



МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ

ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

Бесперебойная и безопасная работа трубопроводного транспорта невозможна без применения качественных и надёжных электроприводов запорной арматуры (ЭПЗА). Процесс производства данных электроприводов предусматривает строгий контроль на каждом этапе изготовления отдельных компонентов. Однако для проверки соответствия предъявляемым требованиям, после окончательной сборки ЭПЗА необходимо обязательное проведение комплексного тестирования всего изделия.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

При эксплуатации любого трубопровода невозможно обойтись без элементов запорной арматуры (ЗА), предназначенных для управления потоками перемещаемой среды. К элементам запорной арматуры относятся задвижки, заслонки, краны и вентили. Благодаря

небольшому гидравлическому сопротивлению в открытом состоянии и высокой герметичности в закрытом, задвижки широко применяются на магистральных нефтепроводах.

Необходимость организации дистанционного управления и контроля и требования эксплуатации во взрывоопасной зоне обуславливают широкое применение электроприводов (ЭП) для управления запорной арматурой.

А. Гарганеев, д.т.н.,
А. Каракулов, к.т.н., С. Ланграф,
компания ЭлеСи

Электропривод запорной арматуры представляет собой сложный мехатронный модуль, объединяющий в своём составе систему управления, силовой преобразователь, асинхронный двигатель и редуктор. В качестве силового преобразователя может использоваться преобразователь частоты (ПЧ) или тиристорный регулятор напряжения (ТРН). Известны также конструкции таких электроприводов с прямым управлением от сети при помощи контактора. Система управления обеспечивает требуемые режимы эксплуатации запорной арматуры, адекватную реакцию электропривода на изменение внешних условий, поддержку защитных функций и коммуникаций с другими устройствами.

Системы ЭПЗА широко применяются в технологических процессах при перекачке нефтепродуктов. Сбой и нарушение работы этих систем может привести к тяжёлым экологическим и экономическим последствиям. В случае превышения допустимого момента, ЭПЗА своим усилием может разрушить корпус задвижки. Если электропривод не развивает требуемого момента, возможна ситуация с заклиниванием задвижки в закрытом состоянии, что также рассматривается как аварийная ситуация.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСАМ

При серийном производстве систем ЭПЗА на этапе экспериментальной проверки показателей функционирования возникает задача проведения сложных испытаний, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации. Следует выделить основные группы требований, предъявляемых к ЭПЗА и подлежащих проверке при контроле готового изделия:

- соответствие технологических параметров по ограничению выходного момента и скорости перемещения рабочих элементов запорной арматуры;
- точность определения положения рабочего органа запорной арматуры;
- устойчивость к динамическим изменениям напряжения электропитания;
- устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии;
- согласованное взаимодействие с аппаратурой диспетчерского управления и контроля.

Вышеперечисленные требования приводят к необходимости применения специализированного испытательного оборудования, позволяющего реализовать комплексную проверку работоспособности электропривода запорной арматуры.

НАГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО

Одним из наиболее важных требований, предъявляемых к современным ЭПЗА, является ограничение моментных усилий, воздействующих на рабочий орган запорной арматуры со стороны электропривода. Эксплуатационные требования ЭПЗА жестко регламентируют паспортные значения усилий уплотнения и срыва клина с уплотненного состояния. Несоблюдение данного требования может привести к механическому повреждению корпуса арматуры, что влечёт за собой тяжёлые экономические и экологические последствия.

В состав испытательного комплекса входит нагрузочное устройство, при помощи которого выполняется проверка ЭПЗА на соответствие требованиям по ограничению и формированию выходного момента. При этом испытательное нагрузочное устройство должно полностью имитировать диаграмму эксплуатационных усилий, прикладываемых со стороны элементов запорной арматуры различных типов.

Для создания нагрузочного усилия самым простым решением является приме-

нение механического тормозного устройства в виде барабана и колодок. К основным недостаткам следует отнести сложность стабилизации тормозного момента, шум, повышенную вибрацию и т.д. Кроме того, точность результатов испытаний в данном случае во многом будет определяться навыками и опытом оператора, который вручную управляет тормозным механизмом.

Нагрузочное усилие можно получить применением генераторов и двигателей постоянного тока с различными типами силовых преобразователей и системой управления. На фоне известных недостатков коллекторных машин постоянного тока с интересом рассматривается идея об использовании в качестве испытательного нагрузочного устройства асинхронного ЭП на базе ПЧ с микропроцессорным управлением.

На рис.1 представлено устройство испытательного стенда для проведения нагрузочных испытаний ЭПЗА.

Компоненты нагрузочного стенда:

- 1 - асинхронный двигатель нагрузочного моментного ЭП,
- 2 - место для установки испытуемого ЭПЗА,
- 3 - измерительное плечо,
- 4 - тензометрический датчик момента,
- 5 - редуктор,
- 6 - инкрементный датчик скорости.

силовая электроника ►

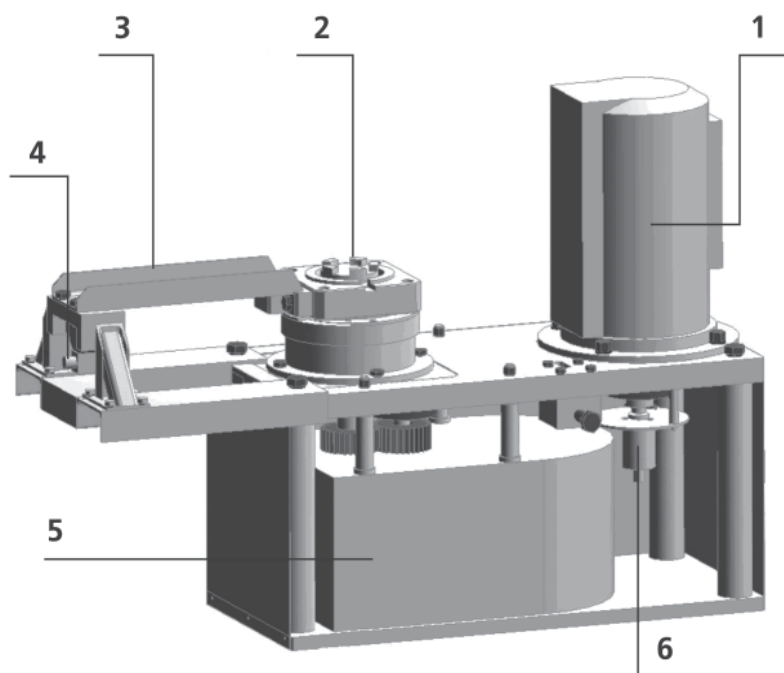


Рисунок 1. Нагрузочный ЭП для испытаний ЭПЗА

Методика испытания электроприводов запорной арматуры

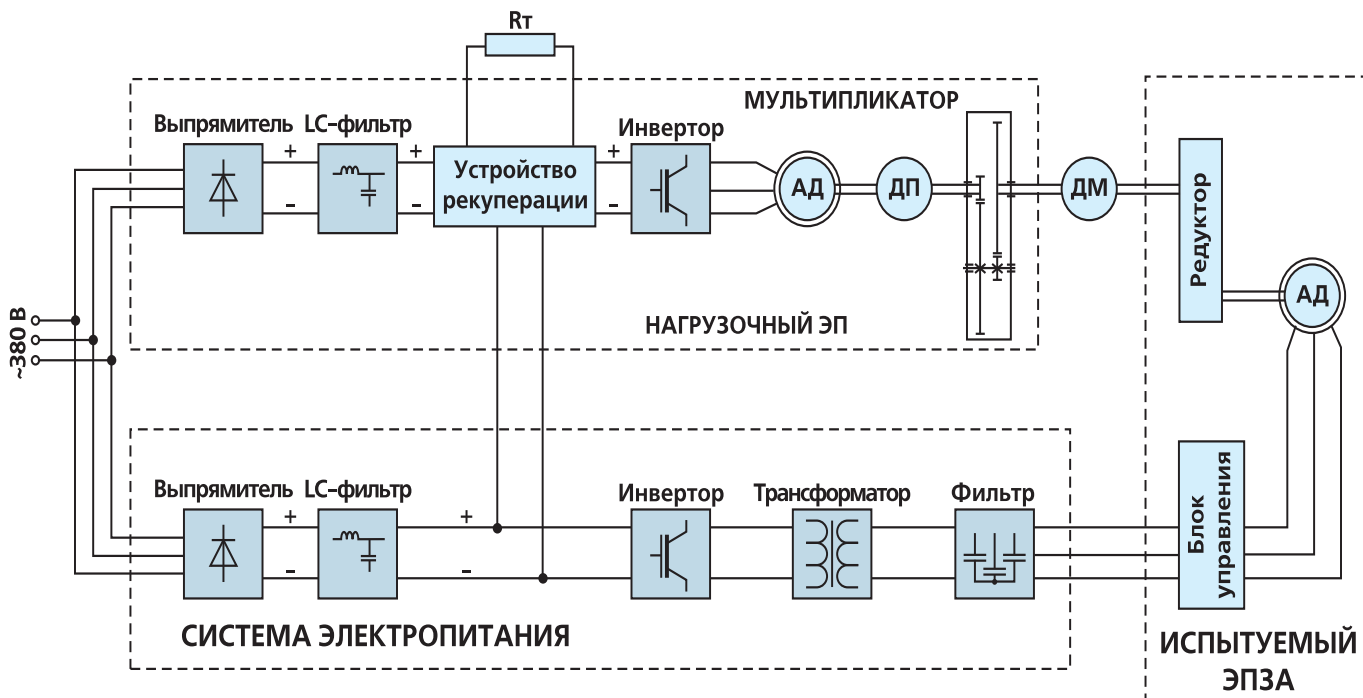


Рисунок 2. Функциональная схема системы электропитания испытательного комплекса.

Моментное усилие, развиваемое на валу АД 1, передаётся к редуктору 5 и далее поступает к выходу испытуемого ЭПЗА (2). В процессе работы скорость АД измеряется датчиком 6, а крутящий момент, развиваемый между выходным валом и основанием испытуемого ЭПЗА, контролируется с помощью измерительного плеча 3 и тензометрического датчика 4.

С учётом требований к нагрузочному электроприводу, предъявляемых с позиции организации качественных испытаний ЭПЗА, определена требуемая мощность АД и силового преобразователя. Применительно к эксплуатационным характеристикам сформированы требования по диапазонам регулирования частоты вращения, выходного момента и быстродействия нагрузочного моментного ЭП.

Для управления асинхронным двигателем нагрузочного ЭП применяется специально разработанный ПЧ с промежуточным звеном постоянного тока. Регулировка момента на валу двигателя осуществляется в соответствии с принципами векторного управления. Нагрузочный ЭП работает в режиме стабилизации момента с введением ограничений по максимальной и минимальной скорости.

Информация о текущих параметрах функционирования поступает в управляющий микропроцессор, обеспечивающий контроль за работой ЭПЗА и формирование имитационных нагрузочных режимов (уплотнение, срыв клина и т.д.) в соответствии с паспортными данными запорной арматуры.

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Для проверки устойчивости электронного блока управления ЭПЗА к динамическим изменениям питающего напряжения используется система электропитания. В данном случае произвольное формирование силового напряжения становится возможным благодаря применению автономного инвертора напряжения.

Трёхфазное напряжение, подводимое к цепям питания ЭПЗА, формируется на выходе двухзвенного ПЧ системы электропитания, работающего в соответствии с принципами широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Для устранения пульсаций на выходе ПЧ системы электропитания и приближения выходных напряжений к синусоидальной форме используется индуктивно-ёмкостный

фильтр. В качестве индуктивного элемента применяется повышающий трансформатор, что дополнительно расширяет возможности электрической подсистемы в плане увеличения диапазона амплитуды формируемого выходного напряжения. Функциональная схема системы электропитания испытательного комплекса представлена на рис. 2.

К особенностям организации силового канала испытательного комплекса следует отнести возможность управляемого обмена энергией между ПЧ нагрузочного ЭП и ПЧ системы электропитания по шине постоянного напряжения. В режимах создания нагрузки двигатель нагрузочного ЭП работает в режиме генераторного торможения и активная мощность, пропорциональная моменту нагрузки, возвращается по шине постоянного тока в ПЧ системы электропитания ЭПЗА. Данное решение позволяет значительно повысить энергетическую эффективность испытательного комплекса. Для сброса энергии в переходных режимах используется дополнительное тормозное сопротивление.

Возможности системы электропитания испытательного стенда в полной мере позволяют реализовать проверку устойчивости ЭПЗА к динамическим из-

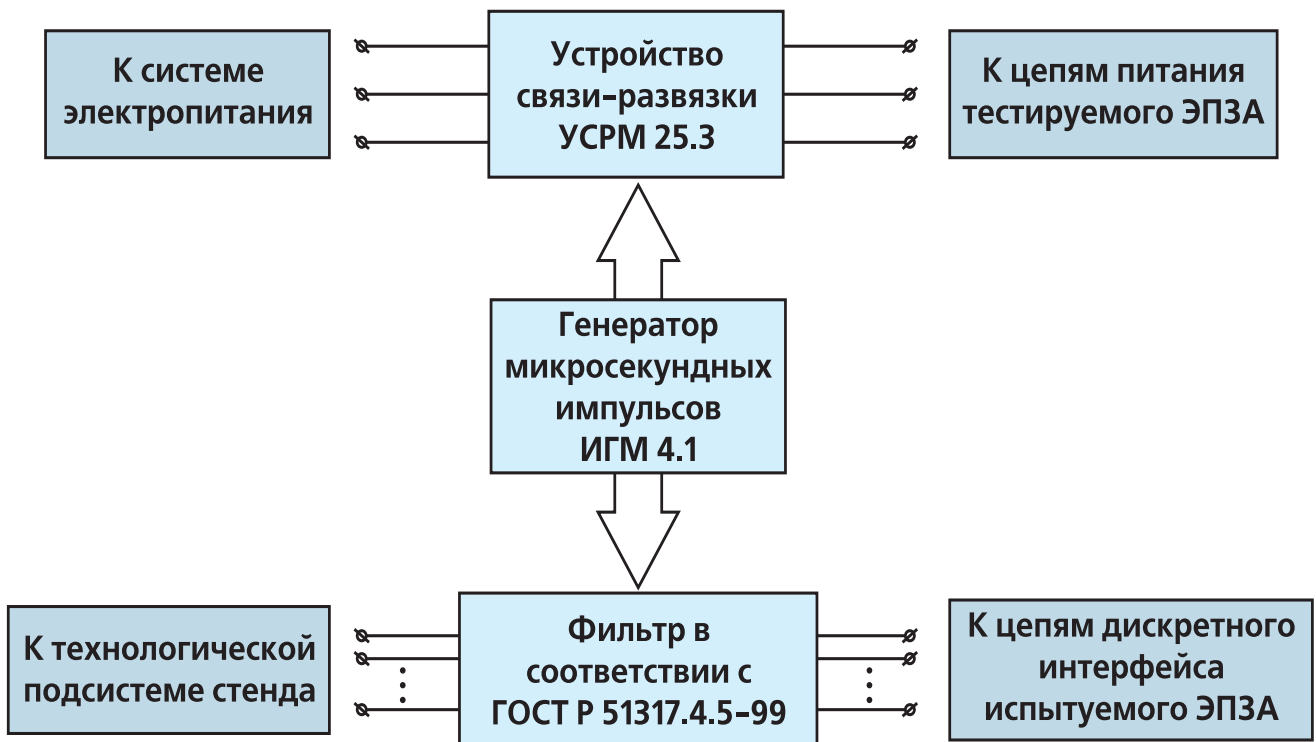


Рисунок 3. Функциональная схема высоковольтного модуля испытательного комплекса

менениям напряжения питающей сети согласно ГОСТ Р 51317.4.11-99, ГОСТ Р 51317.4.28-99, включая режимы повышенного или пониженного напряжения, изменение частоты, провалы напряжения и введение высших гармоник.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ МОДУЛЬ

Для проверки стойкости цепей блока управления ЭПЗА к грозовым разрядам применяется высоковольтный модуль, состоящий из генератора микросекундных импульсов и двух специальных фильтров. Функциональная схема высоковольтного модуля испытательного комплекса представлена на рис.3.

В качестве источника микросекундных импульсов большой энергии в составе испытательного комплекса используется генератор микросекундных импульсов ИГМ 4.1 производства НПП «Прорыв» (г. Петрозаводск, Россия). Для исключения проникновения высоковольтных импульсов в цепи управления, сигнализации и питающую ЭПЗА сеть применяются развязывающие фильтры. Развязка силовой питающей цепи выполняется устройством УСРМ 25.3 производства НПП «Прорыв» (г. Петрозаводск,

Россия), а для слаботочных цепей управления и сигнализации разработан специальный фильтр согласно требований ГОСТ Р 51317.4.5-99.

Возможности высоковольтного модуля испытательного стенда позволяют обеспечить проведение испытаний на устойчивость блока управления ЭПЗА к микросекундным импульсным помехам большой энергии согласно ГОСТ Р 51317.4.5-99.

КОММУНИКАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ

Коммуникационный модуль выполняет имитацию обмена сигналами индикации и управления между ЭПЗА и диспетчерскими пунктами различной структуры. При тестировании проверяется адекватность поведения ЭПЗА в соответствии с поданными командами управления и правильность индикации текущего состояния. Имеется возможность проверки обмена информацией по каналам RS-485, интерфейсам дискретного и аналогового типа. В режиме местного управления происходит тестирование канала инфракрасной связи IrDA.

Повышение эксплуатационной надёжности трубопроводного транспорта неразрывно связано с улучшением характеристик ЭПЗА. Комплексную проверку на соответствие предъявляемым требованиям необходимо выполнять на завершающем этапе их создания.

Испытательный комплекс позволяет в условиях заводской лаборатории реализовать режимы, максимально приближённые к реальным условиям эксплуатации ЭПЗА, что позволяет выявить изделия с отклонениями рабочих параметров и, как следствие, уменьшить число возможных отказов в будущем.

Данный стенд может оказаться полезным не только для испытателей ЭПЗА, но и для разработчиков других систем электропривода, где для проверки эксплуатационных параметров необходимо формирование момента нагрузки произвольной формы.

