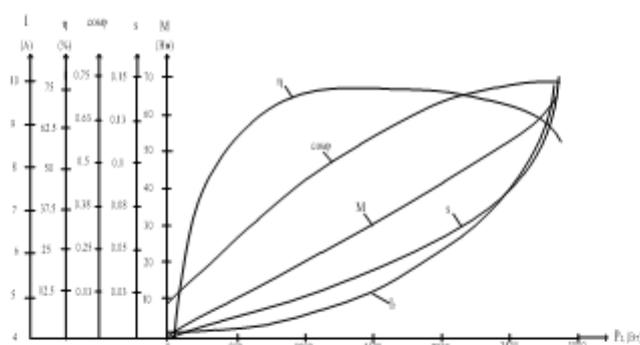


Рис.2. Рабочие характеристики нового ДД со стороны $p_2=6$ полюсов

Как показали экспериментальные исследования нового двигателя 4A132M6УЗ со стороны $p_1=5$ пар полюсов полезная мощность достигает значения $P_2=2,5$ кВт при КПД $\eta=77\%$, $\cos\varphi=0,71$, $I_1=6,27$ А и скольжении $s=5,6\%$, а со стороны $p_2=6$ пар полюсов двигатель может развить мощность $P_2=2$ кВт при КПД $\eta=76\%$, $\cos\varphi=0,68$, $I_1=6$ А и скольжении $s=5,8\%$.

Экспериментальные данные для построения механических характеристик приведены в табл.2. Механические характеристики нового ДД показаны на рис. 3.

Механические характеристики двигателя полностью определяют качество работы электромеханической системы в установившемся режиме и

ее производительность. Они также влияют и на динамические режимы электропривода, характеризуя избыточный динамический момент, определяющий ускорение или замедление двигателя.

Таблица 2

№	со стороны $p_1=5$		со стороны $p_2=6$	
	M , Н·м	n , мин ⁻¹	M , Н·м	n , мин ⁻¹
1	6.79	595	16.52	490
2	14.96	590	23.79	485
3	23.19	584	33.39	478
4	33.13	576	45.91	465
5	39.09	570	55.89	450
6	50.19	555	62.83	430
7	61.19	498	64.87	390
8	53.82	426	58.67	330
9	44.01	336	50.36	255
10	37.07	240	43.73	170
11	32.68	144	37.56	30
12	30.45	72	36.72	0

Как видно из рис. 3 при обоих числах пар полюсов механические характеристики имеют гладкий вид и достаточно жесткие (номинальные скольжения 5,6 и 5,8%).

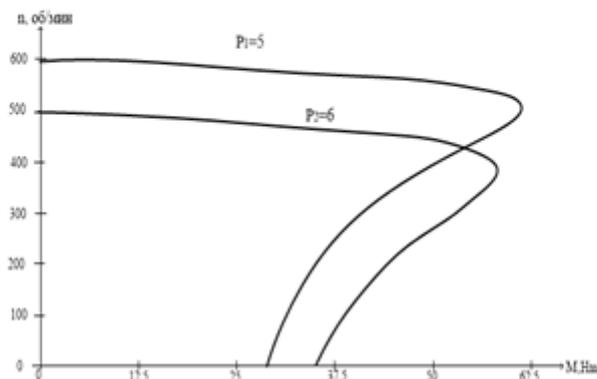


Рис.3. Механические характеристики нового ДД

Для подробного изучения работы новой системы электропривода с двухскоростным асинхронным двигателем на соотношение полюсов 5/6 были проведены исследования в динамических режимах. Новый электропривод на основе полюсопереключаемого асинхронного двигателя был исследован в следующих динамических режимах работы [6]:

- а) пуск двигателя при номинальных режимах на 500 оборотах;
- б) пуск двигателя при номинальных режимах на 600 оборотах.
- с) переключение электродвигателя с высокой скорости вращения на низшую (со скорости вращения 600 на 500 об/мин)
- д) переключение электродвигателя с низшей скорости вращения на высокую (со скорости вращения 500 на 600 об/мин)

Как показали результаты экспериментальных исследований время пуска при прямом пуске на 500 и 600 оборотах находятся в допустимых пределах.

На рис.4а показаны кривые изменения тока статора в зависимости от времени при пуске из состояния покоя электродвигателя типа 4А132М6У3 со стороны $p_1=5$ полюсности. Как можно заметить из этой кривой переходной процесс начинается с 3мс при этом амплитудное значение тока достигает 32,5 А, а наступление установившегося режима работы двигателя происходит 125 мс, амплитудное значение номинального тока 7,5 А.

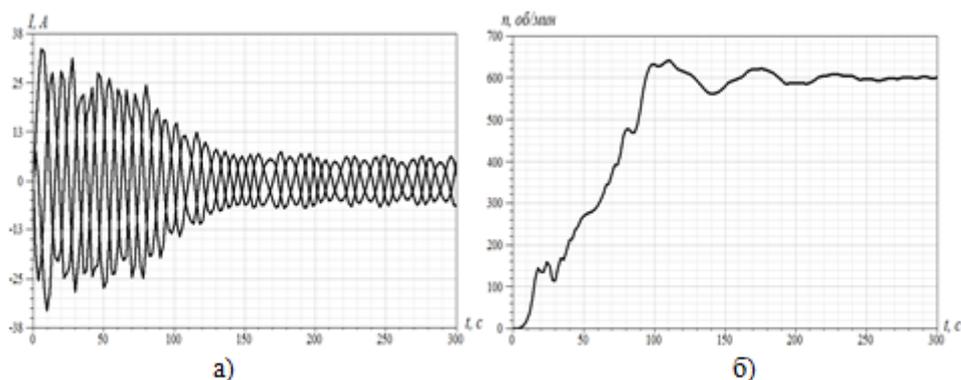


Рис.4. Пуск двигателя на полюсности $p_1=5$: а) кривые изменения тока статора; б) кривая изменения частоты вращения ротора

**Рис.4. Пуск двигателя на полюсности $p_1=5$: а) кривые изменения тока статора;
б) кривая изменения частоты вращения ротора**

На рис. 4б показана кривая изменения частоты вращения ротора в зависимости от времени при пуске из состояния покоя электродвигателя типа 4А132М6У3 со стороны $p_1=5$ полюсности. Как можно заметить из этой кривой наступление установившегося режима работы двигателя происходит 240 мс, частота вращения ротора 600 об/мин.

На рис.5а показаны кривые изменения тока статора в зависимости от времени при пуске из состояния покоя электродвигателя типа 4А132М6У3 со стороны $p_2=6$ полюсности. Как можно заметить из этой кривой переходной процесс начинается с 4мс при этом амплитудное значение тока достигает 26 А, а наступление установившегося режима работы двигателя происходит 125 мс, амплитудное значение номинального тока 4 А.

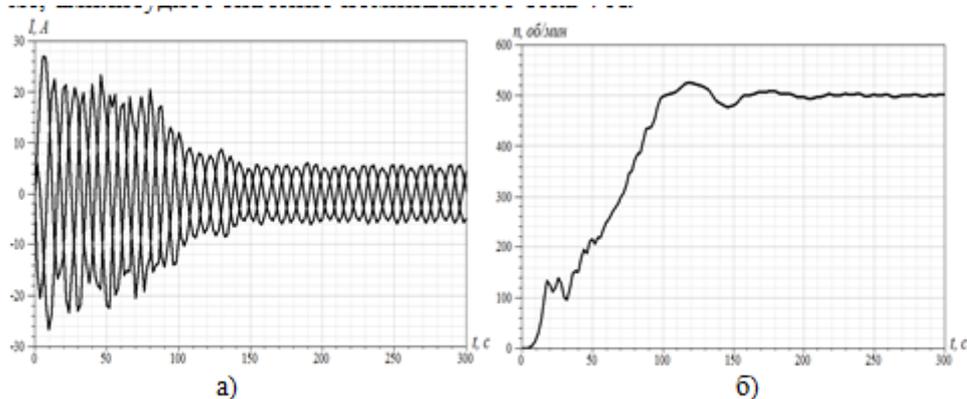


Рис.5. Пуск двигателя на полюсности $p_2=6$: а) кривые изменения тока статора; б) кривая изменения частоты вращения ротора

На рис. 5б показана кривая изменения частоты вращения ротора в зависимости от времени при пуске из состояния покоя электродвигателя типа 4А132М6УЗ со стороны $p_2=6$ полюсности. Как можно заметить из этой кривой наступление установившегося режима работы двигателя происходит 200 мс, частота вращения ротора 500 об/мин.

Таким образом, как показали испытания на действующих установках в промышленных условиях, все электропривода вентиляторов на основе ДД с полюсопереключаемой обмоткой полностью удовлетворяют всем основным требованиям, предъявляемым к электроприводу вентиляторов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Рисмухамедов Д.А. Экспериментальные исследования нового двухскоростного двигателя. Вестник ТашГТУ, №2, 2006 г, с.52-55.
2. Рисмухамедов Д.А, Мавлонов Ж.М. Тўйчиев Ф.Н., Мархабаев Б.А. Трёхфазная полюсопереключаемая обмотка с соотношением пар полюсов 5/6. Патент на изобретение. IAP 05698, Бюл. №11, Оpub. 30.11.2018.
3. Бобожанов М.К., Рисмухамедов Д.А., Тўйчиев Ф.Н.. Построение и анализ полюсопереключаемой обмотки на соотношение полюсов 5/6 методом ДЗПФ. Журнал Проблемы энерго- и ресурсосбережения. 2016 г, №3-4, с. 138-143.
4. Ansys Maxwell 2D V.15 - Electromagnetic and Electromechanical Analysis: user's guide/ Ansys Inc. – Pittsburgh, 2012. – 628 p.
5. Д.А.Рисмухамедов, Ф.Н.Тўйчиев. Проектирование и моделирование асинхронного электродвигателя 4А80А4УЗ с помощью программы Ansys Maxwell. Вестник ТашГТУ, №4, 2018 г, с.52-55.
6. Бобожанов М.К., Рисмухамедов Д.А., Тўйчиев Ф.Н., Магдиев Х.Г. Икки тезликли асинхрон электр моторлар динамик иш режимларини экспериментал тадқиқ қилиш. Вестник ТашГТУ, №2, 2019 г, с.52-55.