**Результаты выполнения 3 этапа Соглашения №14.574.21.0072 о предоставлении субсидии от 27 июня 2014 года**

В результате выполнения 3 этапа Соглашения №14.574.21.0072 о предоставлении субсидии от 27 июня 2014 года по теме «Разработка и исследование цифровых трансформаторов напряжения 110 кВ, основанных на фундаментальных физических законах c оптоэлектронным интерфейсом для учета электроэнергии в интеллектуальной электроэнергетической системе с активно-адаптивной сетью» получены следующие результаты.

1. Сформулированы целевые функции для резистивного и активно-емкостного делителей напряжения для оптимизации конструкции разрабатываемых в ПНИ первичных преобразователей напряжения.

2. Разработанные новые математические модели первичных преобразователей напряжения на основе резистивного, емкостного и активно-емкостного делителя позволяют выполнять исследования их погрешностей измерения и оптимизацию конструкции. Разработанные математические модели также могут быть использованы для исследования переходных процессов в электроэнергетической системе с данным типом первичных преобразователей в нормальных и аварийных режимах её работы.

3. Впервые разработанные методики расчета токов электрического смещения и токов утечки в изоляции резистивного делителя позволяют определять их влияние на точность измерения напряжения и могут быть использованы для оптимизации конструкции резистивных делителей. Данные методики подходят также для емкостного и активно-емкостного делителя напряжения. Разработанная методика параллельных вычислений через наведенные токи при большом количестве резисторов является менее трудоемкой и более быстрой. Методика последовательных вычислений с предварительным расчетом частичных емкостей является более универсальной и позволяет исследовать динамические процессы.

4. Вновь разработанные методики расчета погрешностей и определения антирезонансных свойств трансформаторов напряжения с разомкнутыми магнитопроводами могут быть использованы для оптимизации конструкции как трансформаторов с разомкнутыми магнитопроводами, так и традиционных трансформаторов напряжения. Разработанные методики исследования антирезонансных свойств трансформаторов напряжения получили практическое применение в рамках выполнения работ по договору оказания услуг по исследованию явлений феррорезонанса на ОРУ-220 кВ для нужд филиала «Костромская ГРЭС» АО «Интер РАО-Электрогенерация» № 8-КОС/005-0066-15 от 03 марта 2015 года.

5. Выполненные исследования впервые разработанных резистивных делителей напряжения позволили определить их оптимальные параметры и оптимальное расположение по тепловому и электромагнитному полям, разработать мероприятия, позволяющие уменьшить токи электрического смещения и токи утечки в изоляции, и, соответственно, увеличить точность измерения напряжения. Выполненные исследования активно-емкостного делителя напряжения показали, что погрешности измерения напряжения данного типа первичного преобразователя меньше, чем у резистивного делителя напряжения.

6. Исследования, выполненные на разработанной математической модели открытого распределительного устройства 220 кВ Костромской ГРЭС, показали, что при расчетах феррорезонансных процессов важно учитывать трехфазное исполнение ОРУ, междуфазные емкости одной системы шин и разных систем шин, а также возможные перенапряжения на системах шин поскольку данные особенности значительно расширяют область опасного феррорезонанса. Подход с учетом трехфазного исполнения и междуфазных емкостей применен впервые. При учете междуфазных емкостей и перенапряжении на системах шин феррорезонанс может наблюдаться даже при невысоких значениях емкостей выключателей, находящихся в диапазоне 25-50 пФ. Исключить феррорезонанс в этом случае возможно за счет увеличения емкости на землю путем установки конденсаторов на системе шин или использования трансформатора напряжения с вертикальным расположением разомкнутых магнитопроводов и количеством витков в каждой обмотке равным 60000 феррорезонанс. Второй вариант является предпочтительным, поскольку исключает возможность возникновения феррорезонанса при любой величине емкостей выключателей.

7. Разработанные алгоритмы цифровой обработки сигналов и передачи метрологической информации в соотвествие со стандартом IEC 61850-9.2 с частотой 80 и 256 выборок на период станут основой программного обеспечения электронных блоков цифрового трансформатора напряжения.

8. Индустриальным партнером проекта (ОАО «Энергострой-М.Н.») разработано и изготовлено два макетных образца первичных преобразователей напряжения на основе резистивного и активно-емкостного делителей напряжения. Исследовательские испытания макетных образцов прошли успешно. Цели исследовательских испытаний достигнуты. Выполненные исследования подтвердили результаты, полученные на математических моделях, и позволили сделать выводы об основных конструктивных решениях экспериментального образца цифрового трансформатора напряжения, изготовление которого планируется на следующем этапе ПНИ.

Таким образом, задачи, поставленные на третьем этапе ПНИ, решены полностью.

На следующих этапах ПНИ необходимо:

* разработать эскизно-конструкторскую документацию на экспериментальный образец цифрового трансформатора напряжения;
* изготовить экспериментальный образец цифрового трансформатора напряжения;
* разработать Программу и методику испытаний экспериментального образца цифрового трансформатора напряжения;
* выполнить исследовательские испытания экспериментального образца цифрового трансформатора напряжения.

Результаты выполненных работ отражены в двух статьях, опубликованных в журналах, индексируемых в базе данных SCOPUS, и двух статьях, отправленных для публикации в издательство WIT Press.

Состав выполненных работ и отчетной документации удовлетворяет условиям Соглашения о предоставлении субсидии, в том числе техническому заданию и плану-графику исполнения обязательств.

Достигнутые значения показателей результативности соответствуют требованиям Соглашения о предоставлении субсидии.