

МНОГОЦЕЛЕВОЙ СТЕНД ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СТАНЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ УЭЦН

АЛЕКСАНДР НОЗИК, АО «СПИК СЗМА», К.Т.Н.
АЛЕКСЕЙ КОМЕЛИН, ООО «Девеск», К.Т.Н.



Рис.1 Электромашинное помещение

Введение

Установка электроцентробежного насоса для добычи нефти (УЭЦН) состоит из наземной и погружной частей. Основными компонентами погружной части УЭЦН являются телеметрическая система (ТМС), электродвигатель (ПЭД), гидрозащита (ГЗ), насос (ЭЦН), силовой кабель. От надежности каждого компонента зависит общая наработка на отказ всей установки, а следовательно, стоимость ее обслуживания в сутки. Требования к надежности оборудования погружной части очень высоки, так как в процессе эксплуатации данное оборудование недоступно для обслуживания. Единственный компонент УЭЦН, контролирующей текущие параметры установки, — это станция управления (СУ).

Современные станции управления контролируют до 100 параметров установки: от токов и напряжений двигателя до несанкционированного доступа к станции и работы систем охлаждения/отопления. При проектировании СУ должны быть решены следующие задачи: надежное функционирование СУ в условиях низких и высоких температур окружающей среды, высокой влажно-

сти, значительных колебаний напряжения питающей сети; энергоэффективность; минимизация затрат на эксплуатацию в течение жизненного цикла и т.д. При этом количество отказов УЭЦН по причине выхода из строя СУ должно быть минимальным.

Качественные характеристики готового изделия невозможно проверить без проведения серьезных испытаний. С этой целью в компании АО «СПИК СЗМА» (Санкт-Петербург) был разработан универсальный стенд для тестирования СУ, входных (выходных) фильтров, а также иных НКУ, который позволяет проводить квалификационные, приемо-сдаточные, периодические и типовые испытания в соответствии с методиками и требованиями действующих нормативно-технических документов (ГОСТ 26567-85 и ГОСТ Р 51321.1-2007) и на соответствие требованиям заказчиков.

Структура и основные характеристики стенда

Оборудование стенда размещено в трех помещениях: электромашинное помещение — ЭМП (рис.1), помещение для испыты-

мого оборудования — камера тепла, помещение оператора.

В электромашинном помещении находятся регулируемый источник питания испытуемого оборудования с выходным синусным фильтром, силовой разделительный трансформатор, нагрузочные агрегаты «мотор-генератор», преобразователи частоты для питания асинхронных генераторов, шкафы с коммутирующей аппаратурой.

Теплоизолированная камера предназначена для проведения тепловых испытаний СУ и фильтров при работе на полную моторную нагрузку при температуре до +50°C. В камере обеспечивается поддержание заданной температуры с точностью до 2°C.

Камера тепла занимает площадь 27 м² и имеет объем 103 м³.

В помещении оператора находятся система управления стендом, прецизионный анализатор мощности, система видеонаблюдения за объектом испытания, а также АРМ инженера по тестированию.

Система видеонаблюдения позволяет контролировать все помещения стенда.

Основные характеристики стенда приведены в таб.1.

Функциональная схема испытаний

Функционально стенд состоит из трех частей: регулируемый источник напряжения, регулируемая нагрузка, измерительная система (рис.2).

Регулируемый источник напряжения позволяет проверить работу СУ в условиях повышенного и пониженного напряжения питания, функционирование СУ при отклонении частоты питающего напряжения от номинальной, а также определить реакцию СУ на резкое падение или резкий скачок напряжения на входе. Алгоритм работы регулируемого источника напряжения задается системой управления. Например, с целью опреде-

ления отработки автоматического повторного пуска СУ можно полностью снять напряжение питания через определенный промежуток времени с последующим восстановлением напряжения.

Регулируемая нагрузка позволяет испытывать СУ с широким диапазоном мощностей — от 50 до 700 кВт. В качестве нагрузки используются электродвигатели с номинальной частотой 60 Гц. Имеется возможность проверки СУ в режимах повышенного/пониженного напряжения и тока нагрузки.

Измерительная система построена на базе прецизионного шестиканального анализатора мощности, который в реальном времени измеряет активную, реактивную и полную мощность, коэффициент мощности, коэффициент полезного действия, проводит гармонический анализ входных и выходных параметров с определением коэффициентов гармонических искажений до 100 гармоник как отдельно для СУ, так и при совместной работе с входным и (или) выходным фильтром.

Система электроснабжения стенда является замкнутой, рекуперативной без генерации электричества в сеть (рис.3). Электроэнергия, вырабатываемая нагрузочными генераторами, рекуперируется в звено постоянного напряжения стенда, от которого питаются инверторы, формирующие напряжение питания СУ.

Таким образом, получается замкнутая система рекуперации электроэнергии. Фактически потребляемая стендом от промышленной сети электроэнергия сводится только к компенсации потерь в элементах стенда.

Виды испытаний

В зависимости от поставленных целей стенд может быть использован как инструмент разработки и испытания новых станций управления до проведения ее опытно-промышленной эксплуатации на промыслах и позволяет существенно сократить срок опытно-промышленной эксплуатации.

Стенд позволяет проводить исследовательские, сравнительные, квалификационные, периодические, приемо-сдаточные испыта-

Табл.1. Основные характеристики стенда

| Характеристика | Значение |
|---|---------------|
| Диапазон напряжения на входе и выходе испытуемого оборудования, В | ~3ф x 190-530 |
| Диапазон токов на входе и выходе испытуемого оборудования, А | 0-1 250 |
| Диапазон установленной мощности испытуемого оборудования, кВт | 50-700 |
| Диапазон изменения частоты на входе испытуемого оборудования, Гц | 48-62 |
| Диапазон изменения частоты на выходе испытуемого оборудования, Гц | 0-70 |
| Точность измерения электрических параметров на входе и выходе, не хуже, % | 0,5 |
| Максимальная температура среды для испытуемого оборудования, °С | +50 |

ния, а также тестирование алгоритмов работы контроллера СУ.

Функционально все виды испытаний, проводимых на стенде, можно разделить на шесть групп:

- ⊙ нагрузочные и тепловые испытания;
- ⊙ работа при заданных параметрах питания;
- ⊙ энергоэффективность;
- ⊙ влияние на сеть и нагрузку;
- ⊙ стойкость изоляции;
- ⊙ точность измерения контроллера СУ.

Нагрузочные и тепловые испытания подразумевают работу СУ при верхнем диапазоне температуры эксплуатации под полной номинальной нагрузкой в течение заданного времени, с одновременным контролем температуры в 20 точках. Проверяется устойчивость СУ к перегрузке в соответствии с заданным алгоритмом.

Испытания при заданных параметрах питания позволяют оценить поведение СУ при изменяемых параметрах питания: повышенном или пониженном напряжении, изменении частоты, кратковременном пропадании напряжения, резком скачке напряжения.

При испытаниях на энергоэффективность определяются такие показатели, как коэффициент полезного действия, коэффициент мощности, потери во входных цепях под действием гармоник, генерируемых в сеть, с обоснованием эффективности решений без необходимости проведения полевых испытаний.

В качестве примера определения энергоэффективности приведем результаты испытания станции управления SCD-630BAMW, работающей с входным фильтром RAUHF-400-380/400-50-D-43 и без

РИС.2 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ИСПЫТАНИЙ

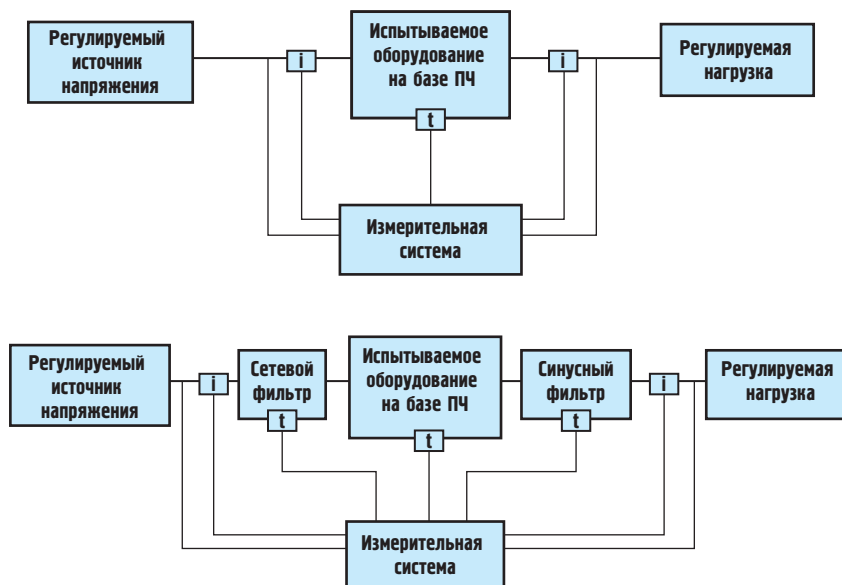


Табл.2 Результаты испытаний

| Нагрузка, кВт | 100 | 200 | 300 | 350 |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Коэффициент гармоник по напряжению на входе без фильтра, % | 7,47 | 9,59 | 12,17 | 12,46 |
| Коэффициент гармоник по напряжению на входе с фильтром, % | 4,35 | 5,25 | 7,10 | 7,29 |
| Коэффициент гармоник по току на входе без фильтра, % | 50,73 | 37,97 | 30,85 | 30,41 |
| Коэффициент гармоник по току на входе с фильтром, % | 22,40 | 11,49 | 6,84 | 6,65 |
| Коэффициент мощности на входе без фильтра | 0,819 | 0,892 | 0,909 | 0,914 |
| Коэффициент мощности на входе с фильтром | 0,933 | 0,991 | 0,985 | 0,980 |
| КПД без фильтра, % | 97,46 | 97,38 | 97,90 | 97,51 |
| КПД с фильтром, % | 96,59 | 97,26 | 97,08 | 96,60 |

него. В табл.2 приведены изменения коэффициентов искажения, коэффициента мощности и коэффициента полезного действия оборудования при подключении фильтра на входе СУ при различной нагрузке.

Как видно из таблицы, подключение СУ к сети через входной фильтр снижает примерно в два раза коэффициенты искажения синусоидальности напряжения и в три-пять раз коэффициенты искажения синусоидальности тока на входе системы. До 0,98–0,99 увеличивается коэффициент мощности оборудования, что приводит к уменьшению полного входного тока при равной выходной активной мощности, экономии активной и

реактивной составляющей потребляемой электроэнергии и облегчает режимы работы трансформаторов питания и кабелей, повышая их надежность. При этом КПД системы в целом падает не более чем на 1%.

Оборудование полностью соответствует требованиям ГОСТ Р 54149-2010 по уровню искажения входного напряжения, ГОСТ Р 51317.3.4-2006 по уровню эмиссии гармонических составляющих тока в питающую сеть, а также требованиям заказчиков к оборудованию для управления погружными насосами.

Формирование управляющих сигналов на исполнительные механизмы СУ зависит от точности

измерения текущих параметров. Контроллер СУ должен измерять текущие значения напряжений и токов с заданной точностью. Значения, измеренные контроллером, сравниваются со значениями, измеренными системой управления стенда. По результатам сравнения в контроллер СУ вносятся поправочные коэффициенты, для того чтобы достичь заданной точности измерения.

Программное обеспечение стенда

Программное обеспечение стенда разработано на базе SCADA системы.

РИС.3 ОДНОЛИНЕЙНАЯ СХЕМА СТЕНДА

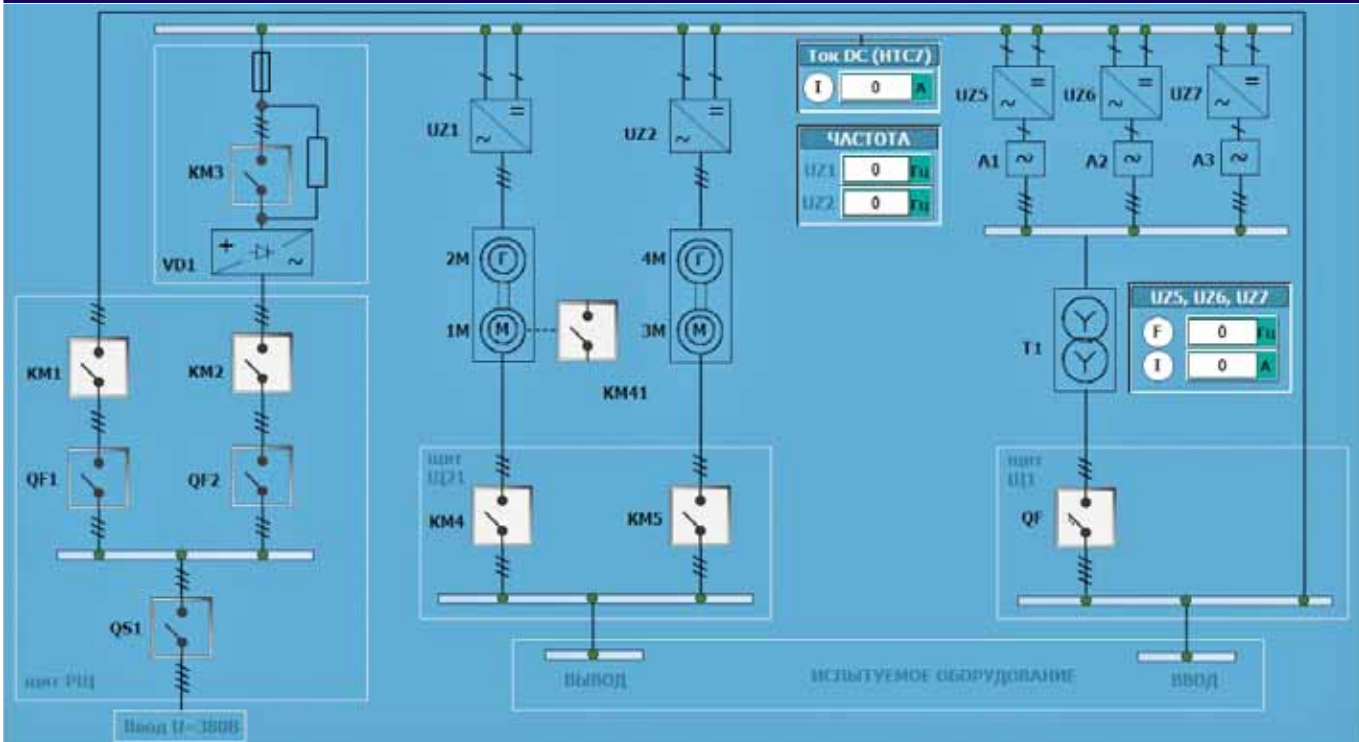
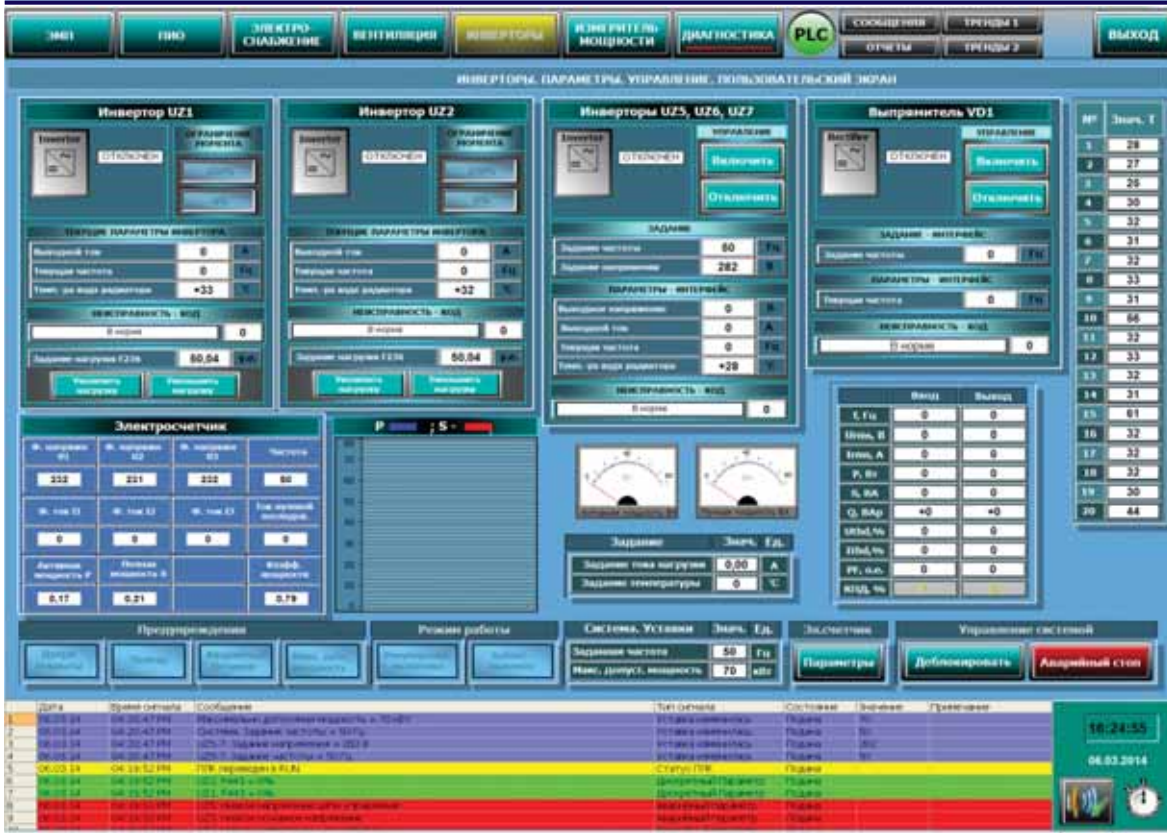


РИС.4 ОСНОВНОЕ ОКНО УПРАВЛЕНИЯ НАГРУЗКОЙ



Основное окно контроля и управления нагрузкой показано на рис.4.

Вся измерительная аппаратура посредством интерфейсов интегрирована со SCADA системой, что позволяет создавать единую базу данных задаваемых параметров и результатов измерений. Для проведения анализа реализована возможность гибкого построения трендов с одновременным выводом на два монитора нужного количества параметров.

Протокол испытания формируется в зависимости от объема проводимых тестов. Модуль управления позволяет задавать параметры источника питания и нагрузки, температурные режимы испытаний, а также алгоритмы их изменения.

Модуль диагностики обеспечивает непрерывный контроль состояния оборудования.

Модуль блокировок обеспечивает как безопасную эксплуатацию оборудования стенда, так и безопасность проведения самих испытаний.

Заключение

Многоцелевой стенд для тестирования станций управления УЭЦН может быть использован в процессе разработки и испытания новых станций управления. Проводимые испытания позволяют существенно сократить срок опытно-промышленной эксплуатации СУ. Испытательный стенд может использоваться для определения ненадежных компонентов СУ после проведения ремонта, замены элементной базы на аналоги или обновления прошивки контроллера еще до отправления станции на промыслы.

Продолжительные тепловые испытания под полной номинальной нагрузкой имитируют работу СУ в условиях, максимально приближенных к реальным. Стенд дает возможность оценить, как меняется точность измерения текущих параметров СУ при повышении нагрузки и температуры.

Стенд аккредитован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Аттестат №207/173-ВНИИМ-14)

для проведения квалификационных, приемосдаточных, периодических и типовых испытаний низковольтных преобразователей частоты и другого низковольтного оборудования.

В перспективе стенд будет доработан для тестирования станций управления вентильными двигателями. Актуальность применения, а следовательно, и тестирования станций управления вентильными двигателями определяется высокой энергоэффективностью вентильных двигателей.

В настоящее время специалисты АО «СПИК СЗМА» проводят испытания СУ по заказу нефтяных компаний, заводов-изготовителей СУ, сервисных предприятий по обслуживанию УЭЦН. Объем и продолжительность испытаний зависят от требований заказчика, но цель проводимых испытаний общая: повысить надежность и безотказность СУ. И достичь данной цели без универсального многоцелевого стенда для тестирования станции управления невозможно.