

Разработка и экспериментальная апробация технических решений по созданию автономных полупроводниковых управляющих устройств продольной компенсации для повышения надёжности воздушных линий электропередачи

Работа проведена в 2018 г. в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» в период с 1 января 2018 г. по 31 декабря 2018 г.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0140 от 26 сентября 2017 г. (Этап 2).

Уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57417X0140

Научный руководитель проекта: доцент кафедры Промышленной электроники,
к.т.н. Рашитов Павел Ахматович

Ответственный исполнитель: доцент кафедры Промышленной электроники,
к.т.н. Асташев Михаил Георгиевич.

1 Цели выполнения ПНИ

1.1 Разработка и исследование новых технических решений по созданию автономных управляющих устройств продольной компенсации (АУУПК) в линиях электропередачи (ЛЭП) на основе силовых полупроводниковых преобразователей с применением отечественной элементной базы с возможностью введения регулируемого сопротивления индуктивного и емкостного характера в широком диапазоне изменения токов электрической сети, предназначенных для установки на опорах ЛЭП.

1.2 Разработка имитационных и математических моделей и создание экспериментального образца для отработки основных технических решений по силовой схеме и микропроцессорной системе управления АУУПК с дистанционным и автономным управлением.

1.3 Развитие отечественного производства высокотехнологичной полупроводниковой продукции с высоким экспортным потенциалом на основе отечественной компонентной базы и полной локализацией производства на территории страны.

1.4 Защита интеллектуальной собственности по основным инновационным аспектам предлагаемой технологии.

2. Основные результаты ПНИ

В 2018 году в рамках 2 этапа в период с 1 января 2018 г. по 31 декабря 2018 г. выполнены следующие работы:

1. Разработаны топологии построения силового преобразователя автономного полупроводникового управляющего устройства продольной компенсации (АУУПК);

2. Разработаны и верифицированы имитационные модели силового преобразователя АУУПК.

3. Проведено исследование на имитационных моделях режимов работы и электромагнитных процессов различных видов АУУПК.

4. Разработаны алгоритмы управления силовым преобразователем для каждого вида АУУПК.

5. Разработана топология построения источника питания собственных нужд АУУПК, по которой разработана и верифицирована имитационная модель источника питания собственных нужд АУУПК.

6. Разработана и верифицирована имитационная модель системы управления силовым преобразователем АУУПК.

7. Разработана структура универсальной системы управления и принципиальные схемы отдельных ее узлов.

8. Разработано программное обеспечение модуля дистанционного управления в составе системы управления АУУПК.

9. Проведено исследование рынка силовых полупроводниковых ключей отечественного производства.

10. Разработана программа и методика проведения исследовательских испытаний на электромагнитную совместимость экспериментального образца АУУПК.

11. Проведены дополнительные патентные исследования на поданные заявки РИД и оформлены в соответствии с ГОСТ 15.011-96.

При этом были получены следующие результаты:

1. Разработаны топологии построения силового преобразователя АУУПК в трех видах: трансформаторный АУУПК, распределенный АУУПК, АУУПК с последовательным многообмоточным трансформатором и реактивным элементом.

2. Разработаны и верифицированы имитационные модели силового преобразователя АУУПК трех видов с учётом характеристик выбранных полупроводниковых ключей.

3. Проведено исследование на имитационных моделях режимов работы, регулировочных характеристик, динамических электромагнитных процессов различных видов АУУПК в линейном и нелинейном режиме работы трансформатора.

4. Разработаны алгоритмы управления силовым преобразователем для трансформаторного АУУПК и распределенного типа АУУПК. Для распределенного типа АУУПК получено два способа формирования управляющих воздействий для стабилизации и регулирования вводимого вольтодобавочного напряжения.

5. Разработана топология построения источника питания собственных нужд АУУПК, позволяющая производить отбор мощности от тока в линии электропередачи. Разработанная топология позволяет работать в широком диапазоне изменения тока линии электропередачи с высоким КПД. Также разработана и верифицирована имитационная модель источника питания собственных нужд АУУПК.

6. Разработана и верифицирована имитационная модель системы управления силовым преобразователем АУУПК для трансформаторного АУУПК и распределенного типа АУУПК.

7. Разработана структура универсальной системы управления и принципиальные схемы отдельных ее узлов, проведено изготовление системы управления и вспомогательных узлов.

8. Разработано программное обеспечение модуля дистанционного управления в составе системы управления АУУПК, которое позволяет по GSM каналу осуществлять удаленный доступ к устройству. Разработана серверная часть, которая позволяет хранить и отображать состояние устройства АУУПК во времени.

9. Проведено исследование рынка силовых полупроводниковых ключей отечественного производства их базовых характеристик и стоимостных показателей с целью оценки возможности их применения в структуре силового полупроводникового преобразователя АУУПК.

10. Проведённые в соответствии с перечнем работ по текущему этапу дополнительные патентные исследования не выявили документов, препятствующих применению результатов работ, проводимых в настоящем ПНИ, в Российской Федерации и других странах.

Проведена популяризация промежуточных результатов ПНИ на следующих мероприятиях:

- 1) РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА XXIV Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов. Москва. Дата проведения – 15-16 марта 2018г.
- 2) «Энергия-2018» Тринадцатая Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Иваново. Дата проведения – 3-5 апреля 2018г.
- 3) 18th IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering. Италия, Палермо. Дата проведения – 12-15 июня 2018г.
- 4) Энергосбережение - теория и практика. Девятая международная школа – семинар молодых ученых и специалистов. Москва. Дата проведения 5 – 12 октября 2018г.
- 5) «2018 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON)», Рига, Латвия. Дата проведения – 12-14 ноября 2018г.

Подано 2 заявки на получение результата интеллектуальной деятельности:

- 1) «Способ управления фазоповоротным устройством» № 2018109746 Дата подачи заявки 20.03.2018;
- 2) «Способ управления фазоповоротным устройством при коротком замыкании в линии электропередачи» № 2018109749 Дата подачи заявки 20.03.2018

Получен патент

«Регулятор вольтодобавочного переменного напряжения», №2671829, дата 07.11.2018

По результатам проекта в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus, опубликовано 2 статьи:

1. Panfilov D.I., Astashev M.G., Rashitov P.A., Rozhkov A.N., Petrov M.I. Analysis Of Thyristors Operation In Longitudinal Compensation Devices For Distribution Networks. 19th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. Pp.6403-6407 DOI: 10.1109/EDM.2018.8434939

2. Panfilov D.I., Astashev M.G., Rashitov P.A., Rozhkov A.N., Petrov M.I. Development Of Thyristors Voltage Regulator Operating With Different Load Characteristics. 2018 IEEE 18 th International Conference on Environment and Electrical Engineering. DOI: 10.1109/EEEIC.2018.8494414

3. Область применения результатов ПНИ. Оценка элементов новизны полученных результатов работ по первому этапу.

Оценка элементов новизны результатов работ по второму этапу

В рамках второго этапа разработаны новые топологии автономных полупроводниковых управляющих устройств продольной компенсации. Для распределенного типа АУУПК разработана топология с применением многоуровневых схем. Для АУУУПК с последовательным многообмоточным трансформатором и реактивным элементом разработаны новые топологии с многообмоточным трансформатором и полупроводниковым коммутатором. Разработаны алгоритмы управления различными видами АУУПК с различными способами контроля вольтодобавочного напряжения. Разработан источник питания собственных нужд АУУПК, обладающий высоким КПД в широком диапазоне токов линии электропередачи. Разработано программное обеспечение для модуля дистанционного управления в составе системы управления. Разработаны принципиальные схемы узлов системы управления.

4. Оценка перспектив продолжения работ по проекту

Все обозначенные в Плане-графике работы выполнены в полном объеме. Полученные результаты полностью соответствуют требованиям технического задания, и позволяют перейти к дальнейшим исследованиям, запланированным на III этап реализации проекта.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.