

РАЗРАБОТКА ДВУХСКОРОСТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОЛЮСОПЕРЕКЛЮЧАЕМЫМИ ОБМОТКАМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДВУХВАЛЬНЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ.

Авторы публикации

Бобожанов Максуд Каландарович

– доктор технических наук, профессор кафедры “Электроснабжение”
Ташкентского государственного технического университета имени Ислама
Каримова, Ташкент, Узбекистан.

Юсубалиев Аишурбай

– доктор технических наук, доцент, профессор кафедры “Технологическое
образование” Чирчикского государственного педагогического университета,
Чирчик, Узбекистан.

Рисмухамедов Даулетбек Аманович

– кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры “Электротехника и
электромеханика” Алмалыкского филиала Ташкентского государственного
технического университета имени Ислама Каримова, Алмалык, Узбекистан.

Розметов Хамза Эрназарович

– старший преподаватель кафедры “Горная электромеханика” Алмалыкского
филиала Ташкентского государственного технического университета имени
Ислама Каримова, Алмалык, Узбекистан.

Аннотация:

В статье рассматривается процесс разработки и исследования новой полюсопереключаемой обмотки на соотношение полюсов 8:4 для двухскоростных двигателей на приводе двухвальных смесителей.

Научная значимость результатов исследования заключается в совершенствовании метода дискретных заданных пространственных функций для получения зональных полюсных цепей с переменным числом полюсов, а также улучшении электромагнитных свойств электродвигателей с числом пазов статора, равным 48 в электроприводе и переменного числа полюсов с простой технологией подготовки. Это объясняется тем, что разработана схема обмотки.

Ключевые слова: электропривод, регулируемый электропривод, двухскоростной двигатель, полюсопереключаемая обмотка, гармонические составляющие, магнитодвижущая сила, обмоточный коэффициент, коэффициент дифференциального рассеяния.

Annotation:

The article discusses the process of development and research of a new pole-switching winding with a pole ratio of 8:4 for two-speed motors driving twin-shaft mixers.

The scientific significance of the research results lies in improving the method of discrete specified spatial functions for obtaining zonal pole circuits with a variable number of poles, as well as improving the electromagnetic properties of electric motors with a number of stator slots equal to 48 in the electric drive and a variable number of poles with simple preparation technology. This is explained by the fact that the winding circuit has been developed.

Keywords: electric drive, adjustable electric drive, two-speed motor, pole-switching winding, harmonic components, magnetomotive force, winding coefficient, differential dissipation coefficient.

1. Актуальность

В мире особое значение придается проблемам запуска и точной остановки двигателей в сферах горнодобывающей, металлургической, лакокрасочной и химической промышленности, а также в производстве строительных материалов. В настоящее время в развитых странах проводятся научно-исследовательские работы по изучению вопросов повышения эффективности производства и автоматизации технологического процесса, а также внедрения новых технологий в производство.

Двухвальные смесители широко используют во многих технологических и производственных процессах – на обогатительных и керамических заводах, в системах пылеочистки тепловых электростанций, на предприятиях жилищного строительства, для смешивания различных материалов на химических предприятиях.

В связи с этим особое внимание уделяется созданию новых электрических схем, энергосбережению и экономии ресурсов, позволяющих увеличить срок службы активных частей устройства за счет облегчения процесса запуска этих высокоинерционных механизмов, а также обеспечения их точной остановки.

В последнее время наряду с тиристорными преобразователями частоты большое внимание уделяется регулируемым электроприводам на основе многоскоростных электродвигателей с полюсопереключаемыми обмотками (ППО). Они являются практически единственными электроприводами, в которых электрическая энергия не подвергается дополнительному преобразованию и не расходуется в виде дополнительных потерь в преобразователях или на скольжение, вследствие чего их коэффициент полезного действия может быть наиболее высоким по сравнению с другими видами электроприводов.

Среди ученых нашей республики - Х.Г.Каримов, Ю.А.Тупогуз, М.Г.Бободжанов, Д.А.Рисмухамедов и Ф.Н. Тойчиев, можно отметить ряд научных работ по разработке цепей с переменным числом полюсов.



2. Разработки схемы ППО.

Разработка новой схемы полюсопереключаемой обмотки на соотношение полюсов $8/4$ при 48 пазах статора осуществлён путём применения метода «Дискретно- заданных пространственных функций», при анализе электромагнитных свойств полученной обмотки использовались графоаналитический метод разложения в ряд Фурье, методы векторного и гармонического анализа.

Построение ППО на соотношение полюсов $8:4$ может быть осуществлено на основе базовой схемы (БС) « Δ/Y_Y », но при необходимости улучшения электромагнитных свойств, согласования индукций в воздушном зазоре, симметрировании и т.п. целесообразно применение БС « Δ/Y_Y с дополнительными ветвями».

Число катушек в дополнительных ветвях может составлять 17-50% от общего числа катушек обмотки. В дополнительные ветви выносятся обычно те катушки, которые недостаточно эффективны при создании суммарной ЭДС фазы со стороны меньшей полюсности. Катушки дополнительных ветвей распределяют с условием взаимокompенсации, т.к. при подключении источника

питания со стороны полюсности, где отсутствуют дополнительные ветви, в них наводятся ЭДС, которые способствуют появлению уравнивающих токов.

Минимальное число катушек в общей части БС (основание) равно наибольшему числу лучей трехфазных звезд. Например, у БС «Δ/ΥΥ» и «Δ/ΥΥ с дополнительными ветвями» состоящее из трех трехфазных звезд основанием является 9.

Недостаточно эффективны при создании суммарной ЭДС фазы со стороны меньшей полюсности. Катушки дополнительных ветвей распределяют с условием взаимокompенсации, т.к. при подключении источника питания со стороны полюсности, где отсутствуют дополнительные ветви, в них наводятся ЭДС, которые способствуют появлению уравнивающих токов.

Количество последовательно соединённых катушек в ветвях общей части БС, на основе которых проектируется ППО, должно быть целым числом и рассчитывается по (3). Новая трехфазная полюсопереключаемая двухслойная обмотка с числом пазов статора равным 48 на соотношение чисел полюсов $2p_1/2p_2=8/4$, состоящая из равновитковых катушек, распределенных в 24 катушечных группах, выполнена по схеме Δ/ΥΥ.

Обмоточные коэффициенты полюсопереключаемой обмотки с $2p_1$ и $2p_2$ полюсной стороны соответственно равны $k_{об1} = 0,876$ и $k_{об2} = 0,691$.

Таблица 2 - Обмоточные данные при шаге-6 со стороны $2p_1=8$

	Ветви БС Δ/ΥΥ с дополнительными ветвями					
	A2	B2	C2	A3	B3	C3
A	8,293	8,293	8,293	8,293	8,293	8,293
кобм	0,691	0,691	0,691	0,691	0,691	0,691
φ	30	90	150	30	90	150

Таблица 3 - Обмоточные данные при шаге-6 со стороны $2p_1=4$

	A	B	C
A	28,07	28,07	28,07
кобм	0,877	0,877	0,877
φ	37,09	82,91	157,09

3. Анализ электромагнитных свойств ППО.

При анализе электромагнитных свойств катушки с переменным числом полюсов возникновение магнитной силы учитывают коэффициенты катушки, с данными расчетной гармонической структуры и всех возможных комбинаций тех и других. поляризации для ступенек, дифференциальные коэффициенты рассеяния рассматриваются одновременно с использованием диаграмм Гёргеса обеих сторон поляризации.

Как можно увидеть по результатам расчетов (табл.2 и табл.3), данная обмотка со стороны обеих полюсностей имеет обычное распределение катушек по фазам, угол между фазами равен 120° , величины ЭДС, индуцированных в одноименных параллельных ветвях равны по амплитуде и по фазе, а в ветвях, относящихся разным фазам, индуцируются ЭДС равные по амплитуде и сдвинутые по фазе на 120° . Одним словом не имеется ни внешняя, ни внутренняя несимметрия. Картины намагничивающих сил, создаваемые ППО со стороны обеих полюсностей близки к синусоиде и обмотка имеет достаточно высокие обмоточные коэффициенты. Обмотка является совершенно симметричной по отношению к источнику питания.

При анализе электромагнитных свойств ППО одновременно рассматриваются расчетные данные гармонического состава картин магнитодвижущих сил (МДС) с учетом обмоточных коэффициентов (см.рис.1) и коэффициенты дифференциального рассеяния с помощью диаграмм Гёргеса (см.рис.2) со стороны обеих полюсностей при всех возможных шагах полюсностей

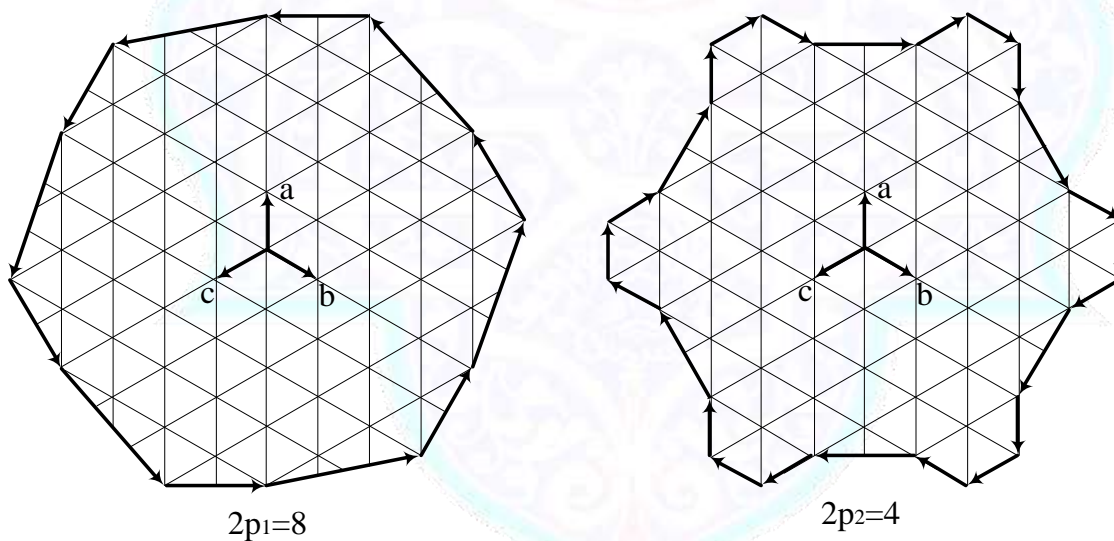


Рис. 2 - Диаграммы Гёргеса при шаге ППО $y=6$

а) для $2p_1=8$, б) для $2p_2=4$

Расчет дифференциального коэффициента рассеяния переменного числа полюсов

Дифференциальный коэффициент рассеяния σ_0 (в воздушном зазоре) является одним из критериев оценки свойств катушки, то есть отношение реактивного сопротивления высшей гармоники к основному реактивному сопротивлению катушки

Дифференциальный коэффициент рассеяния рассчитывается с использованием многоугольника магнитодвижущих сил Гёргеса (МДС) на основе теоремы Крондла

Полигон МДС позволяет не только рассчитать дисперсию в воздушном зазоре, но и сделать вывод о наличии определенных гармоник в зоне воздушного зазора.

Таблица 5 - Коэффициенты дифференциального рассеяния

Z	y	%	
		$2p_1=4$	$2p_2=8$
48	5	1,1	0,9
	6	2	1,4
	7	6,5	0,9

Со стороны 8 полюсов в картине МДС присутствуют четные гармонические с большими амплитудами (например, амплитуда 2-ой гармонической с учетом обмоточного коэффициента по отношению к амплитуде первой гармоники составляет 1,09%) и коэффициент дифференциального рассеяния равен 6,52%.

Поскольку в двигателях смесительных установок обе скорости являются равноценными, электромагнитные свойства ППО с обеих сторон должны быть оптимальными.

Анализ электромагнитных свойств разработанной ППО со стороны обеих полюсностей при различных шагах показал, что оптимальным шагом обмотки является при 48 пазах статора шаг равный $y=6$.

Как видно из расчётных данных со стороны 6 полюсов при шаге $y=6$ содержание высших гармонических минимальное (не имеют место чётные

гармонические) и, соответственно, величина коэффициента дифференциального рассеяния минимальная.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

С технологической точки зрения разработанная полюсопереключаемая обмотка представляет собой обычную двухслойную обмотку, состоящую из равномерно распределенных по пазам равновитковых катушек одинакового шага, что позволяет обеспечить промышленную применимость предлагаемой обмотки, так как двухскоростные двигатели с такой обмоткой могут найти применение на многочисленных двухвальных смесителях, центробежных насосах и вентиляторах, конвейерах и др., где необходимо регулировка скорости вращения по технологическому процессу и в целях энергосбережения

Список литературы

1. Bobojanov M. Induction machine with pole-changing winding for Turbomechanisms /Archives of Electrical Engineering. Vol.72(2), pp.415- 428 (2023). DOI 10.24425/AEE.2023.
2. Bobojanov M., Rismukhamedov D., F.Tuychiev Kh.Shamsutdinov, Kh.Magdiev. Pole-changing motor for lift installation/E3S Web of Conferences 216, 01164 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601164>.
3. Bobojanov M., Rismukhamedov D., Tuychiev F., Shamsutdinov Kh. Development of new pole-changing winding for lifting and transport mechanisms/E3S Web of Conferences 365, 04024 (2023) CONMECHYDRO–2022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336504024>
4. Nuralibek Rashidov, Khamza Rozmetov , Sabit Rismukhamedov , Moldagali Peysenov
5. E3S Web of Conf. Volume 384, 01043, 2023 Rudenko International Conference “Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems” (RSES 2022) 26 April 2023
6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338401043> SCOPUS