

Третье поколение тульских электроприводов для атомных станций – серия ЭП4

В.А. Мозжечков, д.т.н., главный инженер ЗАО «ИТЦ «Привод»

Российское энергетическое оборудование и технологии, применяемые в рамках проекта АЭС-2006, являются одними из наиболее конкурентоспособных с точки зрения безопасности, надежности и себестоимости. Немаловажную роль в перечне оборудования, комплектующего АЭС нового поколения, занимает трубопроводная арматура и электроприводы. В данном сегменте российские производители на деле доказали свою состоятельность как изготовители надежной и функциональной продукции, отвечающей требованиям нормативных документов, действующих в атомной отрасли.

В этой связи обращает на себя внимание тот факт, что зачастую, при сопоставимых технических и ценовых параметрах, заказчиками оборудования, в том числе и трубопроводной арматуры, отдается предпочтение импортной продукции.

На наш взгляд, учитывая поручение правительства России о формировании единой концепции импортозамещения при реализации государственных инвестиционных программ, решение вопроса о предоставлении преференций отечественным производителям машиностроительного оборудования должно перейти от слов к делу.

Продукция завода Тулаэлектропривод для атомной энергетики

На протяжении десятилетий тульские электроприводы поставляются и успешно эксплуатируются на атомных станциях России, Украины, Чехии и Словакии, Болгарии и Финляндии, недавно введенной в эксплуатацию Тяньваньской АЭС в Китае и ряде других объектов. В настоящее время ЗАО «Тулаэлектропривод» осуществляет комплектацию электроприводами строящиеся по российским проектам АЭС в Иране и Индии.

Эксплуатация тульских приводов на практике доказала их высокую надежность, полное соответствие их характеристик и функциональных возможностей требованиям, нормам и правилам, принятым в области использования атомной энергии. Их высокая надежность сочетается с простотой обслуживания и сравнительно невысокой стоимостью.

Первоначально, до того как были официально сформулированы технические требования к электроприводам и арматуре АЭС, предприятие поставляло для нужд

атомной энергетики электроприводы в общепромышленном исполнении, разработанные Центральным конструкторским бюро арматуростроения.

Для обеспечения требований ОТТ-82 предприятием был освоен выпуск атомных многооборотных электроприводов с двусторонней муфтой в соответствии с ТУ 26-07-1143-85. На смену первому поколению электроприводов для АЭС, в связи с выходом ОТТ-87, конструкторами предприятия была разработана и поставлена на производство новая серия электроприводов многооборотных повышенной безопасности для атомных станций по ТУ 3791-006-05749406-2000, которые имели ряд существенных отличий и преимуществ.

В настоящее время строящиеся энергоблоки Калининской и Ростовской АЭС, АЭС Куданкулам (Индия) и Бущер (Иран), а также другие объекты атомной энергетики комплектуются именно этими приводами.

ЗАО «Тулаэлектропривод» продолжает совершенствовать модельный ряд выпускаемой продукции, обеспечивая ее конкурентоспособность по отношению к лучшим мировым образцам, учитывая современные тенденции развития электроприводов трубопроводной арматуры [1]. Это обстоятельство позволяет предприятию предлагать заказчикам различные варианты исполнений электроприводов для атомных станций в зависимости от требований заказчика.

Новая серия электроприводов для АЭС

В рамках утвержденных технической дирекцией концерна «Росэнергоатом» «Мероприятий по повышению надежности работы арматуры и электроприводов АЭС» от 30.03.2005 года, ЗАО «Тулаэлектропривод» разработало новую серию многооборотных электроприводов (условное обозначение серии – ЭП4, ТУ 3791-004-70780838-2007), охватывающую полный типоразмерный ряд исполнений для обслуживаемых помещений и для гермозоны АЭС (рис. 1-3), а также учитывающую современные требования, предъявляемые к оборудованию АЭС, изложенные в НП-068-05.

Отличительными особенностями электроприводов новой серии являются:



Рис. 1. Привод ЭП4 для АЭС 250 Нм, 45 об/мин, исполнение – для помещений

- расширенный ряд исполнений по крутящим моментам и частоте вращения выходного вала,
- усовершенствованные модули управления, обеспечивающие рост многообразия функций, реализуемых приводом, наличие «интеллектуальных» исполнений электроприводов,
- возможность интеграции приводов в современные системы АСУ,
- реализация функции диагностики привода и арматуры,
- управление регулирующей арматурой,
- повышенная степень защиты от проникновения пыли и воды,
- универсальное механическое присоединение,
- минимизация работ по техническому обслуживанию привода,
- увеличенный срок службы и повышенная надежность.

Расширенный ряд исполнений

Линейка типоразмеров ЭП4 обеспечивает возможность эффективного использования электродвигателей мощностью от 120 Вт до 20 кВт во всех вариантах исполнений (с механическим и с «интеллектуальным» модулями управления, для запорной и регулирующей арматуры, для помещений и для гермозоны АЭС). Верхний предел указанного диапазона мощностей больше, чем в выпускаемых в настоящее время ЗАО «Тулаэлектропривод» приводах для АС по ТУ 3791-006-0579406-2000, в которых он равен 9,5 кВт.

Максимальная мощность приводов ЭП4 для АС существенно больше, чем у приводов зарубежных производителей. В частности, она заметно больше, чем у приводов SA «для АЭС» германской фирмы Auma, а также приводов MOA чешской фирмы ЗПА «Печки», у которых верхний предел мощности двигателя не превышает 5,5 кВт и 3,7 кВт соответственно.

Электропривод ЭП4 способен вращать вал многооборотной арматуры, развивая, например, крутящий момент 8 000 Нм и частоту вращения 22 об/мин или крутящий

момент 12 000 Нм и частоту вращения 16 об/мин. Такие режимы недоступны названному выше зарубежным аналогам. При указанном крутящем моменте приводы SA «для АЭС» фирмы Auma будут вращать вал арматуры в 4 раза медленнее, приводы MOA фирмы ЗПА «Печки» не имеют исполнений, рассчитанных на указанные крутящие моменты.

Указанное преимущество, во-первых, расширяет номенклатуру технологических процессов, автоматизация которых становится возможной с применением электроприводов ЭП4, и, во-вторых, позволяет иметь надежный запас при реализации процессов управления с высокой потребляемой мощностью.

Усовершенствованные модули управления

В приводах серии ЭП4 для АЭС наряду с традиционным электромеханическим блоком управления (механическим блоком концевых выключателей – МБКВ) могут применяться электронные модули управления. Это либо электронный блок концевых выключателей – ЭБКВ, либо электронный интеллектуальный модуль управления – ЭИМУ.

Электронные блоки управления при комплектации приводов ЭП4 пользуются предпочтением заказчиков. Электромеханические модули управления – МБКВ оказываются предпочтительными и единственно допустимыми в исполнениях, предназначенных для применения в гермозоне АЭС.

ЭБКВ является функциональным аналогом традиционного электромеханического блока управления, предназначенного для сигнализации о достижении предельных значений крутящего момента, а также о достижении заданных положений выходного вала привода, возможна также сигнализация текущего положения выходного вала. В сравнении с электромеханическим блоком ЭБКВ обладает рядом преимуществ, к ним относятся: повышенная точность и стабильность сигнализации, возможность настройки привода с помощью встроенных в него кнопок и дисплея без применения слесарно-монтажных инструментов; индикация состояний привода посредством светодиодов и семисегментных цифровых индикаторов, учет числа циклов срабатывания привода, защита от несанкционированного доступа к настройке привода посредством пароля, защитное отключение двигателя при нештатной остановке (заклинивании) привода, передача информации о положении вала посредством токового сигнала 4–20 мА или посредством цифрового канала связи RS 485, включая информацию о состоянии сигнальных выключателей.

ЭИМУ предполагает наличие пускателя в приводе и обеспечивает возможность не только настройки привода, но и возможность реализации широкого набора функций управления приводом как местного (кнопочный пульт управления встроен в привод), так и дистанционного, посредством слаботочных управля-



Рис. 2. Привод ЭП4 для АЭС 2000 Нм, 32 об/мин, исполнение – для гермозоны, со вскрытым блоком выключателей

ющих сигналов (дискретных, аналоговых или цифровых).

В сравнении с зарубежными аналогами интеллектуальный модуль управления приводом ЭП4 для АЭС обладает рядом преимуществ, к которым относятся:

- управление двигателем мощностью до 20 кВт,
- сейсмостойкость и вибростойкость в диапазоне ускорений до 8,25 g и частот вибрационных воздействий до 200 Гц.

Такие режимы недоступны названным выше зарубежным аналогам. Интеллектуальные модули управления Auma способны управлять двигателем привода мощностью не более 1,5 кВт в стандартном исполнении и не более 7,5 кВт в опциональном исполнении. Уровень допустимых для них сейсмических и вибрационных воздействий ограничен значением виброускорения 1 g [2], что значительно ниже параметров приводов ЭП4, а также значительно ниже параметров проектного землетрясения (3,22 g) и максимально-расчетного землетрясения (4,8 g), назначаемых при проектировании оборудования для АЭС согласно НП-068. Специалисты фирмы Auma рекомендуют применять их интеллектуальные приводы на АЭС в варианте [2] с отдельной установкой: привод устанавливается на арматуру, интеллектуальный модуль устанавливается на некотором расстоянии от привода (при этом они не поясняют, [2] почему землетрясение столь избирательно – оно в их понимании действует на арматуру и привод, но не действует на модуль управления, расположенный на удалении всего в несколько метров, или пусть даже в несколько десятков метров от привода).

Интеллектуальный привод ЭП4 поддерживает русскоязычный текст сообщений на экране дисплея (настройки меню, текстовая расшифровка кодовых сообщений об ошибках и аварийных состояниях, диагностические сообщения и предупреждения). Данное обстоятельство исключает необходимость привлекать к настройкам, обслуживанию и эксплуатации приводов специалистов со знанием иностранных языков.

Функциональные возможности интеллектуальных приводов ЭП4 для АЭС не уступают, а по ряду характеристик превосходят возможности зарубежных аналогов. Например, в интеллектуальных приводах ЭП4 предусмотрен режим функционирования с повышенным уровнем помехозащищенности. В линиях логических входов управления приводом (24 В) в режиме повышенной помехоустойчивости токи в цепях управления имеют повышенные значения – до 30 мА, что значительно больше в сравнении с обычным режимом (10 мА). В импортных аналогах используется только слаботочный обычный режим (не более 10 мА), что на практике, как правило, исключает возможность их применения с использованием имеющейся кабельной сети АСУ ТП отечественных электростанций и, в частности, АЭС.



Рис. 3. Привод ЭП4 для АЭС 8000 Нм, 22 об/мин, исполнение – для помещений, с интеллектуальным модулем управления

Интеграция в современные системы АСУ ТП

Интеллектуальные электроприводы серии ЭП4 обеспечивают возможность их интеграции в современные системы АСУ ТП, предполагающие реализацию процессов управления посредством приема/передачи слаботочных сигналов управления и сигналов обратной связи о состоянии привода. В качестве таких сигналов могут выступать дискретные логические сигналы управления (24 В), сигналы обратной связи «сухой контакт», аналоговые сигналы управления и обратной связи (4-20 мА), цифровой канал связи RS-485 (протокол Modbus и Profibus).

Достоинствами приводов ЭП4 в части их интеграции в АСУ ТП, дополнительно к их повышенной помехозащищенности (см. предыдущий раздел), следует отметить их большую адаптацию к типовым схемам и алгоритмам обработки информации отечественных АСУ ТП. В качестве примера можно отметить поддержку приводами ЭП4 таких функций как «блокировка ограничителя момента», «фиксация моментных выключателей» и т.п., отсутствующих в зарубежных аналогах.

Реализация функций диагностики

Одним из наиболее актуальных направлений развития «интеллектуальных» приводов является придание им функций диагностики состояний привода и арматуры. Данная способность привода особенно актуальна и востребована для отраслей промышленности, где важно обеспечить минимальную вероятность возникновения аварии (это, в первую очередь, атомная энергетика).

Предполагается, что привод обеспечивает сбор информации для диагностических заключений о возможности продолжения работы либо о необходимости проведения профилактических и ремонтных работ. Диагностические заключения осуществляет либо сам привод (это касается самых простых заключений), либо такие заключения делает человек-эксперт или система верхнего уровня (АСУ ТП). Для удобного и быстрого присоединения цепей диагностики электроприводы ЭП4 для АЭС имеют штепсельный разъем.

Диагностические заключения касаются как самого привода, так и арматуры, управляемой приводом. Диагностические заключения основываются на анализе процессов закрытия/открытия приводом арматуры и соответствующих им кривых изменения токов и напряжений в фазах двигателя, времени и скорости движения, перепадов температуры двигателя, значения момента сопротивления движению и ряда других обобщенных параметров, характеризующих процесс закрытия и открытия арматуры.

Диагностические выводы относительно текущего состояния привода и арматуры делаются на основании анализа процессов изменения указанных выше величин во времени, дрейфов их максимальных, минимальных и среднестатистических значений, а также их отклонений от аналогичных значений, вычисляемых системой верхнего уровня на основе статистической обработки данных, получаемых от аналогичных приводов, функционирующих в составе данной производственной системы.

Привод при диагностировании арматуры выступает как своеобразный комплексный сенсор. Такой подход оправдан, ведь современный интеллектуальный привод содержит широкий набор датчиков различных величин. Кроме датчиков привода в системе диагностики могут использоваться датчики, встраиваемые в арматуру (акустические датчики, датчики утечек и ряд других). Привод выступает при этом в роли локального устройства сбора и обработки диагностической информации. Интеллектуальный модуль, решая задачи диагностики, более весомо оправдывает свое присутствие в приводе.

Управление регулирующей арматурой

Электроприводы ЭП4 способны работать не только в сочетании с запорной арматурой, но и с регулирующей. Приводы реализуют регулируемые режимы повторно-кратковременного включения (S3-ПВ 25%) и режимы повторно-кратковременного включения с частыми пусками (S4-ПВ 25%, 900 включений в час) в диапазоне мощностей двигателя до 20 кВт.

Повышенная степень защиты от проникновения пыли и воды

Корпус привода обеспечивает полную защиту от проникновения пыли и воды, соответствующую уровню IP67 и IP68.

Универсальное механическое присоединение

Приводы ЭП4 имеют сменные фланцы, обеспечивающие присоединение к арматуре как по отечественному стандарту ОСТ 26-07-763, так и по стандарту ISO 5210. Это положительно отличает приводы ЭП4 от их зарубежных аналогов, которые поставляются с присоединительными фланцами и выходным валом, выполненным исключительно по зарубежным стандартам, не позволяющим состыковать привод с отечественной арматурой, подсоединяемой по ОСТ 26-07-763.

Минимизация работ по техническому обслуживанию привода

Маслозаполненная конструкция редуктора привода ЭП4 исключает необходимость замены масла на про-

тяжении всего срока службы. Модули управления приводом усовершенствованы в направлении минимизации затрат времени на их настройку. Электронные модули управления (ЭБКВ и ЭИМУ) реализуют кнопочный режим настройки привода с использованием встроенного в него дисплея и кнопок без применения вспомогательных инструментов. Рационально планировать и минимизировать техническое обслуживание приводов позволяют диагностические функции «интеллектуального» привода, а также реализуемые им функции просмотра (в том числе и удаленного) информации об истории функционирования привода, переменных состояния привода, в частности, значений крутящего момента и токов в фазах двигателя.

Увеличенный срок службы и повышенная надежность

Приводы серии ЭП4 имеют назначенный срок службы 30 лет.

В результате проведенного усовершенствования конструкции приводы имеют повышенную надежность. В электроприводах новой линейки применена усовершенствованная конструкция ручного дублера, обеспечивающая отстыковку механизма ручного привода от ротора электродвигателя при использовании ручного режима управления арматурой. Кинематика привода реализует безударное перемещение выходного вала.

Приводы ЭП4 проектировались целенаправленно для эксплуатации на АЭС с учетом всех специфических требований, предъявляемых к оборудованию АЭС. Данное обстоятельство существенно отличает их от многих зарубежных аналогов (например, приводы Auma SA «для АЭС» являются общепромышленными приводами, о чем откровенно сообщают специалисты фирмы [2], объясняя такое предложение единственно тем, что приводы Auma, спроектированные для АЭС, серии SAN и SAI не выдерживают ценовой конкуренции с тульскими приводами для атомных станций).

Заключение

Таким образом, наряду с традиционной серией многооборотных электроприводов повышенной безопасности для АЭС по ТУ 3791-006-05749406-2000, ЗАО «Тулаэлектропривод» освоило производство новой линейки приводов серии ЭП4 (ТУ 3791-004-70780838-2007) с описанными выше функциональными возможностями, что позволяет наиболее полно обеспечивать потребности заказчика в зависимости от предъявляемых технических требований. Технические условия на данную продукцию одобрены ОАО «НИАЭП» (г. Нижний Новгород), ОАО «Атомэнергопроект» (Москва) и ОАО «СПБАЭП» (г. Санкт-Петербург).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мозжечков В.А. Общие тенденции развития электроприводов трубопроводной арматуры. // Арматуростроение. 2009. №6 (63). С.34-40.
2. Шиманский С.Б. Электроприводы АУМА – решения для трубопроводной арматуры АЭС. // Трубопроводная арматура и оборудование. № 4 (43), 2009. С.123-126.