УДК 621.34: 303.094.7

Г.А. ЭМ, ст. преподаватель (КарГТУ)
В.В. КАВЕРИН, к.т.н., доцент (КарГТУ)
г. Караганда

К ВОПРОСУ О ВОСТРЕБОВАННОСТИ УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Характерной тенденцией развития управляемых электроприводов в последние годы является активное внедрение систем регулируемого электропривода переменного тока для различных приложений. Это связано с освоением промышленного производства силовых интеллектуальных модулей (IPM) с набором IGBT-транзисторов и выпуском для управления двигателями специализированных DSP-микроконтроллеров, что привело к доминированию на рынке относительно дешевых преобразователей частоты для двигателей переменного тока. Такие системы обеспечивают высокое быстродействие и точность, широкую полосу пропускания, а так же развитые интерфейсные возможности, в том числе встроенные стандартные коммуникационные протоколы [1].

На базе систем векторного управления разработан ряд приводов с прямым цифровым управлением моментом. Для них характерно высокое быстродействие контуров тока, реализованных, как правило, на базе цифровых релейных регуляторов или регуляторов, работающих на принципах нечеткой логики.

Существует тенденция расширения границ применения полностью управляемых приборов (транзисторов мощностью до 3÷5 МВт, тиристоров мощностью до 5÷20 МВт); распространяются методы широтно-импульсной модуляции (ШИМ); преобразователи выполняются на единой конструктивной основе, в том числе на базе интеллектуальных силовых модулей [2].

В настоящее время в промышленности наблюдается тотальная замена приводов постоянного тока на частотно-регулируемые асинхронные электроприводы. Этот процесс особенно активизировался с появлением ШИМ-преобразователей частоты, которые позволили производить модернизацию электроприводов с небольшим диапазоном регулирования скорости без замены общепромышленных асинхронных электродвигателей. Повышение мощности преобразователей частоты обеспечило возможности эффективного внедрения энергосберегающих регулируемых асинхронных электроприводов в трубопроводном транспорте, вентиляторах и

компрессорах. В связи с бурным прогрессом в этом направлении появилось мнение, что будущего у привода постоянного тока нет.

Безусловно, во многих случаях замену электропривода постоянного тока на современный частотно-управляемый привод переменного тока можно считать оправданной.

Однако нам представляется, что позиции управляемого электропривода постоянного тока для ряда приложений сохранятся еще длительное время. В первую очередь, это относится к агрегатам и машинам с тяжелыми условиями эксплуатации, работающим с постоянными динамическими перегрузками или ударными нагрузками, для которых работа на упор является не аварийным, а рабочим режимом.

Подобные условия характерны, в частности, для приводов прокатных станов, буровых установок и станков, экскаваторов, шахтных подъемных установок, кранового хозяйства, угледобывающих комбайнов и др. [3,4].

Электроприводы переменного тока с векторным управлением формируют экскаваторные механические характеристики, аналогичные характеристикам электроприводов постоянного тока. Но перегрузочная способность электрических машин постоянного тока на 50-70 % превышает перегрузочную способность машин переменного тока. Эта особенность не связана с характеристиками преобразователей и систем регулирования, а определяется свойствами самого асинхронного электродвигателя, который обладает меньшей перегрузочной способностью, чем электродвигатель постоянного тока. Кратность пускового тока в приводах переменного тока по отношению к моменту превышает аналогичное отношение в приводах постоянного тока в 2-3 раза, соответственно нагрев асинхронных двигателей больше. Ротор асинхронного двигателя выполняется из алюминия, а якорь в машине постоянного тока – из меди. Допустимая температура нагрева якоря (медь) значительно выше, чем допустимая температура нагрева ротора (алюминий), а скорость нагрева меньше, отсюда длительность работы в зоне перегрузок и допустимая амплитуда перегрузок больше. В режимах постоянных перегрузок работают станы горячей прокатки металла, экскаваторы, конвейеры горного производства и т.п.

Различия в конструкциях двигателей постоянного и переменного тока, способы формирования магнитного потока и рассеивания потерь мощности обуславливают также различия в размерах и величинах момента инерции ротора при одном и том же номинальном моменте вращения двигателя. Двигатели постоянного тока имеют значительно меньшую высоту оси вращения и массу ротора, по сравнению с асинхронными двигателями и, следовательно, обладают более низким моментом инерции ротора, что является существенным преимуществом для применения в

высокодинамичных электроприводах, а также при необходимости обеспечения реверса в четырехквадрантных приводах [4,5].

В серийно выпускаемых асинхронных машинах обычно используемая самовентиляция (около 90 % регулируемых приводов мощностью до 250 кВт) не является эффективной во всем диапазоне скоростей. Так, на низких скоростях отвод тепла в них практически невозможен. В то же время в двигателях постоянного тока традиционно применяемая независимая вентиляция (около 85 % регулируемых приводов до 250 кВт) гарантирует хороший отвод тепла от ротора двигателя постоянного тока во всем диапазоне скоростей [6].

Анализ рабочих характеристик рассматриваемых классов электрических машин показывает, что двигатель постоянного тока выгоднее асинхронного при продолжительной работе на низких скоростях и для широкого диапазона скоростей при постоянной мощности.

Обычно одним из аргументов, приводимых в качестве недостатков электроприводов постоянного тока, является наличие щеток. Однако ресурс щеток серийно выпускаемых в настоящее время двигателей постоянного тока составляет, благодаря современному коллекторному узлу, углеродистым щеткам и оптимизированному полю возбуждения, 7000÷12000 часов. При этом, в зависимости от условий эксплуатации, интервал замены смазки в двигателях постоянного и переменного тока практически соизмерим с ресурсом щеток коллекторного узла машины постоянного тока.

В связи с тем, что стоимость полной модернизации мощных электроприводов велика, причем большая часть затрат связана с заменой электродвигателей и коммутационной аппаратуры, то наибольшее распространение в промышленности получила частичная или поэтапная модернизация.

Характерным примером является реконструкция мощных тиристорных электроприводов постоянного тока выпуска 70-80 гг. для шахтных подъемных машин по технологии первого уровня модернизации [7]. При этом, производится замена электронной и управляющей частей преобразователя и электропривода. Дорогостоящая силовая часть преобразователя (трансформатор, дроссели, тиристоры, быстродействующие выключатели и шины) остаются без изменения. Такая технология позволила значительно сократить стоимость модернизации и сроки ввода в эксплуатацию. В процессе модернизации производится замена аналоговых систем управления якорной цепью и обмоткой возбуждения, а также систем управления, защиты и сигнализации на цифровые на базе микропроцессорных модулей.

Отметим, что существующий парк карьерных экскаваторов СНГ, за небольшим исключением, оснащен электроприводами постоянного тока,

преимущественно по системе Г-Д с тиристорными возбудителями генераторов основных механизмов экскаваторов. Несмотря на низкий КПД система показала хорошую электромагнитную совместимость с сетью: мощность тиристорных возбудителей не превышает 3÷5 % от мощности двигателей и практического влияния на сеть они не оказывают [8].

Интерес представляют также разработки новых систем электроприводов постоянного тока по системе «неуправляемый выпрямитель – широтно-импульсный преобразователь» с высокой частотой модуляции на базе IGBT-транзисторов [9]. Применение такой системы практически исключает режимы прерывистых токов, улучшает энергетические характеристики электроприводов, улучшает электромагнитную совместимость с сетями, расширяет диапазоны регулирования по скорости, значительно уменьшаются малые нескомпенсированные постоянные времени электродвигателей, что повышает быстродействие и уменьшает перерегулирование электропривода в переходных процессах. Такие системы электропривода имеют большие перспективы в качестве быстродействующих электроприводов с большими диапазонами регулирования скорости.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что для высокодинамичных электроприводов агрегатов и машин с тяжелыми условиями эксплуатации, работающих с постоянными динамическими перегрузками или ударными нагрузками, для которых работа на упор является не аварийным, а рабочим режимом, как в настоящее время, так и в будущем будут востребованы системы управляемого электропривода постоянного тока.

Список литературы:

11. Глазунов В.Ф., Лебедев С.К., Гнездов Н.Е. Разработка и исследование многодвигательных систем электроприводов переменного тока с нежесткой механикой. Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина // Вестник ИГЭУ. – 2005. – Вып. 3. – С. 6-11.

22. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. – М.: Академия, 2004. – 576 с.

33. Брейдо И.В. Влияние реальных условий эксплуатации на структуру и параметры управляемых электроприводов нестационарных горных машин // Изв. вузов. Горный журнал. – 1993. – № 8. – С. 116-119.

44. Эм Г.А. Анализ генераторных режимов работы и схемотехнических решений силовых преобразователей тиристорного электропривода постоянного тока горных машин и механизмов // Изв. вузов. Электромеханика. – 2013. – № 3. – С. 57-60.

55. Брейдо И.В., Эм Г.А. Рациональные области применения различных систем управляемого электропривода // Системный анализ, управление и обработка информации: Труды 4-го Международного семинара / Под общ. ред. Р.А. Нейдорфа. – Ростов-н/Д: Изд. центр Донск. гос. техн. ун-та, 2013. – С. 13-16.

66. Токарев Б.Ф. Электрические машины. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.

77. Тетяев Е.Ф., Третьяков С.М., Романов В.В. Реконструкция электроприводов подъёмных шахтных установок // Проблемы карьерного транспорта. Материалы XI Международной научно-практической конференции (12-14 октября 2011 г.). – Екатеринбург, 2011. – С. 197-199.

88. Ключев В.И., Микитченко А.Я., Сафошин В.В. Модульные тиристорные преобразователи для тяжелых условий эксплуатации // Приводная техника. – 1997. – №3. – С. 33-34.

9. Каверин В.В. Регулировочные характеристики электропривода постоянного тока в режиме динамического торможения // Приводная техника. – 2010. – № 5. – С. 59-62.