

3. Герасимов А.С., Есипович А.Х., Кабанов Д.А. Сертификационные испытания АРВ сильного действия отечественных и зарубежных компаний на цифроаналого-физическом комплексе ОАО «НТЦ ЕЭС» // Электрические станции №12, 2015.
4. Burmistrov A., Gerasimov A., Esipovich A., Popov E., Urganov A. Estimation of efficiency of modern excitation controllers of synchronous machines in the conditions of physical model of a complex power system and suggestion of estimation technique and criteria as an addition to the IEC standard. Paris, CIGRE-2012, C2-103.
5. Герасимов А.С., Гущина Т.А., Есипович А.Х., Зеккель А.С., Кирьенко Г.В. Методика испытаний и настройки автоматических регуляторов возбуждения синхронных генераторов на электродинамической модели ОАО «НИИПТ» // Сб. материалов международной научно-технической конференции «Современные системы возбуждения для нового строительства и реконструкции электростанций. Опыт наладки и эксплуатации систем возбуждения нового поколения». СПб, 2004г.
6. Богданова С.Р., Выборных И.Г., Гуриков О.В., Гущина Т.А. Опыт испытаний подсистем группового регулирования активной мощности, напряжения и реактивной мощности на цифроаналого-физическом комплексе ОАО «НТЦ ЕЭС» // Электрические станции №12, 2015.
7. Богданова С.Р., Выборных И.Г., Гуриков О.В., Гущина Т.А. О результатах испытаний подсистем группового регулирования активной мощности, напряжения и реактивной мощности на цифроаналого-физическом комплексе ОАО «НТЦ ЕЭС» // Известия НТЦ Единой энергетической системы. 2014. № 2 (71).
8. Кабанов Д.А., Кузьминова А.А. Опыт использования цифроаналого-физического комплекса для испытания цифровых устройств автоматики ликвидации асинхронных режимов // Известия НИИПТ №64, 2010.
9. А.С. Герасимов, Т.А. Гущина, А.Х. Есипович. Динамические испытания регистраторов СМРР на ЦАФК ОАО «НТЦ ЕЭС» // Известия НТЦ Единой энергетической системы № 1 (70). СПб, 2014.
10. Герасимов А.С., Есипович А.Х., Кабанов Д.А., Шескин Е.Б., Штефка Й. Результаты эксплуатации пилотной системы мониторинга системных регуляторов // Известия НТЦ Единой энергетической системы № 1 (70), 2013.

**Герасимов Андрей Сергеевич** – канд. техн. наук, доцент, зам. ген. директора, директор департамента системных исследований и перспективного развития ОАО «НТЦ ЕЭС»,

**Есипович Аркадий Хаимович** – канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией испытаний и моделирования электроэнергетических систем ОАО «НТЦ ЕЭС»,  
руководитель Органа по добровольной сертификации,

**Кабанов Дмитрий Анатольевич** – заведующий сектором испытаний систем управления и автоматики ОАО «НТЦ ЕЭС».

Контактные телефоны: 8 (812) 292-94-92, (921) 347-27-94.

E-mail: esipovich\_a@ntcees.ru

## Многоцелевой стенд для тестирования частотно-регулируемых приводов

А.А. Нозик (АО «СПИК СЗМА»)

Представлен универсальный стенд для тестирования частотно-регулируемых приводов, входных (выходных) фильтров и других низковольтных устройств. Стенд позволяет проводить квалификационные, приемо-сдаточные, периодические и типовые испытания в соответствии с методиками и требованиями действующих нормативно-технических документов на полную моторную нагрузку.

Ключевые слова: универсальный стенд, тестирование, частотно-регулируемые приводы, испытания.

### Введение

При производстве частотно-регулируемых приводов (ЧРП) и станций управления с ЧРП (СУ) отечественные производители до последнего времени широко использовали силовые модули импортного производства. Однако решение государственной задачи импортозамещения невозможно без перехода на новый уровень локализации — отказ от использования готовых блоков. Это налагает на разработчиков и производителей ЧРП, предназначенных для работы в промышленных условиях, проведение всестороннего анализа режимов их работы с учетом реальных эксплуатационных факторов. Такой анализ возможен на основании математического моделирования [1] или проведения серии экспериментальных исследований. Согласно данным [2], расхождение между лучшими математическими моделями и реальными исследованиями составляют до 10%. Наличие исследовательской базы для тестирования

на полную моторную нагрузку позволяет значительно сократить время и стоимость разработок.

С этой целью в АО «СПИК СЗМА» (Санкт-Петербург) был разработан универсальный стенд для тестирования ЧРП, входных (выходных) фильтров, а также иных низковольтных устройств, 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: электромашиное ЭМП (рис. 1), помещение для испытуемого оборудования — камера тепла (рис. 2), помещение оператора (рис. 3).



Рис. 1. Общий вид электромашинного помещения



Рис. 2. Камера тепла



Рис. 3. Помещение оператора

В электромашинном помещении находится 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 при работе на полную моторную нагрузку при температуре до 50 °С. В камере обеспечивается поддержание заданной температуры с точностью 2 °С. Камера тепла занимает площадь 27 м<sup>2</sup> и имеет объем 103 м<sup>3</sup>.

В помещении оператора находится 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

Диапазон напряжения на входе/выходе испытуемого оборудования, В.....3 ф. х 190...530	
Диапазон токов на входе/выходе испытуемого оборудования, А.....	0...1250
Диапазон устанавливаемой 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/выходе, %.....	≤0,5
Максимальная температура окружающей среды, °С.....	50

#### Функциональная схема испытаний

Функционально стенд состоит из трех частей: регулируемый источник напряжения, регулируемая нагрузка, измерительная система (рис. 4).

Регулируемый источник напряжения позволяет проверить работу ЧРП в условиях повышенного и пониженного напряжения питания, функционирование при отклонении частоты питающего напряжения от номинальной, а также определить реакцию ЧРП на резкое падение или резкий скачок напряжения на входе. Алгоритм работы регулируемого источника напряжения задается системой управления. Например, с целью определения отработки автоматического повторного пуска СУ можно полностью снять напряжение питания через определенный промежуток времени с последующим восстановлением напряжения.

Регулируемая нагрузка позволяет испытывать ЧРП с широким диапазоном мощностей 50...700 кВт. В качестве нагрузки используются электродвигатели с номинальной частотой 60 Гц. Имеется возможность проверки ЧРП в режимах повышенного-пониженного напряжений 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/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 электриче-

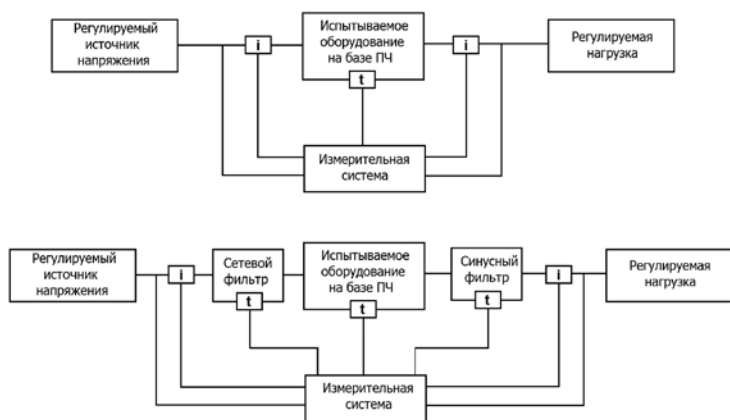


Рис. 4. Функциональная схема испытаний

и испытания новых ЧРП и СУ до проведения опытно-промышленной эксплуатации и позволяет существенно сократить срок ее проведения.

Стенд позволяет проводить исследовательские, сравнительные, квалификационные, периодические, приемо-сдаточные испытания, 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.

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

Испытания при заданных параметрах питания позволяют оценить поведение ЧРП 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 при работе с входным фильтром RAUHF-400-380/400-50-D-43 и без него [3] Таблица показывает изменения коэффициентов искажений, мощности и 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 2 раза коэффициенты искажений синусоидальности напряжения и в 3...5 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 составляющих потребляемой электроэнергии и облегчает режимы работы трансформаторов питания и кабелей, повышая их надеж-

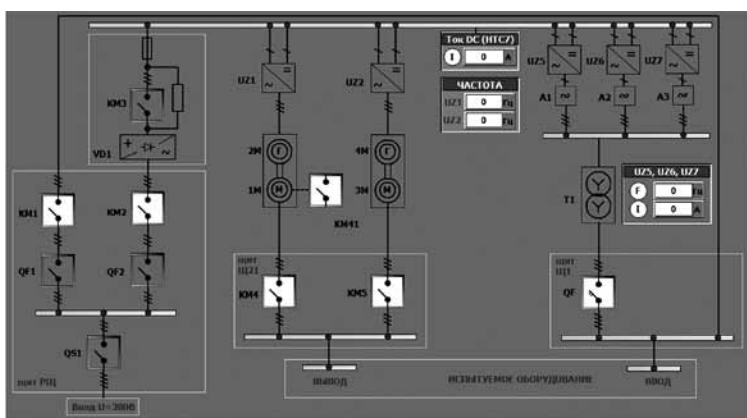


Рис. 5. Однолинейная схема стенда

ства в сеть (рис. 5). Электроэнергия, вырабатываемая нагрузочными генераторами, рекуперируется в звено постоянного напряжения стенда, от которого питаются инверторы, формирующие напряжение питания СУ.

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

Таблица. Результаты испытания

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



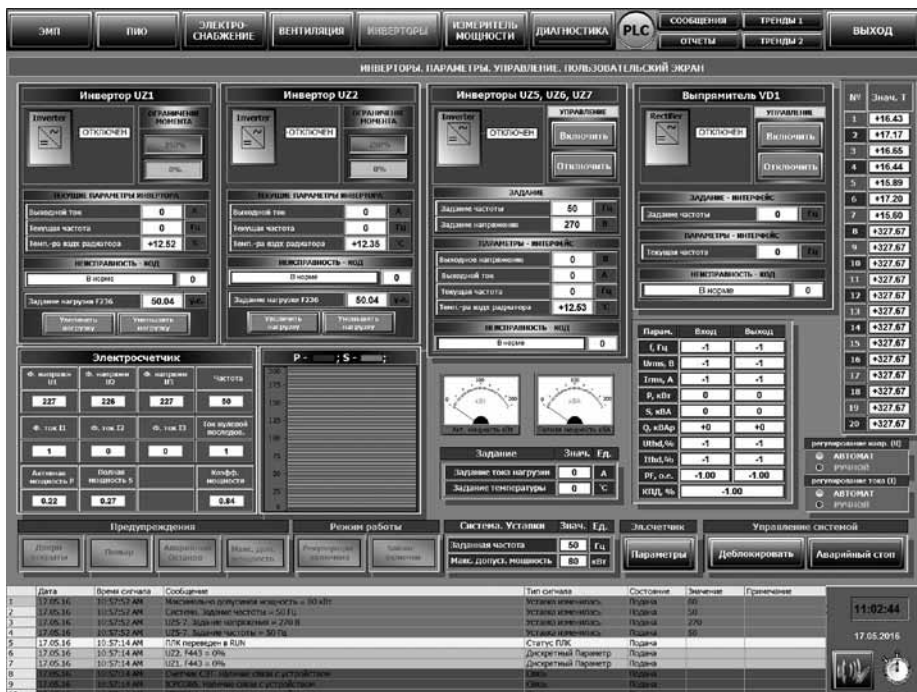


Рис. 6. Основное окно управления нагрузкой

ность. При этом КПД системы в целом падает не более чем на 1%.

**Программное обеспечение стенда**

Программное обеспечение стенда разработано на базе SCADA-системы. Основное окно контроля и управления нагрузкой показано на рис. 6.

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 числа 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 диагно-

*Нозик Александр Абрамович – канд. техн. наук, генеральный директор АО «СПИК СЗМА».*

*Контактный телефон (812) 610-78-79.*

*Http://www.szma.ru*

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

**Заключение**

Проводимые испытания позволяют существенно сократить срок разработки и опытно-промышленной эксплуатации. Испытательный стенд может использоваться для определения ненадежных компонентов, замены элементной базы на аналоги или обновления прошивки платы управления. Продолжительные тепловые испытания под полной номинальной нагрузкой имитируют работу СУ в условиях, максимально приближенных к реальным.

Стенд аккредитован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Аттестат № 207/173-ВНИИМ-14) для проведения квалификационных, приемо-сдаточных, периодических и типовых испытаний низковольтных преобразователей частоты и другого низковольтного оборудования.

**Список литературы**

1. Семыкина И.Ю., Киселев А.В., Кольцов Р.А. Испытательный комплекс для оценки режимов работы электроприводов горных машин. Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева.
2. Федотов А.В., Хомченко В.Г., Жильцов В.В., Компанейц А.Н., Скабкин Н.Г. Моделирование привода погружного насоса интеллектуальной скважины. Омск, Изд. ОмГТУ. 2012.
3. Нозик А.А., Сазонов А.С., Шехтель Л.П. Улучшение качества электроэнергии в трехфазных сетях с нелинейными нагрузками // Промышленная энергетика. 2012. №2.

**ФРИИ и Иннополис запускают первый IoT-полигон**

Фонд развития интернет-инициатив (ФРИИ) и город Иннополис (Татарстан) создадут первый кросс-отраслевой полигон для тестирования пилотных проектов в сфере интернета вещей (Internet of Things, IoT). Зрелые и молодые проекты ФРИИ смогут проверить работоспособность своих продуктов и технологий в реальных условиях - встроившись в повседневные процессы и задачи города Иннополис. Первыми такую возможность получат команды с решениями в области "умного города". Для этих целей проекты могут получить дополнительные инвестиции от ФРИИ. Всего в направлении IoT Фонд планирует инвестировать 500 млн рублей.

Иннополис обладает уникальной экосистемой и представляет собой модель современного мегаполиса. Подобные "замкнутые" условия подходят для тестирования городских IT-решений.

Индустрия IoT является одной из наиболее быстрорастущих и перспективных во всем мире. Число подключенных к сети предметов,

не считая компьютеров, смартфонов и планшетов, увеличится с 4,9 млрд в 2015 г. до 25 млрд ед. в 2020 г., согласно Gartner. Объем рынка IoT в мире к 2020 г. достигнет \$7,1 трлн, по прогнозам аналитического агентства IDC. Внедрение IT-решений позволит отслеживать все процессы, происходящие в городе и оперативно реагировать на критические ситуации и угрозы. Международный опыт показывает, что IoT помогает решить транспортную проблему, контролировать расходы ЖКХ и эффективно управлять городским имуществом.

Ранее ФРИИ по поручению Минпромторга начал разработку "дорожной карты" по развитию интернета вещей в России. В настоящее время ведется формирование пилотных проектов в различных отраслях, включая умный город, индустриальный интернет вещей, медицину, сельское хозяйство.

*http://www.iemag.ru*