

Новые средства энергосбережения и оптимизации энергопотребления

В статье представлены новые серии устройств, которые выпускает ООО «ЭЛПРИ», (Чебоксары). Устройства предназначены для обеспечения энергоэффективной работы промышленных и коммунальных объектов.

Виктор Степанов

secret@elpry.cbх.ru

Владимир Матисон

matison@elpry.cbх.ru

Анатолий Виноградов Андрей Сибирцев

vector@drive.ispu.ru

Александр Лавров

lavrov@elpry.cbх.ru

Павел Бахарев

bakharev@elpry.cbх.ru

Александр Прокудин

lab@elpry.cbх.ru

Более 50% электроэнергии, производимой во всем мире, потребляет электропривод. И неудивительно, что все больше внимания уделяется возможностям энергосбережения средствами электропривода. При этом основные усилия сосредотачиваются в области управления двигателями переменного тока, поскольку до недавнего времени регулирование скорости подобных двигателей было достаточно сложным, и только бурное развитие силовой электроники и микропроцессорной техники позволило разработчикам и производителям реализовать удобные в эксплуатации преобразователи частоты. В мире постоянно растет число компаний, выпускающих данные преобразователи. Однако за исключением некоторых специальных возможностей, требующихся в достаточно узком круге применений, преобразователи различных фирм-производителей отличаются главным образом конструктивными решениями. В таких условиях на первое место выходят стабильность технологии, обеспечивающая качество преобразователей и надежность их работы, рентабельность производства, необходимая для поддержания конкурентоспособных цен, широта номенклатуры, позволяющая предоставлять потребителям комплексные решения из одних рук, и высокий уровень технической поддержки потребителей в течение всего жизненного цикла поставленной им продукции. По этим показателям ООО «ЭЛПРИ», дочернее предприятие Чебоксарского электроаппаратного завода по выпуску электроприводов и систем управления на их основе, уже в течение многих лет входит в число ведущих предприятий России.

Более 30 лет ООО «ЭЛПРИ» известно в нашей стране своими тиристорными электроприводами постоянного тока, диапазон номинальных токов которых в последнее время расширился до 2500 А. С 1998 года в номенклатуре продукции ООО «ЭЛПРИ» появились устройства управления двигателями переменного тока — сначала тиристорные устройства плавного пуска, а затем и преобразователи частоты на IGBT-модулях с прямым цифровым управлением. Устройства были разработаны как собственными силами конструкторских служб предприятия, так и в сотрудничестве с ведущими научными коллективами страны, и в первую очередь с НИЛ «ВЕКТОР» Ивановского государственного энергетического университета.



Рис. 1. Устройства плавного пуска серии УПП1

Сегодня ООО «ЭЛПРИ» выпускает цифровые устройства управления двигателями переменного тока, принадлежащие ко второму поколению, в составе которого устройства плавного пуска асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором мощностью до 800 кВт серии УПП1 (рис. 1) и преобразователи частоты для регулирования скорости асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором мощностью до 250 кВт и синхронных электродвигателей с постоянными магнитами с номинальными моментами до 47 Нм серии ЭПВ (рис. 2). Хотя еще поддерживается и выпуск преобразователей частоты первого поколения серии АПЧ (рис. 3), имеющих ряд специальных исполнений, например для управления насосной станцией, располагающей несколькими насосными агрегатами.

Если устройства первого поколения известны довольно широко, то о возможностях новых изделий ООО «ЭЛПРИ» следует рассказать подробнее.

Системы управления всех преобразователей серии и комплектных электроприводов серии ЭПВ (рис. 2) реализованы на основе нового универсального микроконтроллерного ядра. По сравнению с серией преобразователей частоты АПЧ это позволило существенно расширить область их применения, включив объекты, требующие использования быстродействующего широкодиапазонного электропривода переменного тока, электропривода с высоким качеством двухстороннего обмена



Рис. 2. Преобразователи частоты серии ЭПВ

энергией с питающей сетью, а также высококачественного бездатчикового электропривода. Преобразователи частоты серии ЭПВ и электроприводы на их основе характеризуются:

- высоким качеством регулирования скорости в широком диапазоне;
- широким набором возможностей и специальных режимов:
 - наличием режима адаптации к изменению активных сопротивлений двигателя, обеспечивающего независимость характеристик привода от изменения температуры статора и ротора;
 - автоматической самонастройкой электропривода на заданные динамические характеристики (время регулирования, полоса пропускания контура скорости, вид переходного процесса), с возможностью последующей точной подстройки в ручном режиме с помощью тестовых входных сигналов и настроечных рекомендаций;
 - расширенным числом параметров привода, определяемых в результате процедуры автонастройки и повышающих ее точность;
 - наличием режима автоматической фазировки датчика скорости/положения для исключения переключений при согласовании выходных сигналов с направлением вращения;
 - двумя встроенными коммуникационными портами (RS-232/485 и CAN) при поддержке стандартных протоколов связи (MODBUS и CAN-Open);
 - аппаратно или программно активизируемыми четырьмя независимыми наборами параметров; программируемой частотой модуляции (2–20 кГц);
 - широким набором аналоговых и цифровых входов/выходов с возможностью их перепрограммирования и наращивания путем подключения дополнительных модулей;
 - возможностью применения съемного пульта управления и работой вообще без пульта;
 - различными исполнениями интерфейсной платы для подключения датчиков скорости/положения с любыми типами

сигналов: импульсными, синусно-косинусными, резольверов;

- поставляемыми по спецзаказу дополнительными программными модулями для:
 - адаптации к изменению параметров механической части привода;
 - компенсации динамических неидеальностей силовых ключей преобразователей энергии, обеспечивающей минимизацию влияния этих эффектов на работу электропривода, на малых скоростях и при высоких частотах модуляции;
 - работы в режиме повышенного энергосбережения при случайном характере изменения нагрузки;
 - торможения постоянным током с фиксацией вала на нулевой скорости и эффективного торможения без отвода энергии в звено постоянного напряжения;
 - режима автоматического поиска уровня скорости и плавного вхождения в работу при включении привода с вращающимся валом двигателя;
 - программирования и настройки электропривода с помощью персонального компьютера;
 - позиционирования вала;
 - обновления программного обеспечения преобразователей самим пользователем;
 - встраивания электропривода в специфические технологические процессы

(управление многонасосной станцией, станции управления лифтами, управление механизмами с упругой механикой, управление натяжением намоточных механизмов, многодвигательный электропривод с согласованием по скорости, моменту или угловому положению и другие применения);

- режима предельной перегрузочной способности привода, позволяющего существенно повысить перегрузочную способность преобразователя по току без изменения типоразмера.

В состав серии преобразователей частоты ЭПВ входят:

- преобразователь для построения бездатчикового асинхронного электропривода мощностью 3–400 кВт, предназначенного для механизмов с диапазоном регулирования скорости до 50:1, не предъявляющих повышенных требований к быстродействию и точности регулирования скорости (насосы, вентиляторы, подъемно-транспортные средства и другие общепромышленные механизмы);
- преобразователь частоты мощностью 1–55 кВт с адаптивно-векторным управлением для построения высокоэффективных широкодиапазонных асинхронных и синхронных электроприводов, предназначенных для механизмов с повышенными требованиями к статическим и динамическим характеристикам (приводов главного движения и подач металлорежущих станков с диапазоном регулирования скорости от 1000 до 100 000 и полосой пропускания контура скорости до 100 Гц и более);
- преобразователь для построения векторного асинхронного и синхронного электропривода без датчика на валу двигателя, обеспечивающего высокие динамические характеристики в диапазоне регулирования скорости 100:1. Предназначен для механизмов, предъявляющих повышенные требования к динамике, у которых вследствие технологических особенностей установка датчика на вал двигателя не предусматривается (экструдеры, дробилки и другие механизмы химической и горнорудной промышленности, тяговые электроприводы транспортных средств);



Рис. 3. Преобразователи частоты серии АПЧ

- рекуперативный выпрямитель мощностью 15–55 кВт с векторной системой управления, предназначенный для применения в преобразователях со звеном постоянного напряжения, реализующих функцию свободного двунаправленного обмена энергией между питающей сетью и нагрузкой с высокими энергетическими характеристиками и показателями электромагнитной совместимости. Характеризуется синусоидальным сетевым током и регулируемым коэффициентом мощности, который может устанавливаться равным единице, а также «опережающим» или «отстающим». Область применения — электропривод механизмов, значительное время работающих в тормозных режимах: подъемно-транспортные механизмы (краны, лифты и т. д.), станки, работающие в режимах частых циклов разгон/торможение, механизмы с большими моментами инерции.

Основные характеристики преобразователей частоты серии ЭПВ

- Мощность 1–400 кВт.
- Напряжение питания: 380 В +10/–15%, 48–63 Гц.
- Рабочий диапазон частот: 0–400 Гц.
- Частота модуляции: программируется в диапазоне 2–20 кГц.
- Допустимая перегрузка по току с типовым двигателем: 1,5 в течение 30 сек, 2 в течение 5 сек;
- Диапазон регулирования скорости ЭП
 - с датчиком скорости > 10 000;
 - без датчика скорости > 50.
- Входы изолированные: аналоговые — 2 (4–20 мА), 2 (± 10 В); цифровые — 12 свободно программируемых; вход терморезистора двигателя; вход импульсного датчика скорости/положения с дублированием сигнала.
- Выходы изолированные программируемые: 2 канала ЦАП; 2 импульсных; 4 логических транзисторных; 2 релейных.
- Коммуникационные порты (изолированные): RS232/485 (протокол MODBUS); CAN (протокол CAN Open).

Устройства плавного пуска, как известно, являются хорошей недорогой альтернативой преобразователям частоты в тех случаях, когда по технологическому процессу не требуется регулирование скорости. Не стали исключением и устройства серии УПП. Характерный пример их применения — канализационно-насосные станции, в которых регулирование скорости не только не эффективно, но и просто вредно, так как стабилизация уровня в рабочем резервуаре, обеспечиваемая при регулировании скорости насосов, ведет к заливанию гидротехнического оборудования.

Микропроцессорная система управления устройств плавного пуска серии УПП решает все задачи управления, как тиристорным регулятором напряжения, так и технологическим процессом. Благодаря этому в устройствах серии УПП:

- отсутствует необходимость синхронизации фазировки системы управления и силовой части;
- максимально упрощена настройка параметров пуска и торможения со встроенного пульта управления или с помощью персонального компьютера с возможностью выбора из нескольких стандартных вариантов кривых пуска/торможения или создания собственной уникальной кривой;
- имеется исполнение с повышенным пусковым моментом и исключением ударов в электрической и механической частях электропривода;
- есть встроенные аппаратные и программные средства управления контактором, шунтирующим устройство после завершения пуска на все время установившегося режима вплоть до поступления команды на торможение;
- предусмотрен встроенный коммуникационный порт RS-485;
- предлагается широкий набор аналоговых и цифровых входов/выходов с возможностью их перепрограммирования;
- существуют встроенные аппаратные и программные средства для управления многодвигательными объектами и поддержания технологических параметров в заданных пределах;
- имеется режим повышенного энергосбережения при малых нагрузках;
- возможно раздельное управление напряжением по каждой фазе.

Основные характеристики устройств плавного пуска серии УПП

- Мощность 1–630 кВт.
 - Напряжение питания: 380 В +10/–15%, 48–63 Гц.
 - Допустимая перегрузка по току с типовым двигателем: 3 в течение 30 сек.
 - Входы изолированные: аналоговые и цифровые.
 - Выходы изолированные программируемые: релейные.
 - Коммуникационный порт (изолированный): RS-485. Кроме всего вышесказанного обе новые серии характеризуются:
 - улучшенными массогабаритными и энергетическими характеристиками;
 - более высокими показателями надежности, достигнутыми за счет повышения степени интеграции и показателей надежности отдельных компонентов;
 - большим набором входных и выходных сигналов и широкими функциями интерфейса;
 - наличием развитых функций программирования пользователем для решения разнообразных технологических задач;
 - наличием удешевленного бескорпусного исполнения для встраивания в шкафы управления.
- Являясь чисто российскими разработками, преобразователи серии ЭПВ и устройства плавного пуска серии УПП надежно функционируют в условиях существенных откло-



Рис. 4. Преобразователь частоты серии АПЧ-М

нений параметров качества питающего напряжения (форма, колебания, перекосы, импульсные помехи и прочее), не требуя обязательной установки дополнительных дорогостоящих фильтров. Однако там, где эти фильтры действительно необходимы по условиям электромагнитной совместимости оборудования, электроприводы комплектуются фильтрами, специально разработанными НИЛ «Вектор» и ООО «ЭЛПРИ». Подбор фильтров осуществляется в зависимости от условий эксплуатации при проектировании конкретных объектов.

В целом технические характеристики рассматриваемых устройств управления двигателями не уступают, а по ряду параметров и превосходят характеристики аналогов. При этом они являются одним из самых недорогих предложений на российском рынке — их цена в среднем на 15–50% меньше стоимости аналогов соответствующего технического уровня исполнения.

Не останавливаясь на достигнутом, конструкторские службы ООО «ЭЛПРИ» работают над расширением номенклатуры выпускаемых изделий. В результате сегодня осваиваются производством преобразователи частоты серии АПЧ-М (рис. 4), имеющие низкую стоимость и предназначенные для применения в бытовых устройствах, таких как, например, погружные насосы для водоподъема.

Качество всей продукции ООО «ЭЛПРИ» обеспечивается многими факторами, основными среди них являются:

- оптимальное использование комплектующих изделий и материалов, как отечественных, так и ведущих мировых производителей, среди которых ОАО «Электровыпрямитель», новосибирский завод «Интеграл», Кузнецкий завод конденсаторов, ОАО «Плескава», Semikron, Eupec, International Rectifier, Mitsubishi, Electronicon, Texas Instruments, Analog Devices, Atmel, Altera, Xilinx и многие другие фирмы;
- постоянная работа над совершенствованием технологии, направленная в первую очередь на внедрение средств исключения несоответствий и отклонений;
- применение современных средств моделирования систем, проектирования и анализа конструкций;
- сохранившаяся система испытаний продукции, включающая не только приемосдаточные испытания всей выпускаемой продукции под нагрузкой (что обеспечивается широким парком нагрузочных

агрегатов, которые имеются далеко не у всех предприятий, работающих на рынке регулируемых электроприводов), но и полномасштабные квалификационные (при запуске в производство), периодические (на случайно выбираемых со склада готовых изделий образцах) и типовые (при проведении существенных изменений конструкции или алгоритмов работы) испытания.

Наряду с устройствами управления двигателями на напряжение 0,4 кВ, ООО «ЭЛПРИ» в кооперации с головным заводом ОАО «ЧЭАЗ» выпускает и внедряет на объектах устройства плавного пуска двигателей переменного тока на напряжение 6–10 кВ.

Устройства управления электродвигателями переменного тока обеспечивают снижение удельного потребления электроэнергии на единицу выполняемой полезной работы до 30% за счет согласования режимов работы механизмов с изменением нагрузки. Эти устройства позволяют также расширить ограничение по числу пусков электродвигателей большой мощности до их тепловой характеристики, благодаря исключению динамических ударов в электрической и технологической частях электропривода. Таким образом, можно отключать двигатели при отсутствии нагрузки и пускать их при ее появлении, снижая потери электроэнергии, связанные с работой незагруженных двигателей. Весьма заметным эффектом от применения устройства управления электродвигателями переменного тока является повышение надежности работы технологического оборудования, достигаемое все тем же исключением динамических ударов.

Однако сами по себе устройства управления двигателями не реализуют энергоэффективное управление технологическим оборудованием. А потому наряду с их производством ООО «ЭЛПРИ» выполняет проектирование, разработку и поставку комплектных систем управления для самых разнообразных технологических объектов — это очень важно для сопровождения внедрения выпускаемой продукции и ее эксплуатации на конкретных технологических объектах. При выполнении таких работ применяются оригинальные методики технико-экономического анализа, способствующие выбору оптимального варианта построения систем управления; специальные опросные листы, сокращающие длительность подготовительного этапа проекта; а также многократно опробованные и хорошо зарекомендовавшие себя технические решения. К реализации проектов привлекаются специалисты, проектировавшие и эксплуатирующие объекты — подобная система помогает учесть все особенности каждого объекта. Накопленный в специализированном инжиниринговом подразделении ООО «ЭЛПРИ» опыт позволяет быстро, качественно и, что очень существенно для потребителей, недорого реализовывать высокоэффективные технические решения для самых различных технологических объектов. Среди них как достаточно типовые, например насосные станции систем водоснабжения и водоотведения или системы управления механизмами котельных и ТЭЦ, так и довольно уникальные, в числе которых можно назвать цветодинамические фонтаны, регуляторы электротермического оборудования, вспомогательные механизмы прокатных станков, испытательные стенды

авиационного и автомобильного оборудования и многие другие.

Все реализуемые ООО «ЭЛПРИ» проекты выполняются по полному циклу — от проектирования до поставки «под ключ». Это достигается не только стендовыми испытаниями устройств управления под нагрузкой на упомянутом парке нагрузочных агрегатов, но и шеф-монтажными и пусконаладочными работами на объекте, выполняемыми силами специалистов предприятия.

Высокие технические характеристики наряду с широкомасштабной технической поддержкой внедрения и эксплуатации (вплоть до изменения программного обеспечения для адаптации к специфическим уникальным требованиям) и эффективной системой обеспечения качества гарантируют успешное внедрение выпускаемых ООО «ЭЛПРИ» устройств управления двигателями переменного тока в самых различных применениях.

Литература

1. Виноградов А. Б., Чистосердов В. Л., Сибирцев А. Н., Монов Д. А. Асинхронный электропривод общепромышленного назначения с прямым цифровым управлением и развитыми интеллектуальными свойствами // Изв. вузов. Электромеханика. № 3'2001. С. 60–67.
2. Виноградов А. Б., Чистосердов В. Л., Сибирцев А. Н. и др. Новые серии многофункциональных векторных электроприводов переменного тока с универсальным микроконтроллерным ядром // Привод и управление. № 3'2002. С. 5–10.