

Исследования и разработка экспериментальных образцов серии устройств отбора мощности от линий электропередачи 110–500 кВ

Работа проведена в 2017 г. в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» в период с 26 сентября 2017 г. по 29 декабря 2017 г.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0243 от 26 сентября 2017 г. (Этап 1).

Уникальный идентификатор соглашения: RFMEFI57717X0243.

Научный руководитель проекта: заведующий кафедрой ТЭВН, к.т.н., доц., Хренов Сергей Иванович.

Ответственный исполнитель: м.н.с. кафедры ТЭВН, Скороходова Анна Юрьевна.

1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Разработка и экспериментальная апробация серии устройств отбора мощности от линий электропередачи 110–500 кВ с возможностью применения в двустороннем режиме передачи электроэнергии и регулирования напряжения на стороне потребителей.

2. Основные результаты ПНИЭР

В 2017 году в рамках 1 этапа в период с 26 сентября 2017 г. по 29 декабря 2017 г. выполнены следующие работы.

За счет средств субсидии:

1. Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы в области применения, конструирования и численного моделирования устройств отбора мощности и близких к ним конструкций силовых и измерительных трансформаторов.

2. Проведены патентные исследования в области разработки устройств отбора мощности и трансформаторов напряжения повышенной мощности в соответствии ГОСТ Р 13.011-96.

3. Разработаны и исследованы варианты возможных решений задач ПНИЭР и сделан выбор оптимального варианта.

4. Разработаны структурные схемы и определены требуемые электрические и функциональные параметры устройств отбора мощности (УОМ) от линий электропередачи 110–500 кВ.

5. Разработаны методы расчета основных электрических параметров УОМ.

6. Разработана имитационная компьютерная модель УОМ, обеспечивающая воспроизведение их технических характеристик при варьировании конструктивных решений.

7. Разработана программная документация на имитационную компьютерную модель УОМ в следующем составе:

- описание программы (по ГОСТ 19.402-78),
- текст программы (по ГОСТ 19.401-78),
- пояснительная записка (по ГОСТ 19.404-79).

За счет собственных средств получателя субсидии:

8. Проведено имитационное компьютерное моделирование работы экспериментального образца УОМ 20-110/0,4 с использованием разработанной имитационной модели УОМ с определением мощностей намагничивания, напряжения и потерь короткого замыкания и выполнен оптимизационный расчет его основных электромагнитных параметров.

9. Разработана эскизная конструкторская документация на изготовление экспериментального образца УОМ 20-110/0,4 в следующем составе:

- чертеж общего вида (по ГОСТ 2.102-68),
- ведомость эскизного проекта (по ГОСТ 2.106-96),
- пояснительная записка (по ГОСТ 2.106-96).

За счет средств индустриального партнера:

10. Проведена закупка испытательного и технологического оборудования для изготовления и испытаний экспериментальных образцов УОМ.

11. Проведена закупка материалов для изготовления экспериментальных образцов УОМ

При этом были получены следующие результаты.

1. На основании проведенного обзора литературы сделаны следующие выводы:

– устройства отбора мощности представляют собой перспективные устройства, способные предоставить экономичные, надежные и предпочтительные технические решения для широкого круга задач по обеспечению электроснабжения;

– возможна и целесообразна разработка нескольких модификаций УОМ с различными уровнями изоляции и требованиями по регулированию напряжения на стороне НН;

– широкое применение устройств отбора мощности сдерживается отсутствием нормированных технических требований. На сегодняшний день уже созданы международные рабочие группы по стандартизации УОМ, аналогичная работа должна быть проделана и в России. Помимо разработки стандартизованных технических требований к УОМ необходимо также провести работы по корректировке норм проектирования объектов электроэнергетики с учетом возможного применения этих аппаратов;

– разработка имитационных компьютерных моделей УОМ должна вестись на основе дуальных моделей, полученных путем прямого применения принципа дуальности, который обеспечит возможность реализации моделей в универсальной программе с возможностью учета сложных физических эффектов – вихревых токов в магнитопроводе и гистерезиса.

2. Для поиска, систематизации и анализа технических решений, относящихся к разработке устройств отбора мощности и близких к ним конструкций силовых и измерительных трансформаторов, было отобрано 50 технических решений, отраженных в 68 опубликованных патентных документах. Выявлена статистика и динамика патентования. Анализ изобретательской активности в мире за последние 26 лет показал тенденцию стабильного интереса к изучаемой проблеме, что свидетельствует о стабильном развитии исследуемого объекта техники и больших перспективах его дальнейшего совершенствования.

3. По результатам исследования вариантов возможных решений задач ПНИЭР сделан выбор оптимального варианта конструкции и показано, что в основе разработки должны лежать исследования в области создания новых критериев кратковременной и длительной электрической прочности изоляции, которые совместно с применением методов регулирования электрических полей путем расчетов по трехмерным моделям позволят обеспечить высокую мощность устройств и малые напряжения короткого замыкания при габаритах, достаточных для сохранения всех конкурентных преимуществ.

4. В ходе разработки структурной схемы и определения требуемых электрических и функциональных параметров устройств отбора мощности напряжением 220 кВ и выше впервые в мире разработан принцип организации каскадной конструкции с различающимися сечениями проводов уравнительных обмоток. Подход к выбору сечений внешних и внутренних уравнительных обмоток обеспечивает их минимальный радиальный размер, что приводит к сокращению каналов рассеяния обмоток и, как

следствие, к уменьшению напряжения короткого замыкания устройства, что в итоге приводит к повышению номинальной мощности. Проверка на патентную чистоту показала, что действующих охранных документов, права обладателей которых могут быть нарушены, не обнаружено, следовательно, разработанное техническое решение обладает патентной чистотой в отношении России.

5. Разработаны методы расчета основных электрических параметров УОМ применительно к задачам настоящей работы. В основу расчетных методов была заложена практика проектирования устройств трансформаторного типа и современный подход, основанный на применении в проектировании методов численного моделирования.

6. Разработана имитационная компьютерная модель УОМ, впервые реализующая дуальные схемы для численного моделирования каскадных трансформаторов.

7. На имитационную компьютерную модель разработана программная документация в составе:

- описание программы (по ГОСТ 19.402-78),
- текст программы (по ГОСТ 19.401-78),
- пояснительная записка (по ГОСТ 19.404-79).

8. С помощью имитационной компьютерной модели выполнен оптимизационный расчет конструктивных параметров активной части экспериментального образца устройства отбора мощности УОМ 20-110/0,4.

9. На изготовление экспериментального образца УОМ 20-110/0,4 разработана эскизная конструкторская документация в следующем составе:

- чертеж общего вида (по ГОСТ 2.102-68),
- ведомость эскизного проекта (по ГОСТ 2.106-96),
- пояснительная записка (по ГОСТ 2.106-96).

10. Индустриальным партнером заключены договоры и выполнены авансовые платежи на поставку оборудования для термовакуумной суши и токарного станка с ЧПУ для изготовления и технологической обработки макетов изоляционных узлов и опытных образцов УОМ.

11. Для изготовления макетов изоляционных узлов и опытных образцов УОМ Индустриальным партнером закуплено 7,5 тонн трансформаторного масла.

Проведена популяризация промежуточных результатов ПНИЭР на следующих мероприятиях.

1. Международная научно-техническая конференция «Расчёты, анализ и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях», 07 декабря 2017 г., г. Москва. В.С. Ларин, Д.А. Матвеев, И.И. Никулов «Перспективы применения трансформаторов отбора мощности от ВЛ 110-500 кВ».

2. 8-я международная научно-техническая конференция «Перенапряжения и надёжность эксплуатации электрооборудования» имени академика Н.Н.Тиходеева, 14 декабря 2017 г., г. Санкт-Петербург. А.М. Быкова, А.В. Жуйков, М.А. Кубаткин, В.С. Ларин, Д.А. Матвеев, И.И. Никулов, А.Ю. Скороходова «Трансформаторы отбора мощности от ВЛ 110-500 кВ: перспективы применения, аспекты надежности и технические требования».

Подана 1 заявка на получение результата интеллектуальной деятельности: полезная модель «Каскадный трансформатор напряжения», РФ. Акопян А.Г., Жуйков А.В., Кубаткин М.А., Матвеев Д.А., Никулов И.И. Заявка № 2017146325 от 27.12.2017 г.

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

Разрабатываемые устройства отбора мощности предназначены для прямого подключения к воздушным линиям электропередачи 110-500 кВ и трансформации мощности до напряжения потребителя без дополнительных ступеней трансформации, характерных для традиционных технических решений.

Результаты проекта призваны обеспечить повышение доступности электроэнергии и снижение затрат в электроэнергетической отрасли на:

- питание интеллектуальных систем энергоснабжения и потребления;
 - питание сетей собственных нужд (СН) объектов подстанций 110–500 кВ, возобновляемой энергетики, переключательных подстанций;
 - питание удаленных потребителей;
 - выдачу мощности в сеть при распределенной генерации;
- и в других отраслях:

- на вышках сотовой связи и телекоммуникаций;
- в мобильных сетях при строительстве удаленных объектов;
- для насосных и нефтеперекачивающих станций;
- при ликвидации катастроф.

Каскадная конструкция устройства отбора мощности с различающимися сечениями проводов уравнительных обмоток разработана впервые в мире.

4. Оценка перспектив продолжения работ по проекту

Все обозначенные в Плане-графике работы по этапу 1 выполнены в полном объеме. Полученные результаты полностью соответствуют требованиям технического задания, и позволяют перейти к дальнейшим исследованиям, запланированным на 2 этапе реализации проекта.

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