

Висновки. Проаналізовано критерії оцінки показників взаємовпливу і електромагнітної сумісності за умови живлення і керування групою механізмів екскаватора від мережі обмеженої потужності. Виконано порівняння рівня взаємовпливу ПП СГЕП екскаватора при різних трансформаторних розв'язках.

Список літератури

1. Шипилло В. Т. Влияние тиристорного электропривода на питающую сеть / В. П. Шипилло // Электротехническая промышленность. Электропривод. – 1970. – №1. – С. 5-10.
2. Аннопольский Ю. Ф. Особенности работы управляемых выпрямителей при групповом питании / Ю. Ф. Аннопольский, И. И. Левитан // Электротехника. – 1976. – №9. – С. 40-43.
3. Пивняк Г. Г. Коммутационные процессы в электроэнергетических сетях с групповыми преобразовательными устройствами / Г. Г. Пивняк, А. Ф. Синолицкий Академический вестник. – 1999. – №3. – С. 1-5.
4. Сінолицкий А. П. Комутаційні процеси в системах групового живлення і керування енергоємними установками / А. П. Сінолицкий, В. А. Кольсун, Д. О. Кальмус, М. В. Жуйков // Електротехніка та електроенергетика. – 2009. – №1. – С. 4-10.
5. Олейник В. Д. Особенности работы тиристорных преобразователей многодвигательного электропривода экскаватора при различных способах питания / В. Д. Олейник, А. Ф. Синолицкий // Изв. вузов Энергетика. – 1987. – №6. – С. 56-59.
6. Микитченко А. Я. Разработка ФКУ для экскаватора ЭКГ-5 оборудованного приводами по системе ТП-Д / А. Я. Микитченко, А. Н. Шолонков, Д. Р. Шевченко // Всероссийская научно-техническая конференция «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы». – Оренбург. – 2007. – С.266-271.
7. Сінолицкий А. П. Компенсація неактивних складових потужності в системах живлення і керування установками з нестабільними навантаженнями / А. П. Сінолицкий, В. А. Кольсун, Є. С. Дуб // Вісник КТУ. – 2011. – Випуск 27. – С. 188-191.

Рукопись поступила в редакцию 03.04.12

УДК 621.313.33

Э.А. ВОРОТЕЛЯК, канд. техн. наук, доцент А.В. КОЛОМИЦ, ассистент
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ НА РАБОЧИЕ РЕЖИМЫ ГЛУБОКОПАЗНОГО КОРОТКОЗАМКНУТОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Выполнен анализ влияния параметров схемы замещения на рабочие режимы глубокопазного короткозамкнутого асинхронного двигателя.

В связи с возрастающей дороговизной энергоресурсов решением этой задачи является оптимальное управление режимами работы электроприводов, в том числе, асинхронными машинами. Прогноз и построение рабочих характеристик всех видов электрических машин имеют между собой много общего и возможен на основе информации о параметрах схем замещения, а они могут быть получены аналитическим и экспериментальным путем. Паспортных и каталожных данных недостаточно. Так, для энергетической характеристики $\eta=f(P_v)$, зависимость коэффициента полезного действия (КПД) от мощности на валу P_v и других характеристик надо знать все виды потерь мощности, зависимости скорости n от моментов электромагнитного M_z или на валу M_v .

Согласно основам общей теории электрических машин [1] вращающиеся машины можно рассматривать, в конструктивном исполнении, состоящими из двух цилиндрических стальных частей, разделенными узким кольцеобразным пространством, называемым воздушным зазором. Одна из частей может быть неподвижной, другая подвижной вращающейся. Обе части, через воздушный зазор пронизываются общим магнитным потоком Φ . Вблизи поверхности этих частей, параллельно оси цилиндров, расположены токоведущие проводники, образующие обмотки машин, и рабочий процесс машины, при относительном движении, определяется, в первую очередь, распределением токов по окружностям поверхностей цилиндров.

В статьях [2-4] приводятся методы определения параметров схемы замещения АД небольших мощностей. Вместе с тем асинхронные двигатели АД мощностью выше 100 кВт имеют ряд особенностей. По виду исполнения ротора они делятся на многоклеточные (обычно двухклеточные), с глубокими пазами (глубокопазные) или с пазами, уширенными в нижней части.

Это заставляет выделить их в особую группу, к которой можно отнести АД большой мощности серии А4 и ДА304, предназначенные для привода механизмов, не требующих регулиро-

вания частоты вращения (дымососы, вентиляторы, насосы и др.). Номинальное напряжение АД основного исполнения - 6 кВ. Сечение стержней глубокопазного ротора может быть прямоугольной формы, бутылочной или трапецеидальной. Разработка моделей АД по каталожным данным учитывала только один фактор, чаще всего это вытеснение тока в стержнях обмотки ротора. Такой односторонний подход приводит к большим погрешностям, особенно для двигателей с полузакрытыми пазами или неполным раскрытием пазов. Кроме того, самой важной областью в электромашине является воздушный зазор. Отсюда теория интересуется прежде всего процессами, протекающими в зазоре или около него. Необходимо обратить внимание на то, что магнитное поле, внутри стали ротора является сложным, однако вследствие высокой магнитной проницаемости стали можно исследовать распределение поля только в воздушном зазоре или в непосредственной близости от него. Тогда достаточно простой и вместе с тем точной становится теория.

В реальной машине проводники располагаются не в самом воздушном зазоре, а вблизи от него, в пазах сердечника ротора, набранного из листов электротехнической стали или в междуполосных пространствах. Для теоретического анализа действительные проводники заменяются эквивалентными, размещенными на поверхности ротора. Предполагается, что они имеют очень малое (точечное) сечение. Вторичные явления, которые не поддаются объяснению, если принять все эти допущения, рассматриваться могут под общим названием «рассеяние». [1]

Поэтому для типов АД с улучшенными пусковыми характеристиками, вследствие использования глубокопазного ротора, необходимо учитывать явление вытеснения токов в роторе к поверхности, а также насыщение стали по путям основного потока и потоков рассеяния (в направлении к воздушному зазору уменьшается ширина паза).

Сами потоки рассеяния обусловлены тем, что проводники обмотки ротора расположены в пазах, а не на поверхности ротора и ближе к воздушному зазору. Кроме того, обмотки имеют лобовые части, выступающие за пределы сердечника ротора. Потоки рассеяния - это та часть силовых линий поля ротора, которая сцеплена с проводниками ротора, но не сцеплена с проводниками статора (рис. 1).

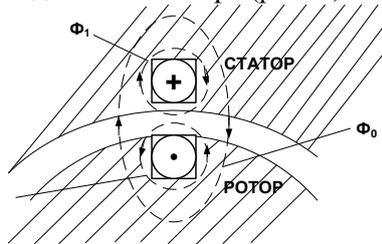


Рис.1. Схема магнитных потоков: Φ_0 - основной магнитный поток; Φ_1, Φ_2 - потоки рассеяния статора и ротора

Есть еще поток зубцового рассеяния или рассеяния зигзаг, но он не проникает глубоко в сердечник, чтобы создать сцепление с обмоткой, расположенной на другой части машины. Индуктивности этого вида рассеяния вполне определены и рассчитываются известными способами. Необходимо обратить внимание еще на то, что обмотка создает гармонические составляющие потока, которые пересекают воздушный зазор и создают сцепления с другой обмоткой, но не входят в главный поток, соответствующий основной гармонической кривой поля. Для АД это не учитывается в уравнениях так как частоты ЭДС контуров разные.

Электродвижущая сила, наводимая гармонической потока, может быть учтена только в обмотке, создающей данный поток. Поток рассеяния, сцепленный с данной обмоткой от действия гармонической, эквивалентно увеличивается. Такое увеличение потока называют зонным или поясовым рассеянием [1]. Отсюда, не учитываемые гармонические могут привести к значительным неточностям в расчетах, если машина неудачной конструкции. В принципе, влияние высших гармоник на кривые ЭДС и магнитодвижущих сил (МДС) можно уменьшать правильным выбором числа и размеров пазов, скоса пазов, шага обмоток и другими известными средствами.

Что касается учета явления вытеснения токов в роторе глубокопазного АД к поверхности? В период пуска АД частота тока ротора в 30-50 раз больше, чем при нормальном режиме. Это обстоятельство является, по сути дела, единственным существенным отличием пускового режима от рабочего. Использование метода введения добавочного активного сопротивления в цепь ротора R_q на время пуска для короткозамкнутого АД казалось бы неприемлемо. Тем не менее, были сформулированы требования к такому виду двигателя, одним из которых является глубокопазный АД:

в период пуска - повышенное значение активного сопротивления R_2 (желательно снижение индуктивного сопротивления ротора $X_{\sigma 2}$, являющегося эквивалентом действия поля рассеяния);

в период, когда текущее скольжение равно номинальному $S \approx S_n$ снижение R_2 (допускается возрастание $X_{\sigma 2}$, так как $X_{\sigma 2} \cdot S_n$ весьма мало).

Поскольку в системе относительных единиц (О.Е.) $\hat{R}_2 = 0,02$; $\hat{O}_{\sigma 2} = 0,10$; $S_H \approx 0,015 \div 0,05$ то можно отметить одно важное обстоятельство: полное сопротивление ротора Z_2 .

В период пуска $S=1$ $Z_2=R_2+j X_{\sigma 2} \cdot S \approx j X_{\sigma 2}$

В период работы $S \approx S_H$ $Z_2=R_2+j X_{\sigma 2} \cdot S \approx R_2$

Известно, что сопротивление медного проводника при переменном токе по сечению отличается при постоянном токе. Связано это с тем, что при постоянном токе заряды распределяются равномерно по сечению, а при переменном неравномерно - ближе к поверхности. Это явление называют «вытеснение тока» или «поверхностный эффект». Вредное влияние имеет во всех электрических машинах переменного тока из-за нерационального использования меди. С другой стороны полезное применение это явление способствует решению двух проблем с применением экономически выгодных короткозамкнутых АД - ограничение пускового тока применением безреостатного пуска в ход и увеличение пускового момента.

Многие авторы исследовали применение явления «вытеснения тока» в разнообразных случаях и пришли к выводу, что омическое активное сопротивление R_{\square} при переменном токе выражается через омическое сопротивление при постоянном токе R_{\sim} в виде $R_{\square} = kR_{\sim}$ где k - некоторый коэффициент, больший единицы.

При расчетах с грубым приближением для обмоток АД можно в среднем принимать $k=1,10 \div 1,2$, поэтому при переменном токе активное сопротивление обмоток медных проводов можно брать на 10-20% больше, чем активное сопротивление при постоянном токе.

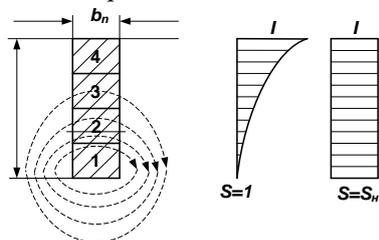


Рис. 2. Распределение плотности тока в стержне кз обмотки двигателя с глубокими пазами на роторе

При протекании по стержню (проводу) переменного тока магнитный поток рассеяния Φ будет также переменным. Колебания этого магнитного потока, пронизывающего провод, будут в этом случае наводить в массиве медного провода токи Фуко, которые не совершают полезной работы и являются, с этой точки зрения паразитными токами. Токи Фуко складываются с полезным током I_2 и в результате получается картина токораспределения в стержне, показанная на рис. 3. Линии тока ротора I_2 смещаются к верхнему элементу 4 (см. рис.2). Плотность тока вследствие этого в верхней части паза возрастает и в нижней его части убывает.

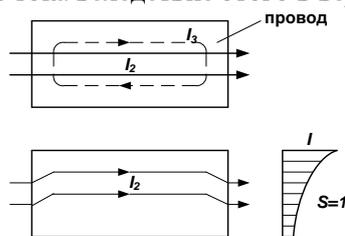


Рис. 3. Вихревые токи в массивном проводе

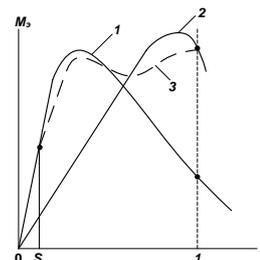


Рис.4. Механическая характеристика АД с глубокими пазами на роторе: 1 - при $R_2=\text{const}$; 2 - при R_2 сохраняется при всех скольжениях; 3 - при изменении от S_H до $S=1$ R_2 постепенно возрастает. Действительная механическая характеристика глубокопазного АД

Проведенные опыты и наблюдения позволили сделать анализ и высказать подтверждающие соображения:

линии потока рассеяния в пазах проходят перпендикулярно стенкам паза;

если отношение высоты к толщине проводника не очень мало (ширина паза не более 2 см) плотность тока одинакова для всех точек сечения, которые находятся на одной высоте, и что для знания распределения плотности тока внутри проводника паза достаточно проверить ее распределение по поверхности;

внутри паза линии тока проходят параллельно длине массивного проводника на некотором расстоянии от концов на торцах.

Список литературы

1. Адкинс Б. «Общая теория электрических машин», Госэнергоиздат, Москва, 1960г.
2. Бергер А.Я., Поклонов С.В. «Приближенное определение параметров схемы замещения двигателя мощностью выше 100 кВт по каталожным данным» Электромеханика №3, 1974г.

3. Сивокобыленко В.Ф. Костенко В.И. Математическое моделирование глубококопных асинхронных машин. Электричество №4, 1980г.

4. Воротеяк Э.А. «Прогнозирование рабочих характеристик глубококопного асинхронного двигателя по каталожным данным». Академический вестник №19 2007г.

Рукопись поступила в редакцию 02.04.12

УДК 621.314.632

В.К. ТЫТЮК, канд. техн. наук, доц., В.А. ХАРЧЕНКО, магистрант
Криворожский национальный университет

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ В МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

В имеющихся программах, предназначенных для математического моделирования технических устройств, отсутствуют средства для измерения составляющих полной мощности в несинусоидальных цепях. Такое положение дел существенно затрудняет изучение как процессов энергопотребления, так и разработку средств и методов управления энергопотреблением в современных электромеханических системах.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В существующей структуре энергопотребления электропривод является главным потребителем электрической энергии. В электроприводе используется около 60% от всей производимой электроэнергии. В условиях дефицита энергетических ресурсов это делает особенно острой проблему энергосбережения в электроприводе и средствами электропривода.

Основным научным методом, используемым для изучения процессов энергопотребления в сложных электромеханических системах, является математическое моделирование. Изучение режимов энергопотребления и процессов управления энергопотреблением сдерживается тем, что в существующих программах, предназначенных для математического моделирования электромеханических систем, отсутствуют средства для измерения составляющих полной мощности в несинусоидальных цепях. Например, подробный анализ имеющихся в составе библиотеки SimPowerSystems блоков для измерения активной и реактивной мощности показывает, что эти блоки предназначены для работы в составе линейных электрических цепей, используют расчеты составляющих мощности по первой гармонике тока и напряжения.

Улучшить можно только то, что можно измерить. Поэтому задача разработки элементов для измерения составляющих полной мощности в несинусоидальных цепях переменного тока является важной и актуальной.

Постановка задачи. Теоретические представления о составляющих полной мощности в настоящее время все еще продолжают оставаться предметом многочисленных теоретических дискуссий, а представления о природе и формировании неактивных составляющих полной мощности до сих пор являются предметом для обсуждения.

Отсутствие обоснованного ответа на вопрос о физической природе реактивной мощности приводит к непрекращающимся попыткам разработать универсальное представление этой характеристики энергетических процессов в электрических цепях. В результате этих попыток появились различные выражения реактивной мощности в виде билинейных функционалов от тока и напряжения.

Тем не менее, на промышленных предприятиях повсеместно работают счетчики активной и реактивной энергии, безусловно реализующие некий алгоритм вычисления активной и реактивной составляющих полной мощности.

Поскольку оплата за другие составляющие полной мощности, например, за мощность искажения не предусмотрена, то разумным будет сконцентрировать внимание именно на активной и реактивной составляющих полной мощности, которые непосредственно сказываются на финансовых показателях деятельности предприятия или электромеханической системы.

Целью настоящей работы является выбор метода расчета активной и реактивной составляющих полной мощности, практическая реализация блоков измерения мощности и проверка адекватности работы полученных измерительных блоков.