

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

Тематическое направление

Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

Исполнитель

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

Цели и задачи исследования

Целью исследования 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.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи: проанализирована научно-техническая литература и проведен патентный поиск по тематике исследования; проанализирована современная элементная база силовой и цифровой электроники, потенциально пригодной для применения в составе быстродействующих высоконадёжных устройств управления потоками мощности; исследованы характеристики устройств управления потоками мощности различных топологий, выбраны схемотехнические решения; созданы имитационные модели электроэнергетической системы, АУРТПМ и его системы управления для исследования электромагнитных процессов; разработаны алгоритмы управления АУРТПМ; изготовлен экспериментальный образец АУРТПМ; проведены исследования принятых технических решений на экспериментальном образце АУРТПМ.

Актуальность и новизна исследования

На сегодняшний день в структуре Единой Национальной Электрической Сети (ЕНЭС) России, эксплуатируемой ОАО «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.

Описание исследования

Разрабатываемые в ходе исследования 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 разрабатывались в соответствии с основными положениями концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью;

Экспериментальный образец АУРТПМ предназначен для исследования и апробации полученных научно-технических решений по интеллектуализации процесса передачи и распределения электрической энергии в интеллектуальных электрических сетях;

Экспериментальный образец АУРТПМ обеспечивает регулирование активных и реактивных потоков мощности электрической энергии величиной не менее 25 кВА.

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.

Предлагаемое ФПУ отличается оригинальной топологией построения и алгоритмами управления его полупроводниковым преобразователем, обеспечивающими повышенную надёжность функционирования АУРТПМ в целом. Выбранное схемотехническое 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.

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.

Достижение заявленных результатов обеспечивалось решением следующих научно-технических задач:

- проведен анализ научно-технической литературы и патентного поиска по тематике исследования;
- проанализирована современная элементная базы силовой и цифровой электроники, потенциально пригодной для применения в составе быстродействующих высоконадёжных устройств управления потоками мощности;
- исследованы электромагнитные процессы и характеристики устройств управления потоками мощности различных топологий с целью выбора наиболее эффективного решения;
- разработаны и созданы имитационные модели АУРТПМ выбранной топологии и его системы управления, совместно с моделью электроэнергетической системы;
- изготовлен экспериментальный образец АУРТПМ;
- проведены экспериментальные исследования на изготовленном экспериментальном образце АУРТПМ с целью подтверждения обоснованности принятых технических решений и исследования разработанных алгоритмов управления.

Результаты исследования

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. Исследованы возможные варианты построения АУРТПМ, проведена их сравнительная оценка по функциональным и технико-экономическим показателям.
5. Выбрана топология построения АУРТПМ.
6. Разработаны имитационные модели оборудования АУРТПМ: силовых трансформаторов и полупроводникового преобразователя.
7. Проведены настройка и верификация имитационных моделей оборудования АУРТПМ: силовых трансформаторов и полупроводникового преобразователя.
8. Проведена настройка и верификация имитационной модели АУРТПМ.
9. Сформулированы требования к оборудованию АУРТПМ.
10. Результаты исследования освещены на конференциях и научных семинарах.
11. Разработаны и исследованы на имитационной модели АУРТПМ алгоритмы управления полупроводниковым преобразователем АУРТПМ.
12. Сформулированы требования к экспериментальному образцу АУРТПМ.

13. Разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец АУРТПМ
14. Изготовлен и налажен экспериментальный образец АУРТПМ.
15. Разработана программа и методика проведения экспериментальных исследований экспериментального образца АУРТПМ.
16. Исследованы внешних, регулировочных и перегрузочных характеристик экспериментального образца АУРТПМ в нормальных и аварийных режимах работы.
17. Исследованы и апробированы разработанные алгоритмы управления полупроводниковым преобразователем и алгоритмы функционирования блока автоматического управления режимами АУРТПМ.
18. Проанализированы и сопоставлены данные имитационного моделирования и экспериментальных исследований.
19. Разработано программное обеспечение системы управления полупроводниковым преобразователем в составе АУРТПМ.
20. Разработана программная документация на программное обеспечение АУРТПМ
21. Разработаны программы и методики испытаний программного обеспечения АУРТПМ.
22. Разработаны методические рекомендации по проектированию автоматизированных узлов регулирования транспортных потоков мощности.
23. Разработаны технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации продукции с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера - организации реального сектора экономики.
24. Разработан 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».
25. Осуществлена оценка полноты решения задачи и достижения поставленных целей исследования.
26. Проведена технико-экономическая оценка эффективности полученных результатов исследования в сравнении с современным научно-техническим уровнем.
27. Проведена оценка результатов интеллектуальной деятельности, полученных при разработке АУРТПМ с целью их вовлечения в хозяйственный оборот.
28. Проведены маркетинговые исследования с целью изучения перспектив коммерциализации интеллектуальной деятельности, полученных при выполнении исследования.

Практическая значимость исследования

Автоматизированный узел управления транспортных потоков мощности (АУРТПМ) предназначен для управления потоками энергии в электрических сетях класса 6 кВ и выше. Потенциальными потребителями результатов выполняемого ПНИ являются ОАО «Российские сети», ОАО «ФСК ЕЭС», и их сетевые подразделения, сетевые компании зарубежных стран, а также компании, генерирующие электрическую энергию.

Успешное решение поставленных в рамках проекта задач позволило 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 данного исследования 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.

В рамках реализуемого проекта был создан 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.