

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Рассматриваются направления и пути развития современного автоматизированного электропривода постоянного и переменного тока различной мощности.



Можно гордиться тем, что российские ученые не только были пионерами в практике создания электроприводов еще в первой половине XIX века, но и в формировании основ и фундаментальных положений этой науки в последней четверти XIX и первой четверти XX века. Большинство из них работало в Петербурге

и Ленинграде.

Упомянем лишь некоторые важнейшие вехи из этой, не столь уж давней, истории и имена наших соотечественников. Наибольший вклад в новую науку внесли профессора С.А. Ринкевич (1886-1955) (СПбГЭТУ) и В.К. Попов (1895-1948) (СПбГТУ) в 20-30-е годы XX века. Они же основатели первые кафедры в упомянутых институтах, соответственно в 1922 и 1930 годах.

Современный электропривод представляет собой конструктивное единство электромеханического преобразователя энергии (двигателя), силового преобразователя и устройства управления. Он обеспечивает преобразование электрической энергии в механическую в соответствии с алгоритмом работы технологической установки. Сфера применения электрического привода в промышленности, на транспорте и в быту постоянно расширяется. В настоящее время уже более 60 % всей вырабатываемой в мире электрической энергии потребляется электрическими двигателями. Следовательно, эффективность энергосберегающих технологий в значительной мере определяется эффективностью электропривода. Разработка высокопроизводительных, компактных и экономичных систем привода является приоритетным направлением развития современной техники.

Последнее десятилетие уходящего века ознаменовалось значительными успехами силовой электроники — было освоено промышленное производство биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), силовых модулей на их основе (стойки и целые инверторы), а также силовых интеллектуальных модулей (IPM) с встроенными средствами защиты ключей и интерфейсами для непосредственного подключения к микропроцессорным системам управления. Рост степени интеграции в микропроцессорной технике и переход от микропроцессоров к микроконтроллерам с встроенным набором специализированных периферийных устройств, сделали необратимой тенденцию массовой замены аналоговых систем управления приводами на системы прямого цифрового управления.

Анализ продукции ведущих мировых производителей систем привода и материалов опубликованных научных исследований в этой области позволяет отметить следующие ярко выраженные тенденции развития электропривода:

Неуклонно снижается доля приводов с двигателями постоянного тока и увеличивается количество приводов с двигателями переменного тока. Это связано с низкой надежностью механического коллектора и более высокой стоимостью коллекторных двигателей постоянного тока по сравнению с двигателями переменного тока. По прогнозам специалистов в начале следующего века доля приводов постоянного тока сократится до 10 % от общего числа приводов.

Преимущественное применение в настоящее время имеют привода с короткозамкнутыми асинхронными двигателями. Большинство таких приводов (около 80 %) — нерегулируемые. В связи с резким удешевлением статических преобразователей частоты доля частотно - регулируемых асинхронных электроприводов быстро увеличивается.

Естественной альтернативой коллекторным приводам постоянного тока являются приводы с вентильными, т. е. электронно-коммутируемыми двигателями. В качестве исполнительных бесколлекторных двигателей постоянного тока (БДПТ) преимущественное

применение получили синхронные двигатели с возбуждением от постоянных магнитов или с электромагнитным возбуждением (для больших мощностей). Этот тип приводов наиболее перспективен для станкостроения и робототехники, однако, является самым дорогостоящим. Некоторого снижения стоимости можно добиться при использовании синхронного реактивного двигателя в качестве исполнительного.

Приводом следующего века по прогнозам большинства специалистов станет привод на основе вентильно-индукторного двигателя (ВИД). Двигатели этого типа просты в изготовлении, технологичны и дешевы. Они имеют пассивный ферромагнитный ротор без каких-либо обмоток или магнитов. Вместе с тем, высокие потребительские свойства привода могут быть обеспечены только при применении мощной микропроцессорной системы управления в сочетании с современной силовой электроникой. Усилия многих разработчиков в мире сконцентрированы в этой области. Для типовых применений перспективны индукторные двигатели с самовозбуждением, а для тяговых приводов — индукторные двигатели с независимым возбуждением со стороны статора. В последнем случае появляется возможность двухзонного регулирования скорости по аналогии с обычными приводами постоянного тока.

Для большинства массовых применений приводов (насосы, вентиляторы, конвейеры, компрессоры и т.д.) требуется относительно небольшой диапазон регулирования скорости (до 1:10, 1:20) и относительно низкое быстродействие. При этом целесообразно использовать классические структуры скалярного управления. Переход к широкодиапазонным (до 1:10000) быстродействующим приводам станков, роботов и транспортных средств, требует применения более сложных структур векторного управления. Доля таких приводов составляет сейчас около 5 % от общего числа и постоянно растет.

В последнее время на базе систем векторного управления разработан ряд приводов с прямым цифровым управлением моментом. Отличительной особенностью этих решений является предельно высокое быстродействие контуров тока, реализованных, как правило, на базе цифровых релейных регуляторов или регуляторов, работающих на принципах нечеткой логики. Системы прямого цифрового управления моментом ориентированы в первую очередь на транспорт, на использование в кранах, лифтах, робототехнике.

Усложнение структур управления приводами потребовало резкого увеличения производительности центрального процессора и перехода к специализированным процессорам с объектно-ориентированной системой команд, адаптированной к решению задач цифрового регулирования в реальном времени.

Рост вычислительных возможностей встроенных систем управления приводами сопровождается расширением их функций. Кроме прямого цифрового управления силовым преобразователем, реализуются дополнительные функции поддержки интерфейса с пользователем (через пульт оперативного управления), а также управления технологическим процессом.

В состав системы управления входят: универсальный регулятор технологической переменной, а также генератор управляющих воздействий на базе часов реального времени. Такое решение позволяет поддерживать давление в трубопроводе на заданном, в соответствии с суточной циклограммой, уровне исключительно средствами электропривода, без использования промконтроллеров.

Перспективные системы управления электроприводами разрабатываются с ориентацией на комплексную автоматизацию технологических процессов и согласованную работу нескольких приводов в составе промышленной сети.

Стремление предельно удешевить привод, особенно для массовых применений в бытовой технике (пылесосы, стиральные машины, холодильники, кондиционеры и т. д.), привело к отказу от датчиков механических переменных и переходу к системам бездатчикового управления, где для оценки механических координат привода (положения, скорости, ускорения) используются специальные цифровые наблюдатели. Это возможно только при высокой производительности центрального процессора, когда система дифференциальных уравнений, описывающих поведение привода, может быть решена в реальном масштабе времени.

Возросшие возможности микропроцессорной техники привели к тому, что при массовом производстве изделий с объемом выпуска не менее 10000 штук в год, оказывается возможным и экономически целесообразным создание мощных однокристалльных систем управления

приводами на базе DSP - микроконтроллеров. Их стоимость при ограниченных интерфейсных функциях не будет превышать \$10 - 20.

Основные затраты при разработке систем управления приводами будет приходиться уже не на создание аппаратной части контроллера, а на разработку алгоритмического и программного обеспечения. Поэтому роль специалистов в области теории электропривода существенно возрастает.

*А.М. МАРКОВ, Т.А. МАРКОВА*

## СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЛИФТОВ

Рассмотрены основные эксплуатационные характеристики и перспективы развития электрических и гидравлических пассажирских и грузовых лифтов зарубежного производства.



Характерной чертой развития лифтостроения в современных условиях является непрерывное совершенствование технологических процессов изготовления узлов лифтового оборудования. Совершенная технологическая база и оптимизированная система организации труда становится гарантом качества производства лифтов. Высокоэффективные технологии и современные научно-технические достижения служат основой дальнейшего совершенствования конструкции лифтов с электрическим или гидравлическим приводом.

Лидирующую роль в развитии лифтовой отрасли играют фирмы Otis, Tissen, Shindler, Kone. Исключение пока составляют Россия и страны СНГ в связи с условиями, сложившимися в результате коренной ломки старой экономической системы и разрушением исторически сложившихся связей.

В странах Европы, Америки и Юго-восточной Азии сложилась благоприятная обстановка для дальнейшего прогресса в области лифтостроения. Особое внимание при этом традиционно уделяется вопросам безопасности и экономии полезного объема зданий при размещении лифтового оборудования. Эта проблема была успешно решена за счет размещения скоростных лифтов без машинных помещений в вертикальных углублениях наружных стен здания. При этом доля полезного объема высотных зданий увеличивается на 20 - 30 %.

Лидером в практической реализации подобной конструкции **электрических лифтов** стала фирма Kone (Finland), которая ещё в 1966 году представила модель MonoSpace с малогабаритной безредукторной лебедкой EcoDisc [1].

Безредукторный электропривод EcoDisc был спроектирован на основе специального дискового синхронного двигателя с системой возбуждения на постоянных магнитах (рис. 1).



Рис. 1. Электропривод EcoDisc

Лебедка рассчитана на лифт с полиспастной подвеской кабины грузоподъемностью 630 кг и скоростью движения 1 м/с. Канатоведущий шкив диаметром 400 мм выполнен как часть литой конструкции, включающей тормозной шкив большого диаметра, внутренняя часть которого играет роль ротора с закрепленными на его торцевой поверхности постоянными магнитами. С задней внутренней стороны ротора размещается многополюсная обмотка статора, установленная на неподвижной раме лебедки. Применение дисковой конструкции ротора большого диаметра и многополюсного статора позволило создать тихоходный двигатель с числом оборотов 80-100 об/мин. при достаточной величине крутящего момента и КПД около 90%. Лебедка