

Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

Номер Соглашения о предоставлении субсидии/государственного контракта: 14.579.21.0045

Название проекта: Разработка автоматизированного узла регулирования транспортных потоков мощности в интеллектуальной распределительной электрической сети

Основное приоритетное направление: Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

Исполнитель: Открытое акционерное общество "Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского"

Руководитель проекта: Панфилов Дмитрий Иванович

Должность: Первый заместитель Генерального директора, Научный руководитель

E-mail: dmitry.panfilov@inbox.ru

Ключевые слова: *активно-адаптивная электрическая сеть, интеллектуализация сети, системы электроснабжения, устройство регулирования потоков мощности, фазоповоротное устройство, универсальный конвертор, микропроцессорная система управления, имитационные модели, экспериментальный образец*

Цель проекта

1. Концепция интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью требует внедрения в структуру электрической сети широкого класса преобразовательных устройств, основными среди которых являются устройства регулирования транспортных потоков мощности, разработка и исследование которых выполняются в рамках настоящего проекта.
2. Целью проекта является разработка научно-технических решений по созданию автоматизированного узла регулирования транспортных потоков мощности (АУРТПМ) с микропроцессорной системой управления на основе современных технологий проектирования устройств силовой электроники и цифровых систем управления, предназначенного для интеллектуализации процесса передачи и распределения электрической энергии в активно-адаптивных электрических сетях и обеспечения высокого уровня надежности и экономичности систем электроснабжения потребителей.

Основные планируемые результаты проекта

1. К основным планируемым результатам проекта относятся:
 - методические рекомендации по проектированию автоматизированных узлов регулирования транспортных потоков мощности (АУРТПМ);
 - экспериментальный образец АУРТПМ, включающий следующее оборудование: силовые трансформаторы, полупроводниковый преобразователь с цифровой системой управления, блок автоматического управления режимами АУРТПМ;
 - имитационные модели оборудования АУРТПМ: силовых трансформаторов, полупроводникового преобразователя и его цифровой системы управления, блока автоматического управления режимами. Имитационная модель АУРТПМ;

- алгоритмы управления полупроводниковым преобразователем в составе АУРТПМ;
 - алгоритмы функционирования блока автоматического управления режимами АУРТПМ;
 - программа и методики проведения экспериментальных исследований экспериментального образца АУРТПМ;
 - проект технического задания на проведение ОКР по теме: «Создание опытно-промышленного образца автоматизированного узла регулирования транспортных потоков мощности в интеллектуальных распределительных и магистральных электрических сетях выбранных классов напряжений».
2. Основные характеристики планируемых результатов:
- разрабатываемые в ходе ПНИ научно-технические решения ориентированы на технологии создания быстродействующих устройств регулирования параметров электрической сети, обеспечивающих повышение уровня надежности и экономичности систем электроснабжения потребителей не менее чем на 10%;
 - алгоритмы управления полупроводниковым преобразователем АУРТПМ предназначены для обеспечения надёжной работы узла регулирования транспортных потоков в составе активно-адаптивной электрической сети в режиме реального времени (в темпе процесса);
 - методические рекомендации по проектированию автоматизированных узлов регулирования транспортных потоков мощности разрабатываются в соответствии с основными положениями концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью;
 - экспериментальный образец АУРТПМ должен быть предназначен для исследования и апробации полученных научно-технических решений по интеллектуализации процесса передачи и распределения электрической энергии в интеллектуальных электрических сетях;
 - экспериментальный образец АУРТПМ должен обеспечивать регулирование активных и реактивных потоков мощности электрической энергии величиной не менее 25 кВА.

Краткая характеристика создаваемой/созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции

1. В качестве основы построения автоматизированного узла регулирования транспортных потоков мощности принято фазоповоротное устройство (ФПУ) с полупроводниковым коммутатором. Быстродействующие высоконадёжные ФПУ с полупроводниковыми коммутаторами являются одними из наиболее востребованных, технически и экономически эффективных инструментов активно-адаптивных электрических сетей.
2. Предлагаемое ФПУ отличается оригинальной топологией построения и алгоритмами управления его полупроводниковым преобразователем, обеспечивающими повышенную надёжность функционирования АУРТПМ в целом. Выбранное схмотехническое решение по построению ФПУ, в отличие от альтернативных, позволяет обеспечить равенство модулей напряжения на входе и выходе устройства, что в значительной степени расширяет возможный диапазон вводимых углов фазового сдвига при выполнении

нормативов по показателям качества электроэнергии в электрических сетях.

3. На сегодняшний день в России и мире не эксплуатируются фазоповоротные устройства с полупроводниковыми коммутаторами. Ближайшими и широко распространёнными за рубежом прототипами данных устройств являются фазоповоротные трансформаторы с механическими устройствами регулирования под нагрузкой, быстродействие которых в сотни раз уступает предлагаемому в данном проекте техническому решению.

4. Достижение заявленных результатов обеспечивается решением следующих научно-технических задач:

- проведение анализа научно-технической литературы и патентного поиска по тематике исследования;
- анализ современной элементной базы силовой и цифровой электроники, потенциально пригодной для применения в составе быстродействующих высоконадёжных устройств управления потоками мощности;
- исследование электромагнитных процессов и характеристик устройств управления потоками мощности различных топологий с целью выбора наиболее эффективного решения;
- разработка и создание имитационной модели АУРТПМ выбранной топологии и его системы управления, совместно с моделью электроэнергетической системы;
- изготовление экспериментального образца АУРТПМ;
- проведение экспериментальных исследований на изготовленном экспериментальном образце АУРТПМ с целью подтверждения обоснованности принятых технических решений и исследования разработанных алгоритмов управления.

Назначение и область применения, эффекты от внедрения результатов проекта

1. Автоматизированный узел управления транспортными потоками мощности (АУРТПМ) предназначен для управления потоками энергии в электрических сетях класса 6 кВ и выше. Потенциальными потребителями результатов выполняемого проекта являются ПАО «Российские сети», ПАО «ФСК ЕЭС», и их сетевые подразделения, ПАО «РАО «Энергетические системы востока», сетевые компании зарубежных стран, а также компании, генерирующие электрическую энергию.

2. На сегодняшний день в структуре Единой Национальной Электрической Сети (ЕНЭС) России, эксплуатируемой ПАО «ФСК ЕЭС», по данным ОАО «Институт «Энергосетьпроект» насчитывается более 10 объектов, на которых применение АУРТПМ является востребованным. В структуре распределительных электрических сетей проблемы, вызванные отсутствием возможности управления потоками мощности, стоят ещё более остро, наиболее эффективным средством их решения также является внедрение АУРТПМ. За счёт непрерывного роста энергопотребления и вызванного этим усложнения структуры электрических сетей востребованность применения данных устройств будет только возрастать. Указанная позиция полностью подтверждается основными положениями концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью, разработанной ОАО «ФСК ЕЭС» в

2012г.

3. Успешное решение поставленных в рамках проекта задач позволит создать технологию мирового уровня по разработке и внедрению быстродействующих устройств регулирования транспортных потоков мощности на базе полупроводниковых преобразователей электрической энергии с цифровыми системами управления. Решение поставленных в рамках ПНИ задач является необходимым и важным условием создания технологического базиса для реализации концепции активно-адаптивной электрической сети с последующим её практическим воплощением, что в конечном итоге позволит существенно повысить надёжность и эффективность функционирования электроэнергетической отрасли страны. Одним из основных принципов реализации проекта является использование при проектировании АУРТПМ отечественной компонентной базы силовой электротехники и электроники, что, в свою очередь, способствует обеспечению технологической независимости страны в области электроэнергетики.

4. В рамках реализуемого проекта создаётся мощный высоковольтный экспериментальный образец АУРТПМ совместно с физической моделью 3-фазной ЛЭП 10 кВ с изменяемым фазовым сдвигом по концам линии. Указанное экспериментальное оборудование в совокупности является уникальным и может быть использовано для проведения научных экспериментов по различным тематическим направлениям, включающим исследование сетевых полупроводниковых преобразователей и их систем управления, исследование автоматических регуляторов FACTS и систем управления верхнего уровня для электроэнергетики, исследование электромагнитных процессов в активно-адаптивных электрических сетях и пр.

Текущие результаты проекта

1. Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках проекта.
2. Проведены патентные исследования.
3. Проведено исследование характеристик и особенностей функционирования распределительных электрических сетей.
4. Разработана обобщенная имитационная модель распределительной сети для исследования характеристик АУРТПМ.
5. Исследованы возможные варианты построения АУРТПМ, проведена их сравнительная оценка по функциональным и технико-экономическим показателям.
6. Выбрана топология построения АУРТПМ.
7. Разработаны имитационные модели оборудования АУРТПМ: силовых трансформаторов и полупроводникового преобразователя.
8. Проведены настройка и верификация имитационных моделей оборудования АУРТПМ: силовых трансформаторов и полупроводникового преобразователя.
9. Разработана имитационная модель АУРТПМ на базе имитационных моделей силовых трансформаторов и полупроводникового преобразователя АУРТПМ.
10. Проведена верификация и настройка обобщенной имитационной модели

распределительной сети для исследования характеристик АУРТПМ.

11. На имитационной модели исследованы внешние, регулировочные и перегрузочные характеристики АУРТПМ в нормальных и аварийных режимах работы.

12. Проведена настройка и верификация имитационной модели АУРТПМ.

13. Сформулированы требования к оборудованию АУРТПМ.

14. Промежуточные результаты ПНИ освещены на конференциях и научных семинарах.

15. Разработаны и исследованы на имитационной модели АУРТПМ алгоритмы управления полупроводниковым преобразователем АУРТПМ.

16. Разработаны и исследованы на имитационной модели АУРТПМ алгоритмы функционирования блока автоматического управления режимами АУРТПМ.

17. Сформулированы требования к блоку автоматического управления режимами АУРТПМ и цифровой системе управления полупроводниковым преобразователем в составе АУРТПМ.

18. Разработаны и верифицированы имитационные модели блока автоматического управления режимами АУРТПМ и цифровой системы управления полупроводниковым преобразователем в составе АУРТПМ.