



ЦИФРО-АНАЛОГО-ФИЗИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ОАО «НТЦ ЕЭС» – ПОЛИГОН ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ, РЕГУЛИРОВАНИЯ, АВТОМАТИКИ И ЗАЩИТЫ

А.С. Герасимов, А.Х. Есипович, Д.А. Кабанов (ОАО «НТЦ ЕЭС»)

Приводится описание цифро-аналого-физического комплекса ОАО «НТЦ ЕЭС» - уникального полигона для разработки, испытаний, настройки и наладки цифровых устройств регулирования, управления, автоматики и защиты агрегатного, станционного и системного уровней, а также примеры практического применения комплекса для обеспечения надежного функционирования Единой электроэнергетической системы России.

Ключевые слова: цифро-аналого-физический комплекс, электродинамическая модель, сертификационные испытания, программа, проверка на функционирование, автоматический регулятор возбуждения, групповой регулятор активной и реактивной мощности, векторный измеритель, автоматика ликвидации асинхронного режима, системная надежность.

ОАО «НТЦ ЕЭС» располагает цифро-аналого-физическим комплексом (ЦАФК), не имеющим мировых аналогов по своему составу и возможностям.

ЦАФК включает самую крупную в мире электродинамическую модель энергосистемы (более 1000 единиц физических моделей генераторов и их систем возбуждения, первичных двигателей, силовых трансформаторов, линий электропередачи, шунтирующих реакторов, комплексной нагрузки, передач и вставок постоянного тока, FACTS и т. д.), обеспечивающую адекватное физическое моделирование всего парка электротехнического силового оборудования, находящегося в эксплуатации на энергообъектах ЕЭС России. Аналоговая часть комплекса состоит из настраиваемых полупроводниковых моделей паровых, гидравлических и газовых турбин и их систем регулирования и управления и моделей автоматических регуляторов возбуждения различных модификаций. В настоящее время происходит интенсивный процесс замены полупроводниковых моделей на цифровые, разработанные персоналом НТЦ ЕЭС на базе управляющей вычислительной техники, а аналоговые модели продолжают использоваться в основном для моделирования находящихся до настоящего времени в эксплуатации аналоговых регуляторов возбуждения различных типов. Цифровая часть комплекса — система регистрации экспериментов, представляющая собой несколько современных 64-канальных цифровых осциллографов и сервисные программы, позволяющие производить последующую обработку экспериментальных данных. Комплекс оснащен цифровыми устройствами, обеспечивающими моделирование аварийных возмущений в энергосистемах и работу устройств локальной и централизованной противоаварийной автоматики по заданной программе, а также многочисленными датчиками, образую-

щими разветвленную информационно-измерительную систему. Благодаря большому и разнообразному парку основного и вспомогательного оборудования, а также гибкой системе планирования и регистрации эксперимента ЦАФК позволяет адекватно моделировать электрические режимы и аварийные электро-механические переходные процессы в энергообъединениях практически любой сложности с учетом индивидуальных особенностей реальных энергообъектов, воспроизводя при этом фазную несимметрию, обратные частоты и высокочастотные помехи. Высокая эффективность комплекса обеспечивается как за счет его физических свойств, позволяющих проводить эксперименты в реальном масштабе времени и в условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации, так и вследствие соответствия номинальных вторичных напряжений и токов измерительных трансформаторов модели промышленным стандартам, что позволяет интегрировать в ЦАФК натурные устройства управления, регулирования, автоматики и защиты [1].

В 60-90-е годы XX века комплекс интенсивно использовался в первую очередь для осуществления научно-технического сопровождения создания и развития единой электроэнергетической системы (ЕЭС) СССР, а позднее — ЕЭС России. Так, например, в 80-е годы на ЦАФК была собрана и функционировала на постоянной основе физическая модель ЕЭС СССР, которая использовалась для проведения комплексных исследований режимов, устойчивости, надежности и живучести, что способствовало безаварийной работе энергосистемы. Позднее на ЦАФК рассматривались перспективные схемы объединения на параллельную работу ЕЭС России и европейских энергосистем, а также была собрана физическая модель Китайской энергосистемы, включающая модель

крупнейшей в мире ГЭС «Три Ущелья». Однако с появлением программных средств, позволяющих создавать подробные цифровые модели крупных энергосистем, верификация которых выполняется по данным систем мониторинга переходных режимов, использование ЦАФК для проведения комплексных системных исследований потеряло свою актуальность.

Появление в ЕЭС России микропроцессорных устройств регулирования, управления, автоматики и защиты отечественного и зарубежного производства привело на первом этапе к заметному снижению системной надежности вследствие неправильной работы этих устройств, которая приводила к возникновению различных технологических нарушений. Анализ показал, что основными причинами некорректного или неправильного функционирования микропроцессорных устройств являлось:

- несоответствие алгоритмов зарубежных устройств требованиям по устойчивости параллельной работы и надежности электроснабжения, действующим в ЕЭС России;
- алгоритмические и программные ошибки, допущенные российскими производителями при разработке устройств вследствие отсутствия как экспериментальной базы, так и специалистов в области анализа режимов сложных электроэнергетических систем.

В этих условиях ЦАФК стал уникальным полигоном, позволяющим выполнять испытания, проверку на функционирование и доработку цифровых устройств регулирования, управления, защиты и автоматики агрегатного, станционного и системного уровней и повысить тем самым уровень системной надежности. Способствовала этому и миниатюризация устройств управления и регулирования, которая позволила предоставлять на испытания их промышленные или опытно-промышленные образцы. В свою очередь идентичность этих образцов обеспечила возможность оперативной коррекции алгоритмов или программного обеспечения устройств по результатам испытаний.

В настоящее время ЦАФК используется для:

- сертификации автоматических регуляторов возбуждения сильного действия синхронных генераторов;
- настройки параметров автоматических регуляторов возбуждения для конкретных энергообъектов;
- экспериментальных работ по испытаниям устройств станционного и системного уровня;
- выполнения различных научно-исследовательских работ.

Сертификация автоматических регуляторов возбуждения сильного действия синхронных генераторов

В полной мере преимущества ЦАФК как испытательного полигона проявились при аттестации, а затем сертификации цифровых автоматических регуляторов возбуждения сильного действия синхронных

генераторов. В 2001 г. по заказу РАО «ЕЭС России» на физической модели ОЭС Сибири были проведены испытания первых российских цифровых АРВ сильного действия АРВ-М гидрогенераторов Саяно-Шушенской ГЭС. В этих испытаниях приняли участие ведущие специалисты России в области регулирования возбуждения. В процессе испытаний были устранены недостатки программного обеспечения АРВ-М, выполнена их настройка для условий Саяно-Шушенской ГЭС, а также разработаны научно-технические рекомендации по использованию АРВ-М, утвержденные РАО «ЕЭС России».

По итогам испытаний РАО «ЕЭС России» было признано целесообразным разработать тестовую схему физической модели энергосистемы и типовую программу для аттестации АРВ сильного действия. Для проведения аттестации АРВ сильного действия в ОАО «НТЦ ЕЭС» в 2004 г. были подготовлены и утверждены в РАО «ЕЭС России» типовые схемы, методика и программа испытаний, а также проведены первые испытания регуляторов по типовой программе в тестовой схеме физической модели энергосистемы. Программа испытаний АРВ постоянно совершенствовалась и расширялась [2]. На основе разработанных методических материалов и накопленного опыта аттестационных испытаний в 2012 г. ОАО «СО ЕЭС» был выпущен и введен в действие стандарт СТО 59012820.29.160.20.001-2012 «Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов», который определил системные требования к АРВ сильного действия, порядок их сертификации и методику проведения сертификационных испытаний. В 2013 г. ОАО «НТЦ ЕЭС» было допущено к проведению сертификации АРВ сильного действия на физической модели энергосистемы в качестве органа по добровольной сертификации в системе добровольной сертификации ОАО «СО ЕЭС» и на сегодняшний день является единственной организацией, осуществляющей подобную сертификацию. К настоящему времени в тестовой схеме ЦАФК проведено более 80 аттестационных и сертификационных испытаний АРВ сильного действия. При этом сертификационные испытания успешно выдержали 29 АРВ сильного действия синхронных генераторов российских (13) и зарубежных (16) изготовителей, из которых 18 получили сертификат соответствия. Для еще 11 регуляторов сертификат соответствия может быть оформлен по результатам ранее состоявшихся испытаний [3].

Следует подчеркнуть, что сертификационные испытания регуляторов возбуждения в условиях физической модели энергосистемы являются уникальными и проводятся только в России. По результатам этих испытаний были выявлены и устранены некоторые ошибки программного характера, не обнаруженные ранее в алгоритмах промышленных АРВ сильного действия, выпускаемых рядом зарубежных производителей, а также определен ряд рекоменду-

емых IEEE Std 421.5™-2005 типов системных стабилизаторов, не соответствующих требованиям СТО 59012820.29.160.20.001-2012 и неэффективных в условиях ЕЭС России [4].

Настройка параметров автоматических регуляторов возбуждения сильного действия для конкретных энергообъектов

В ОАО «НТЦ ЕЭС» в 2001-2004 гг. разработана технология настройки параметров автоматических регуляторов возбуждения сильного действия на физической модели энергосистемы [5]. Она используется для испытаний и настройки «под ключ» промышленных образцов микропроцессорных регуляторов возбуждения сильного действия и позволяет провести проверку алгоритмов АРВ и его настройку с учетом схемно-режимных особенностей работы конкретной электростанции. Технология заключается в создании эталонной цифровой модели энергосистемы и разработке на ее основе адекватной схемы физической модели, сохраняющей основные свойства эталонной цифровой модели в режимной части и в части воспроизведения резонансных частот межсистемных (межзональных) колебаний. Технология обеспечивает повышение надежности функционирования энергообъектов и позволяет значительно сократить объем пусконаладочных работ. Элементы этой технологии положены в основу методики проверки параметров настройки АРВ сильного действия на физической модели энергосистемы, включенной в СТО 59012820.29.160.20.001-2012. В настоящее время эта методика применяется для проверки параметров настройки АРВ сильного действия всех генераторов атомных электростанций, гидрогенераторов номинальной мощностью ≥ 100 МВт, турбогенераторов номинальной мощностью ≥ 500 МВт, а также парогазовых установок суммарной номинальной мощностью ≥ 500 МВт. По итогам испытаний выбираются и согласуются параметры настройки, которые рекомендуется установить на АРВ сильного действия при проведении пусконаладочных работ. Программа испытаний регуляторов согласуется ОАО «СО ЕЭС» и включает как обязательные разделы, предусмотренные требованиями СТО 59012820.29.160.20.001-2012, так и разделы, учитывающие индивидуальные схемно-режимные особенности работы энергообъекта и стратегию реконструкции систем возбуждения. Так, например, рабочая программа испытаний регуляторов возбуждения типа AVR-3MT турбогенераторов энергоблоков № 1 и № 2 Нововоронежской АЭС-2 включала >600 экспериментов, связанных с моделированием различных нормативных аварий (короткие замыкания различного вида, успешные и неуспешные автоматические повторные включения линий электропередачи, аварийные отключения крупных генераторов или узлов нагрузки и т. д.) в полной и ремонтных схемах энергосистемы Центра для группы планируемых характерных электрических режимов.

На сегодняшний день на ЦАФК проведено более трех десятков испытаний по выбору и проверке параметров настройки АРВ сильного действия отечественных и зарубежных производителей для действующих или стоящих атомных, гидравлических и тепловых электростанций ЕЭС России, среди которых можно выделить Курскую, Смоленскую, Ростовскую, Белоярскую, Ленинградские (№ 1 и № 2) и Нововоронежские (№ 1 и № 2) АЭС, Саяно-Шушенскую, Усть-Илимскую, Богучанскую, Жигулевскую и Волжскую ГЭС, Рефтинскую, Пермскую, Троицкую и Сургутскую ГРЭС-2 и т. д.

Испытания групповых регуляторов активной и реактивной мощности

К числу устройств режимного управления станционного уровня, изготавливаемых на базе микропроцессорной техники, относятся программно-технологические комплексы группового регулирования активной мощности, напряжения и реактивной мощности (ПТК ГРАМ), включающие две подсистемы: подсистему группового регулирования активной мощности (ГРАМ) и подсистему группового регулирования напряжения и реактивной мощности (ГРНРМ). Практика показывает, что в силу ряда уже упомянутых причин (отсутствие в коллективах разработчиков опытных технологов и программистов, уникальность алгоритмов управления каждым конкретным энергообъектом и т. п.) при разработке ГРАМ и ГРНРМ, как правило, допускаются программные и алгоритмические ошибки, что вызывает технологические нарушения. Далеко не всегда учитываются особенности функционирования станций в энергосистеме, что приводит к нежелательным последствиям при их эксплуатации — нарушению баланса активной мощности в процессе выравнивания загрузки генераторов, неоправданному повышению или понижению напряжения на отдельных системах сборных шин станции, нерациональному перераспределению реактивных мощностей между агрегатами станции, перегрузке отдельных элементов станционного оборудования или контролируемых линий электропередачи и т. д.

Эффективным средством проверки правильности реализации алгоритмов подсистем ГРАМ и ГРНРМ является проведение их испытаний на функционирование в условиях физической модели энергосистемы. Такие испытания проводятся на ЦАФК с 2008 г. Для их проведения разработана специальная технология, обеспечивающая создание адекватной физической модели объекта управления (электростанции) [6]. При этом основными требованиями, обеспечивающими адекватность, являются точное воспроизведение нормальной схемы электростанции с отображением всех выключателей и разъединителей, а также отходящих линий электропередачи и корректное подключение подсистем или их макетов к физической модели. Выходные сигналы подсистем ГРАМ и ГРНРМ воспринимаются модельными регуляторами скорости

и регуляторами возбуждения в качестве задатчиков активной мощности и уставок по напряжению соответствующих генераторов или сборных шин. В ряде случаев по согласованию с разработчиками ПТК ГРАМ физическая модель оснащается датчиками режимных параметров, используемыми в ГРАМ, а генераторы, моделирующие электростанцию, — натурными регуляторами возбуждения, что позволяет детально проработать вопросы стыковки систем управления станционного и агрегатного уровней.

На основании анализа алгоритмов распределения активных и реактивных мощностей между генераторами станции, технических заданий на разработку подсистем ГРАМ и ГРНРМ станций и различных нормативных документов разрабатывается программа комплексных испытаний, которая согласовывается с заказчиками работ, разработчиками ПТК ГРАМ, представителями ОАО «СО ЕЭС». В процессе проведения испытаний проверяется функционирование подсистем в соответствии с требованиями технического задания на разработку ПТК ГРАМ с позиций обеспечения системной надежности. По результатам проведенных испытаний делается заключение о работоспособности испытуемых подсистем ГРАМ и ГРНРМ, даются рекомендации по внесению изменений или дополнений в их алгоритмы, а также рекомендации по выбору настроек. Например, испытания подсистемы ГРНРМ Саяно-Шушенской ГЭС выявили серьезные недостатки как в части сформулированных к алгоритмам технических требований, так и в части реализации самих технологических алгоритмов, исправление которых заняло у разработчиков более года. Вместе с тем большинство рекомендаций удается реализовать и проверить непосредственно в процессе испытаний.

На ЦАФК в ОАО «НТЦ ЕЭС» проводились испытания ПТК ГРАМ или его отдельных подсистем для Саяно-Шушенской ГЭС (разработчик — ООО «ПромАвтоматика»), Нижегородской ГЭС, Зейской ГЭС и Усть-Илимской ГЭС (разработчик — ЗАО «Синетик»), Новосибирской ГЭС (разработчик — ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем»), Усть-Каменогорской ГЭС, Богучанской ГЭС и Братской ГЭС (разработчик — ООО «НПФ «Ракурс»).

Следует подчеркнуть, что во всех проверенных на ЦАФК алгоритмах подсистем ГРАМ и ГРНРМ было выявлено и устранено значительное число алгоритмических и программных ошибок.

Опыт, накопленный в ОАО «НТЦ ЕЭС» за годы проведения испытаний комплексов ГРАМ на ЦАФК, впервые позволил сформировать типовую программу испытаний подсистем ГРАМ, описание которой приведено в [7].

Испытания устройств автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР)

В комплексе защит по обеспечению надежного функционирования энергосистем АЛАР является

одной из последних ступеней, которая решает задачу по предотвращению развития аварийного процесса путем ресинхронизации или деления энергосистемы. Поэтому к устройствам АЛАР предъявляются повышенные требования по надежности и селективности срабатывания. Для комплексной проверки натуральных образцов устройств АЛАР в многообразных схемно-режимных и аварийных ситуациях в условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации, в ОАО «НТЦ ЕЭС» была разработана специальная методика. Эта методика предусматривает проверку на функционирование устройств АЛАР при различных аварийных возмущениях, вызывающих асинхронные режимы с расположением электрического центра качаний как на защищаемом участке сети, так и вне его с каскадным или многочастотным развитием аварийного процесса; при глубоких синхронных колебаниях параметров электрического режима, искажении синусоиды тока и напряжения гармониками и т. д. Методика реализована в типовой «Программе испытаний микропроцессорных устройств автоматики ликвидации асинхронных режимов», утвержденной ОАО «СО ЕЭС». Воспроизведение всех предусматриваемых программой режимов выполняется в специально подготовленной тестовой схеме физической модели энергосистемы.

По упомянутой типовой программе на ЦАФК были проведены испытания на функционирование трех устройств АЛАР: АЛАР-М (ОАО «Энергосеть-проект»), АЛАР-Ц (ОАО «НТЦ ЕЭС») и АЛАР разработки ДВГТУ (ООО «Пассат») в составе МКПА.

В процессе испытаний всех перечисленных устройств были обнаружены различные недостатки как алгоритмического, так и программного характера. Следует отметить, что основные ошибки в работе устройств были связаны с некорректной работой при установке устройств на участке сети с промежуточными отборами мощности, в несимметричных режимах и в режимах с расположением сечения асинхронного хода вне защищаемого участка сети. Выявленные в ходе испытаний ошибки в работе устройств АЛАР устранены или устраняются разработчиками. В настоящее время устройства АЛАР-М и АЛАР-Ц по результатам повторных испытаний рекомендованы к применению в ЕЭС России [8].

Динамические испытания векторных измерителей системы мониторинга переходных режимов ЕЭС России

Начиная с 2005 г. ЦАФК используется для испытаний и проверки на функционирование векторных регистраторов различных моделей. Так, в течение 2005 г. на ЦАФК трижды проводились испытания головных образцов векторных регистраторов SMART-WAMS, изготавливаемых ЗАО «РТСофт». В ходе испытаний алгоритмы регистраторов были значительно скорректированы, что позволило рекомендовать эти регистраторы к применению в ЕЭС России. В настоящее время на базе регистраторов SMART-WAMS

создана и успешно функционирует система мониторинга переходных режимов (СМПР) энергосистемы ЭЭС/ОЭС.

В последующие годы ЦАФК неоднократно использовался для испытаний векторных регистраторов различных компаний. Так, в 2006 г. на ЦАФК проходили сравнительные испытания на функционирование векторные регистраторы SMART-WAMS модели 01 (РТСофт), векторные регистраторы RES-521 (ABB), терминалы N60 с функцией синхронизированного измерения векторов PMU (GE), а в 2008 г. — сравнительные испытания регистраторов SMART-WAMS модели 02 (РТСофт) и Power Sentinel модели 1133 A (Arbiter Systems).

Учитывая то, что испытания векторных регистраторов на функционирование в условиях электродинамической модели являются единственной альтернативой аналогичных испытаний в условиях действующей энергосистемы, испытания, проводившиеся на ЦАФК, были направлены в основном на оценку точности измерения режимных параметров в динамических режимах. Испытания показали, что в значительной области характерных аварийных и послеаварийных режимов, возникающих в результате различных технологических нарушений в энергосистемах, погрешность регистрации параметров режима значительно возрастает, и заявленная разработчиками точность измерений не обеспечивается, что препятствует применению векторных регистраторов для управления аварийными режимами энергосистем. Поэтому целью динамических испытаний векторных регистраторов должна стать оценка точности получения регистраторами параметров стационарных и переходных электрических режимов при различных динамических возмущениях в энергосистеме. Опыт перечисленных выше испытаний, проводившихся на ЦАФК в различных схемах и по различным индивидуальным программам, позволил определить структуру и характеристики универсальной тестовой схемы сложного многочастотного энергообъединения, обеспечивающей физически адекватное воспроизведение большинства характерных динамических режимов, возникающих в реальной энергосистеме, а также перечень экспериментов, позволяющих выполнить оценку погрешностей измерения в этих динамических режимах. Эти эксперименты вошли в разработанную ОАО «НТЦ ЭЭС» типовую программу динамических испытаний векторных регистраторов. Тестовая схема энергосистемы и типовая программа испытаний использовались при проведении проверки правильности функционирования векторных измерителей, выпускаемых различными отечественными компаниями, которая проводилась на ЦАФК в 2012 г. Испытания успешно выдержали векторные измерители ООО «ПАРМА» (ПАРМА РП4.11), ЗАО «Инженерный центр «Энергосервис» (ЭНИП-3), ООО «Прософт-Системы» (РЭС-3 СМПР и ТПА-02) и ЗАО «РТСофт» (МИП-01–10 и МИП-02

А-40.01), которые были рекомендованы для применения в ЭЭС России в качестве элементов СМПР [9].

Выполнение научно-исследовательских работ

Научно-исследовательские работы, выполняемые на ЦАФК, связаны, как правило, с разработкой новых законов управления и регулирования различными энергетическими объектами или созданием эффективных систем мониторинга правильности их функционирования. При этом эффективность применения ЦАФК определяется возможностью подключения разрабатываемого устройства управления и регулирования к адекватной физической модели энергетического объекта, включении последнего в физическую модель энергосистемы требуемой конфигурации и воспроизведении в этой энергосистеме нормальных и аварийных режимов в полной и ремонтных схемах с учетом работы действующих систем режимной и противоаварийной автоматики.

Среди подобных работ можно выделить:

— разработку закона регулирования возбуждения асинхронизированным турбогенератором ТЭЦ-22 Мосэнерго, результатом которой явился отлаженный алгоритм цифрового регулятора возбуждения АРВ-МА;

— исследование возможности применения данных СМПР для управления режимами ЭЭС России, результатом которой явился макет устройства для управления мощностью турбин Сургутской ГРЭС-2 на транзите 500 кВ ОЭС Урала — Тюменская энергосистема, реализация которого способна значительно повысить эффективность использования транзита;

— испытания макета системы мониторинга системных регуляторов, которая в настоящее время внедрена на ряде энергообъектов ЭЭС России [10] и т. п.

Заключение

Для обеспечения системной надежности ЭЭС России при строительстве новых и модернизации действующих энергообъектов устанавливаемые на них микропроцессорные устройства регулирования, управления, защиты и автоматики должны проходить комплексную проверку на функционирование в условиях, максимально приближенных к условиям будущей эксплуатации. Такую проверку позволяет обеспечить цифро-аналого-физический комплекс ОАО «НТЦ ЭЭС», являющийся уникальным испытательным полигоном, которым на сегодняшний день не располагает ни одна энергокомпания мира.

Список литературы

1. Герасимов А.С., Гущина Т.А., Есипович А.Х., Зеккель А.С., Кирьенко Г.В. Опыт использования цифро-аналого-физического комплекса для обеспечения системной надежности ЭЭС России // Электрические станции, №12, 2005.
2. Герасимов А.С., Есипович А.Х., Кирьенко Г.В. Опыт аттестации микропроцессорных регуляторов возбуждения на цифро-аналого-физическом комплексе ОАО «НИИПТ» // Электрические станции, №11, 2010.

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., Кузьмина 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).