**Прикладные научные исследования и экспериментальные разработки в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»**

****

**Проект:** Разработка масштабируемого программно-технического комплекса для управления электрическими подстанциями на базе протокола МЭК 61850

**Соглашение с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации** № 075-15-2019-1214 от 13.06.2019 г. (внутренний номер соглашения 14.578.21.0226, начало реализации проекта 26.09.2017 г., уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI57817X0226)

**Руководитель проекта**: заведующий кафедрой автоматизированных электрических систем УралЭНИН УрФУ, доктор технических наук., профессор Паздерин Андрей Владимирович

**Цели и проекта**

Создание базового комплекта программно-технического комплекса цифровой подстанции (ПТК ЦПС), аппаратная и программная часть которого выполнена на отечественной базе, при этом ПТК ЦПС должен масштабироваться под конкретный важный энергетический объект. В результате реализации проекта будет создан, протестирован ПТК ЦПС (программная и аппаратная часть, ПТК целиком), выявленные в ходе испытаний ПТК ЦПС недостатки будут устранены. Тем самым будет разработан продукт (совокупность продуктов), которые могут быть успешно коммерциализованы на отечественном и мировом рынках. Важно отметить, что в рассматриваемой постановке задачи под важными энергетическими объектами имеется ввиду важные узловые электрические подстанции с классом напряжения высокой стороны 220 кВ или выше. Такие подстанции представляют собой основу, ключевые точки электрических сетей. Развивая технологию цифровых подстанций для важных объектов, не только внедряются цифровые технологии для конкретного типа объектов, но и разрабатываются подходы, которые могут использоваться на различных иерархических уровнях электроэнергетической системы, причем не только для подстанций. Распространение в энергосистемах цифровых подстанций позволит повысить управляемость энергообъединениями за счет роста надежности управления на нижнем иерархическом уровне, а также благодаря возможностям интеллектуального взаимодействия устройств управления и контроля. За счет развития цифровых технологий в электроэнергетике и повышения благодаря им управляемости и надежности энергообъектами будет происходить рост качества и бесперебойности электроснабжения потребителей.

**Ожидаемые результаты проекта**

В результате реализации проекта будут достигнуты следующие технологические эффекты:

1. повышение надежности функционирования подстанций и электроэнергетических систем;

2. снижение расходов на эксплуатацию систем управления подстанции в течение жизненного цикла;

3. уменьшение использования меди про построении систем управления подстанцией;

4. развитие технологий управляемых систем передачи электроэнергии (в результате развития технологий развития интеллектуальной энергетики на основе результатов реализации проекта по созданию ПТК ЦПС);

 5. минимизация технологических потерь в электрической сети (в результате развития технологий развития интеллектуальной энергетики на основе результатов реализации проекта по созданию ПТК ЦПС);

6. управление потреблением, приводящее к выравниванию нагрузки (в результате развития технологий развития интеллектуальной энергетики на основе результатов реализации проекта по созданию ПТК ЦПС).

В результате реализации технологических эффектов будут достигнуты следующие социально-экономические эффекты:

1. рост производительности труда в следствие высокой степени автоматизации цифровой подстанции (многие системы станут автоматическими) и связанное с ним сокращение численности эксплуатационного персонала;

2. снижение энергоемкости производства и транспорта электрической энергии в целом за счет повышения надежности и оптимальности управления как на уровне подстанции, так и на более высоком иерархическом уровне (более точная дозировка управляющих воздействий и надежность их реализации позволит снизить необходимый запас резервов на электрических станциях и загружать наиболее эффективные; управление сетевой инфраструктурой с помощью интеллектуальных технологий для минимизации потерь в электрических сетях);

3. снижение ресурсоемкости процесса производства и транспорта электрической энергии (уменьшение объема использованной меди на подстанциях; более точная дозировка управляющих воздействий и надежность их реализации, выравнивание графика нагрузки позволят снизить необходимый запас резервов в сетевой инфраструктуре);

4. снижение потребления ресурсов, предотвращение аварий за счет повышения надежности энергосистем приводят к снижению отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду;

5. снижение (замедление роста) стоимости электроэнергии для предприятий и населения (из-за уменьшения вложений в электроэнергетику в следствие снижения необходимых запасов в сетевой инфраструктуре, объемов использования меди на подстанциях, оптимизации потерь электроэнергии в сети, загрузки наиболее эффективных станций; снижения эксплуатационных затрат). Снижение (замедление роста) цен на электроэнергию может выступить драйвером экономического роста, что будет способствовать повышению уровня и качества жизни населения;

6. снижение числа травм и смертности на предприятиях электросетевого комплекса в результате автоматизации систем управления, роста числа автоматических систем в электроэнергетике, снижения числа технологических возмущений и связанных с ними ремонтных работ;

7. рост занятости в сфере высокотехнологического производства в России благодаря производству ПТК ЦПС и интеллектуальных систем и устройств;

8. улучшение условий для подготовки специалистов электроэнергетической отрасли благодаря развитию лабораторной базы УрФУ в ходе проекта за счет создания экспериментального стенда;

9. цифровизация электроэнергетической отрасли благодаря развитию технологий ПТК ЦПС выступит движущей силой для цифровизации связанных с электроэнергетикой отраслей (теплоэнергетики, машиностроения и т.д.), что в свою очередь будет способствовать цифровизации всей экономики России. Это приведет к росту ее эффективности и конкурентоспособности с соответствующими социально-экономическими эффектами.

**Партнеры проекта**

ООО «Прософт-Системы - одно из крупнейших высокотехнологичных предприятий России, которая занимается разработкой, поставкой и внедрением под ключ высокотехнологичных приборов и систем автоматизации для энергетической, нефтегазовой, металлургической и других отраслей промышленности. Сайт компании: http://www.prosoftsystems.ru/

**Результаты исследовательской работы, полученные в 2017 г.**

УрФУ по первому этапу проекта «Разработка концепции создаваемого программно-технического комплекса цифровой подстанции (ПТК ЦПС)», выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИЭР. В обзоре рассматриваются существующие концепции создания цифровых подстанций. Также в рамках работы над проектом университетом за счет средств субсидии выполнены: обоснование и выбор перспективных направлений построения базового комплекта ПТК ЦПС, разработка концепции построения базового комплекта ПТК ЦПС с применением отечественной элементной базы, разработка концепции создания экспериментального стенда для проведения исследовательских испытаний экспериментального образца ПТК ЦПС (с закупкой необходимого оборудования и программного обеспечения). За счет средств Индустриального партнера выполнена разработка программной и аппаратной структуры базового комплекта ПТК ЦПС и проведены патентные исследования по тематике проекта. Индустриальным партнером за счет собственных средств разработаны требования к элементам ПТК ЦПС и ПТК ЦПС в целом, подготовлены частные технические задания на разработку экспериментального образца аналогового и дискретного устройств сопряжения.

**Результаты исследовательской работы, полученные в 2018 г.**

Результаты работ УрФУ по второму этапу проекта «Создание экспериментального стенда и программного обеспечения для конфигурирования ПТК ЦПС» включают разработку тестовой модели энергосистемы с применением программно-аппаратного комплекса реального времени (ПАК РВ), разработку эскизного проекта экспериментального стенда для проведения исследовательских испытаний ПТК ЦПС, изготовление экспериментального стенда для проведения исследовательских испытаний ПТК ЦПС, успешные исследовательские испытания программного обеспечения экспериментального стенда для проведения исследовательских испытаний ПТК ЦПС, что подтверждается их анализом, разработку частного технического задания на разработку программного обеспечения экспериментального образца ПТК ЦПС, программы и методики исследовательских испытаний программного обеспечения экспериментального образца ПТК ЦПС. Все указанные выше работы выполнены за счет средств федеральной субсидии. За счет средств Индустриального партнера разработана программа и методика испытаний экспериментального стенда для проведения исследовательских испытаний ПТК ЦПС, проведены названные выше испытания, а также выполнен их анализ, подтвердивший наличие намеченных характеристик стенда и направления его развития. Также УрФУ в 2018 году разработаны: типовые конфигурации для устройств управления цифровой подстанцией в соответствии со стандартом МЭК 61850 на языке SCL, программа и методика исследовательских испытаний экспериментального образца дискретного устройства сопряжения, программа и методика исследовательских испытаний экспериментального образца аналогового устройства сопряжения. ООО «Прософт-Системы» в 2018 году разработано частное техническое задания на разработку программного обеспечения экспериментального стенда для проведения исследовательских испытаний ПТК ЦПС, программа и методика исследовательских испытаний программного обеспечения экспериментального стенда для проведения исследовательских испытаний ПТК ЦПС, само программное обеспечение экспериментального стенда для проведения исследовательских испытаний ПТК ЦПС, частное техническое задания на разработку экспериментального образца устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики. Так же Индустриальным партнером по проекту разработан эскизный проект экспериментального образца дискретного устройства сопряжения (в том числе изготовлен и испытан макета образца дискретного устройства сопряжения), а также разработан эскизный проект экспериментального образца аналогового устройства сопряжения (в том числе изготовлен и испытан макета образца аналогового устройства сопряжения).

**Результаты исследовательской работы, полученные в 2019 г.** В результате выполнения работ по проекту в ходе этапа 3 «Создание и тестирование ПТК ЦПС» получены следующие результаты при выполнении работ за счет средств субсидии. 1. Проведены исследовательских испытаний экспериментального образца аналогового устройства сопряжения. Работа выполнялась на основе ранее разработанной программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца аналогового устройства сопряжения, ее цель - проверка базового элемента программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции (ПТК ЦПС), обеспечивающего большую часть данных для управления подстанцией. 2. Проведены исследовательских испытаний экспериментального образца дискретного устройства сопряжения. Работа выполнялась на основе ранее разработанной программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца дискретного устройства сопряжения, ее цель - проверка базового элемента программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции, обеспечивающего большую часть данных для управления подстанцией. 3. Выполнен анализ результатов исследовательских испытаний экспериментального образца аналогового устройства сопряжения. В ходе работы подтверждено соответствие образца аналогового устройства сопряжения, созданного при реализации проекта, требованиям, предъявляемым к соответствующим устройствам, а также возможность использовать устройство для построения цифровой подстанции. 4. Выполнен анализ результатов исследовательских испытаний экспериментального образца дискретного устройства сопряжения. В ходе работы подтверждено соответствие образца дискретного устройства сопряжения, созданного при реализации проекта, требованиям, предъявляемым к соответствующим устройствам, а также возможность использовать устройство для построения цифровой подстанции. 5. Разработан эскизный проект экспериментального образца ПТК ЦПС. Эскизный проект создан с целью создания из отдельных элементов и составляющих программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции самого комплекса, причем такого, который может успешно функционировать и испытываться. 6. Проведены исследовательские испытания программного обеспечения экспериментального образца ПТК ЦПС. В ходе испытаний проверено функционирование отдельных элементом (модулей) программного обеспечения, взаимосвязи модулей и совместная работа модулей. Кроме того, проверялось соответствие разработанного программного обеспечения целям и задачам проекта. Испытания проводились на основе разработанной ранее программы и методики испытаний. 7. Выполнен анализ результатов исследовательских испытаний программного обеспечения экспериментального образца ПТК ЦПС. Установлено, что программное обеспечение и его элементы функционируют на высоком технологическом уровне, соответствуют целям и задачам реализации проекта и позволят построить функционирующий масштабируемый ПТК ЦПС. На основе анализа намечены направления возможного развития и совершенствования программного обеспечения ПТК ЦПС. 8. Изготовлен экспериментальный образец ПТК ЦПС. Изготовление выполнено на основе разработанного ранее эскизного проекта. Созданный образец ПТК ЦПС предназначен для тестирования на созданном ранее экспериментальном стенде с помощью комплекса моделирования в реальном времени. 9. Проведены исследовательские испытания экспериментального образца ПТК ЦПС. В ходе испытаний проверено функционирование отдельных элементом ПТК ЦПС при работе всего комплекса, взаимосвязи элементов и их совместная работа. Кроме того, проверялось соответствие разработанного ПТК ЦПС целям и задачам проекта. Испытания проводились на основе разработанной ранее программы и методики испытаний. 10. Выполнен анализ результатов исследовательских испытаний экспериментального образца ПТК ЦПС. Установлено, что ПТК ЦПС и его элементы функционируют на высоком технологическом уровне, соответствуют целям и задачам реализации проекта, фактически построен функционирующий масштабируемый ПТК ЦПС. На основе анализа намечены направления возможного развития и совершенствования ПТК ЦПС и его элементов. 11. Выполнено обобщение и сформулированы выводы по результатам прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (ПНИЭР). В рамках данной работы предложены направления совершенствования созданного ПТК ЦПС, разработаны и описаны инструменты для улучшения ПТК ЦПС. Проанализированы недостатки ПТК ЦПС и способы их устранения. Также сделан вывод о том, что созданный программно-аппаратный комплекс соответствует целям и задачам проекта, имеет гибкую структуру, при выявлении недостатков и необходимости в развитии может быть легко модернизирован. 12. Выполнена технико-экономическая оценка результатов прикладных научных исследований и экспериментальных разработок. Произведенная оценка помогла установить ключевые технические и экономические преимущества созданного ПТК ЦПС, которые позволят добиться применению наработок в электроэнергетике. 13. Разработан проект технического задания на проведение ОКР по теме: «Разработка опытного образца централизованного устройства управления подстанцией». Тем самым создана документированная база для развития и применения разработанного ПТК ЦПС, продолжения сотрудничества УрФУ и ООО "Прософт-Системы" по тематике проекта. Проект является результатам работ над структурой ПТК ЦПС. При выполнении работ 2019 года за счет Индустриального партнера по проекту ООО «Прософт-Системы» получены следующие результаты. 1. Разработана программа и методика исследовательских испытаний экспериментального образца устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики. Важность работу обусловлена тем, что созданный документ позволил в 2019 году качественно, быстро и эффективно провести испытания важного элементов ПТК ЦПС - устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики. 2. Разработана программа и методика исследовательских испытаний экспериментального образца ПТК ЦПС. Благодаря подготовки данного документы был выстроен процесс проведения финальных испытаний в рамках проекта, на основании которого делаются заключительные выводы. 3. Разработана программная документация на программное обеспечение экспериментального стенда для проведения исследовательских испытаний ПТК ЦПС. Выполнение данной работы позволило обобщить и структурировать наработки по программному обеспечению экспериментального стенда, способствовало итоговому анализу результатов работы по проекту. Кроме того, документация облегчает работу с экспериментальным стендом, что упростило проведение испытаний ПТК ЦПС. 4. Проведены исследовательские испытания экспериментального образца устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики. Работа выполнялась на основе ранее разработанной программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики, ее цель - проверка элемента программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции, обеспечивающего принципиальные для управления подстанцией функции. 5. Выполнен анализ результатов исследовательских испытаний экспериментального образца устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики. В ходе работы подтверждено соответствие образца устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики, созданного при реализации проекта, требованиям, предъявляемым к соответствующим устройствам, а также возможность использовать устройство для построения цифровой подстанции. 6. Разработаны предложения и рекомендации по реализации (коммерциализации) результатов ПНИЭР, вовлечению их в хозяйственный оборот. В рамках данной работы сформулированы предложения УрФУ, направленные на повышение экономического эффекта для Индустриального партнера при продаже ПТК ЦПС и его элементов. 7. Разработаны технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации ПТК ЦПС с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера. Цель данной работы заключалась в описании предложений по тиражированию (производству) ПТК ЦПС и его элементов Индустриальным партнером, причем на основе имеющихся процессов, оборудования и т.д., с минимумом дополнительных затрат на перестройку технологических процессов. 8. Разработана программная документация на программное обеспечение экспериментального образца ПТК ЦПС. Выполнение данной работы позволило обобщить и структурировать наработки по программному обеспечению экспериментального образца ПК ЦПС, способствовало итоговому анализу результатов работы по проекту. Кроме того, документация заметно облегчает работу с программным обеспечением ПТК ЦПС, что будет способствовать коммерциализации результатов проекта. Кроме того, при выполнении третьего этапа проекта самим Индустриальным партнером получены следующие результаты, без которых реализация проекта была бы невозможна. 1. Изготовлен экспериментальный образец дискретного устройства сопряжения. Работы по данному пункту План-графика выполнялись Индустриальным партнером по проекту за счет собственных средств, в результате создан образец базового элемента ПТК ЦПС, обеспечивающий большую часть данных для управления подстанцией. Образец создан на основе разработанной в ходе проекта документации. 2. Изготовлен экспериментальный образец аналогового устройства сопряжения (работа за счет собственных средств Индустриального партнера из внебюджетных источников). Работы по данному пункту План-графика выполнялись Индустриальным партнером по проекту за счет собственных средств, в результате создан образец базового элемента ПТК ЦПС, обеспечивающий большую часть данных для управления подстанцией. Образец создан на основе разработанной в ходе проекта документации. 3. Разработан эскизный проект экспериментального образца устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики. Работы по данному пункту План-графика выполнялись Индустриальным партнером по проекту за счет собственных средств, в результате их выполнения подготовлена документированная основа для создания в 2019 году образца элемента программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции, обеспечивающего принципиальные для управления подстанцией функции защиты и противоаварийной автоматики. 4. Разработано программное обеспечения экспериментального образца ПТК ЦПС. Работы по данному пункту План-графика выполнялись Индустриальным партнером по проекту за счет собственных средств, на основании ранее созданной документации и с учетом целей реализации проекта. 5. Изготовлен экспериментальный образец устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики. Работы по данному пункту План-графика выполнялись Индустриальным партнером по проекту за счет собственных средств, в результате создан образец базового элемента ПТК ЦПС, обеспечивающий важнейшие функции системы управления подстанцией. 6. Проведены маркетинговые исследования ПТК ЦПС. Работы по данному пункту План-графика выполнялись Индустриальным партнером по проекту за счет собственных средств, в результате проведен анализ рынка ПТК ЦПС, тенденций его развития.

Полученные в 2017-2019 гг. результаты работ по проекту «Разработка масштабируемого программно-технического комплекса для управления электрическими подстанциями на базе протокола МЭК 61850» соответствуют техническому заданию, План-графику выполнения работ, целям и задачам проекта.

О представлении результатов работ по проекту можно также узнать на сайте:

http://aes-digitsubstation.ru/index.php