

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В ОБОРУДОВАНИИ ПРОКАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Ягопольский А.Г.¹, Комкова Т.Ю.¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Москва, Россия (105005, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1), e-mail: tkomkova@list.ru

В данной статье рассмотрены особенности применения современного электропривода в оборудовании прокатных комплексов. Показано, что современный автоматизированный электропривод – это сложные динамические системы, состоящие из линейных и нелинейных элементов, обеспечивающих в своем взаимодействии разнообразные статические и динамические характеристики. Показаны достоинства и недостатки применяемых электродвигателей, таких как: асинхронный, синхронный, двигатель постоянного тока. Проанализированы особенности электропривода современных прокатных станков, а также требования, предъявляемые к этим электроприводам. Показаны пути совершенствования и расширения функциональных возможностей электропривода с помощью адаптивного управления на микропроцессорной основе. Сделан вывод о том, что применение микропроцессоров позволяет создать новые системы управления электроприводом технологических машин.

Ключевые слова: электропривод, асинхронный двигатель, синхронный двигатель, двигатель постоянного тока, диапазон регулирования, технологическая машина, прокатный стан, полупроводниковая техника, микропроцессоры

FEATURES OF APPLICATION OF MODERN ELECTRICAL DRIVES IN ROLLING MILLS EQUIPMENT

Yagopolskiy A.G.¹, Komkova T.Y.¹

¹Federal budget-funded institution Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow, Russia (105005, Vtoraya Baumanskaya St., 5, Bld. 1), e-mail: tkomkova@list.ru

This article describes the features of application of modern electrical drives in rolling mills. It is shown that modern automated electric drive this complex dynamic system consisting of linear and non-linear elements in their interaction provide a variety of static and dynamic characteristics. Advantages and disadvantages of using a motor such as asynchronous, synchronous, DC motor have been shown. The features of modern electric rolling machine and the demands placed on these electric drives. The ways to improve and extend the functionality of the drive paths using adaptive control based on microprocessor. It is concluded that the use of microprocessors allows you to create a new system of electric drive control of technological machines.

Keywords: electric drive, asynchronous motor, synchronous motor, direct current motor, range of adjustment, technological machine, rolling mill, semi-conductor, microprocessor engineering

Основным средством механизации любой технологической машины (металлорежущего станка, прокатного стана, кузнечно-штамповочного оборудования, литейно-формовочной машины и пр.) служит привод. Приводом называется устройство, приводящее в движение исполнительный механизм машины. Приводы бывают пневматические, гидравлические и электрические. Все они имеют свои плюсы и минусы. Привод состоит из двигателя, передаточных устройств и системы управления.

Технологическая машина может быть оснащена различными типами (видами) приводов в зависимости от степени выполняемых функций, и количество этих приводов может быть различным. В металлорежущих станках, прокатных станах, кузнечно-

штамповочном оборудовании, литейно-формовочных машинах наряду с другими типами приводов в основном используются электроприводы с асинхронными, синхронными электродвигателями переменного тока, а также двигатели постоянного тока (ДПТ). Современные автоматизированные электроприводы представляют собой сложные динамические системы, включающие в себя различные линейные и нелинейные элементы (двигатели, измерительные преобразователи, усилители и иные элементы), обеспечивающие в своем взаимодействии разнообразные статические и динамические характеристики [1].

Тенденции развития электропривода отражают как общие направления развития электротехники и электроники, так и особенности конструкции данной технологической машины, поэтому задачи анализа, выбора, расчета и проектирования подобных систем приобретают большое значение.

Достоинства и недостатки электродвигателей, применяемых в технологическом металлургическом оборудовании

Асинхронные двигатели – наиболее распространенный вид электрических машин, потребляющих в настоящее время около 40% всей вырабатываемой электроэнергии. Асинхронный двигатель имеет такие позитивные качества, как простота конструкции, простота эксплуатации, высокая надежность и способность к перегрузкам, отсутствие щеточно-коллекторного узла. Благодаря этим свойствам асинхронный двигатель широко применяется в промышленности для привода металлорежущих станков, прокатных станов, кузнечно-штамповочного оборудования, литейно-формовочных машин, а также сельскохозяйственных машин различного назначения [4]. Однако управление частотой вращения асинхронного двигателя в широком диапазоне значительно сложнее, чем двигателя постоянного тока (ДПТ). Это ограничивает применение асинхронных двигателей в тех случаях, когда необходимо изменять частоту вращения двигателя в широких пределах. Однако в связи с быстрым развитием силовой электроники и появлением современных транзисторов MASFET и IGBT возросло применение асинхронных двигателей с частотным регулированием скорости.

Синхронные двигатели также применяются в технологических машинах. В конструкции синхронных двигателей различают две основные части – статор и ротор. Статор двигателя имеет конструкцию, аналогичную статору асинхронного двигателя. Ротор синхронного двигателя в настоящее время изготавливается с применением редкоземельных магнитов [4]. Преимущество синхронных электродвигателей: сохранение постоянства числа оборотов при различных нагрузках. К недостаткам синхронных электродвигателей можно отнести выпадение из синхронизма при перегрузке и сложность системы управления.

Двигатели постоянного тока (ДПТ) имеют более простую систему управления, чем асинхронные и синхронные двигатели. В конструкции ДПТ применяются подшипники скольжения с комбинированной (кольцевой и принудительной проточной) системой смазки. Вентиляция ДПТ принудительная, осуществляется по замкнутому или разомкнутому циклу. К прочим преимуществам ДПТ следует отнести следующее: возможность плавно и в широких пределах регулировать частоту вращения; значительный пусковой момент и одновременно незначительный пусковой ток; способность к перегрузкам. Самым главным недостатком ДПТ является ограниченный срок службы щеточно-коллекторного механизма из-за наличия скользящего контакта между щетками и коллектором, и искрение которого под нагрузкой делает проблематичной эксплуатацию этих двигателей во взрывоопасных помещениях. Этот главный недостаток уменьшает область применения ДПТ.

Поскольку ДПТ используются во многих областях промышленности, знание принципов работы и управления ими необходимо при проектировании и обслуживании автоматизированных технологических машин и промышленной робототехники. ДПТ работают на постоянном токе, и для их питания необходимы аккумуляторная батарея или выпрямитель. Управление двигателем осуществляется внешней электронной схемой, использующей твердотельные приборы типа транзисторов и тиристоров.

Особенности электропривода металлургического оборудования

Рассмотрим особенности электропривода металлургического оборудования. Современный прокатный стан представляет собой сложный комплекс механического и электрического оборудования. Основными элементами главной линии прокатного стана являются рабочие клетки (с индивидуальным или групповым электроприводом), передаточные механизмы и двигатель. Валки каждой рабочей клетки могут иметь общий или индивидуальный электроприводы. Так, например, на непрерывном широкополосном стане 2000 горячей прокатки установлено около 2000 электродвигателей [3].

Следовательно, электропривод прокатных станов может быть либо индивидуальным, где на каждую клетку имеется свой двигатель, либо групповым, где на несколько клеток установлен один двигатель с передачей крутящих моментов через распределительный редуктор, шестеренную клетку и шпиндели. В последнем случае один электродвигатель может обслуживать от двух до шести клеток и более. Следует отметить, что на современных непрерывных прокатных станах предусматривают, как правило, индивидуальные электродвигатели, в этом состоит их большое преимущество перед станами с групповым приводом. Наличие индивидуальных электродвигателей упрощает настройку стана за счет возможностей изменения чисел оборотов валков.

Правильный выбор типа и мощностей двигателей механизмов прокатных станов обеспечивает надежную и экономичную работу всего электропривода в целом. К электроприводу прокатных станов предъявляются высокие требования, связанные с особенностями работы привода этих станов.

К основным особенностям работы электропривода валков прокатного стана относятся:

- 1) большое число включений (до 1000 включений в час для реверсивных станов);
- 2) ударный характер нагрузки, превышающий номинальную нагрузку двигателей;
- 3) разгон и торможение двигателя с металлом в валках, обеспечение высокой производительности прокатных станов и пр.

В соответствии с вышеизложенными особенностями к электроприводу предъявляются следующие требования:

- 1) широкие пределы регулирования скорости;
- 2) высокая перегрузочная способность по моменту;
- 3) повышенная эксплуатационная надежность;
- 4) минимальный маховый момент;
- 5) максимальный пусковой момент;
- 6) жесткие механические характеристики и пр.

На основании требований, предъявляемых к электроприводу, производится выбор типа электродвигателя. ДПТ с независимым возбуждением имеют: широкие пределы регулирования, большую перегрузочную способность, высокий КПД, минимальный маховый момент и высокую надежность. Поэтому для привода валков прокатных станов применяют в основном ДПТ с независимым возбуждением.

В реверсионных прокатных станах горячей прокатки (блужингах, слябингах, толстолистовых станах) привод должен иметь минимальное время переходных процессов при передаче крутящего момента [2]. Для ДПТ главных приводов таких станов характерен режим с очень малой продолжительностью включения. Для достижения оптимальной производительности стремятся вести прокатку во время первых проходов с максимально возможными обжатиями. Когда сечение прокатываемого металла становится меньше, обжатие следует уменьшить. В связи с этим для сокращения длительности проходов повышают скорость прокатки, поэтому ДПТ должен обладать большой перегрузочной способностью во всем диапазоне частот вращения, способностью быстрого регулирования частоты вращения в большом диапазоне с малыми потерями в обоих направлениях.

Для привода неререверсионных регулируемых прокатных станов применяются ДПТ с регулированием скорости изменением тока возбуждения.

Основные требования, предъявляемые к ДПТ для одноклетьевых станов холодной прокатки, – пониженный момент инерции якоря и большой диапазон регулирования частоты вращения ослаблением поля. Выбор ДПТ прокатной клетки производят по требуемым характеристикам момента и скорости прокатки [6].

Совершенствование электропривода и полупроводниковой элементной базы тесно связано с развитием полупроводниковой техники, являющейся базой для создания силовых преобразователей и схем управления. Происходит непрерывное улучшение технических характеристик тиристоров, которые являются основным силовым элементом электропривода, но обладают ограниченным управлением. Создаются более перспективные, полностью управляемые транзисторные силовые преобразователи. Повышение степени интеграции полупроводниковых устройств выражается в создании силовых полупроводниковых модулей, что позволяет повысить надежность преобразователя, уменьшить его размеры и упростить монтаж.

Важным направлением развития элементной базы является создание специализированных интегральных схем для системы управления приводом. Такие схемы включают в себя устройства управления силовыми тиристорами, регуляторы привода, блоки токоограничения и др.

Для расширения функциональных возможностей электропривода важным направлением является адаптивное управление, повышающее производительность и точность обработки [5]. В системах адаптивного управления обычно стабилизируют один из параметров технологического процесса, например силовой фактор (сила, момент). При этом скорость привода подачи регулируется так, чтобы поддерживать заданный режим работы главного привода. В более сложных системах управления изменяют одновременно скорости главного привода и привода подачи. При этом достигается максимум некоторого показателя эффективности с учетом ограничений, например, по жесткости конструкции технологической машины и др.

Выводы

Современный электропривод может быть осуществлен только на микропроцессорной основе. Электропривод с микропроцессорным управлением характеризуется повышенной точностью, отсутствием дрейфа нуля усилителей, гибкостью системы управления, универсальностью и простотой сопряжения с управляющей вычислительной машиной, высокой надежностью и возможностью диагностики.

Однако на пути создания цифровых электроприводов возникают трудности, связанные с недостаточным быстродействием микропроцессоров. Преодолеть их можно как путем использования более быстродействующих устройств, так и путем перехода на

многопроцессорные системы с параллельной обработкой информации. Применение микропроцессоров позволяет создать новые системы управления электроприводом технологических машин.

Список литературы

1. Джеймс А. Рег, Гленн Дж. Сартори. Промышленная электроника. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 1136 с.
2. Соколова О.В., Комкова Т.Ю. Современный способ производства точных заготовок для колец подшипников // Производство проката. — 2013. — № 3. — С. 23–24.
3. Соколова О.В., Комкова Т.Ю. Способ и оборудование для производства многореберных труб // Производство проката. — 2013. — № 1. — С. 20–22.
4. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. — М.: Академия, 2006. — 272 с.
5. Цибизова Т.Ю., Гузева Т.А. Системы автоматического управления технологическими процессами отверждения изделий из полимерных композитов // Клеи. Герметики. Технологии. — 2015. — № 5. — С. 35–40.
6. Ягопольский А.Г., Комкова Т.Ю., Миронова М.О. Методы и оборудование для механической обработки кромок металлопроката для сварных труб // Производство проката. — 2014. — № 6. — С. 8–11.

Рецензенты:

Волчкевич И.Л., д.т.н., профессор, декан факультета «Машиностроительные технологии», МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва;

Ступников В.П., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технологии обработки материалов», МГТУ им. Н.Э. Баумана», г. Москва.