

## ОТЗЫВ

официального оппонента – доктора технических наук, профессора Куликова Александра Леонидовича на диссертационную работу Скрипачева Михаила Олеговича на тему **«Совершенствование системы пофидерного контроля изоляции щитов постоянного оперативного тока»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы»

### 1. Актуальность работы

Системы постоянного оперативного тока являются частью электротехнических комплексов предприятий по выработке и распределению электроэнергии, комплексов транспортной и топливно-энергетической инфраструктуры. Системы постоянного тока призваны повысить надежность функционирования электроэнергетических систем при нештатных воздействиях или различных аварийных ситуациях в силовых цепях на высоком напряжении. Достаточно надежным элементом является аккумуляторная батарея, которая сохраняет питание щита при повреждениях в системах собственных нужд.

Эксплуатация щита постоянного оперативного тока, как вспомогательного элемента электротехнического комплекса, подразумевает особый вид потребителей – цепи релейной защиты и автоматики. Эти цепи достаточно сложны и распределены пространственно. Питание таких цепей организовано по радиальному принципу.

Распространенным повреждением, представляющим существенные проблемы эксплуатационному персоналу энергообъекта, является понижение сопротивления изоляции на землю цепей, входящих в состав щита постоянного тока. При этом не нарушается работа устройств защиты и автоматики, но складываются предпосылки для ложной их работы, сопровождающиеся в некоторых случаях нарушениями электроснабжения потребителей. Факторами, усложняющими поиск поврежденных участков,

являются комбинации повреждений, возникшие на разных фидерах. В некоторых случаях комбинации повреждений делают невозможной работу штатных устройств контроля. Целесообразна разработка методов, упрощающих локализацию поврежденных цепей без отключения и изменения топологии щита постоянного тока.

Поэтому диссертационная работа, целью которой является разработка и реализация электротехнической системы пофидерного контроля изоляции, обеспечивающей непрерывную диагностику цепей постоянного оперативного тока, является несомненно актуальной.

## **2. Структура и объем диссертационной работы**

Диссертация выполнена на 177 листах, содержит введение, 4 главы, заключение, библиографический список литературы из 80 наименований, двух приложений.

**Во введении** определяются цели и задачи исследования, обозначаются научные результаты диссертационного исследования, представлена их практическая значимость.

**В первой главе** приводятся требования к системам постоянного оперативного тока в составе электротехнических комплексов электрических станций и подстанций. Рассматриваются состав и схемные решения питания цепей постоянного оперативного тока.

**Во второй главе** анализируются известные методы контроля изоляции в системах постоянного оперативного тока. Рассматриваются штатные устройства неселективного контроля. Основное внимание уделяется известному методу с использованием системных параметров для производства селективного контроля изоляции относительно земли одного полюса. Отмечаются достоинства и недостатки такого метода. Для дальнейшего исследования производится выбор метода селективного контроля изоляции с применением метода наложения от внешнего источника, приведены параметры налагаемого внешнего сигнала, а также предлагается схема замещения для анализа работы устройства контроля

изоляции. В соответствии с предложенной схемой замещения реализуется моделирование работы системы контроля изоляции совместно с источником опорного сигнала, как части электротехнического комплекса.

**В третьей главе** изложен процесс разработки системы пофидерного контроля изоляции от функциональной схемы до схем составляющих узлов. Предложено разделение аналогового тракта устройства на три независимых канала. Приводится теоретическое описание составляющих звеньев. В ходе изложения прорабатывается функциональная схема генератора опорного сигнала, позволяющего поддерживать неизменной амплитуду опорного напряжения на шинах при изменении емкости относительно земли.

Вводится понятие селективной и неселективной фильтрации применительно к определению участка сети постоянного тока с пониженной на землю изоляцией. Обосновано применение вариантов аналоговых фильтров в каналах устройства.

Разработан датчик тока, устанавливаемый в начале контролируемого присоединения щита постоянного тока, имеющий линейность в необходимом диапазоне токов.

Исследуются алгоритмы цифровой фильтрации и синтез дискретного фильтра по известному непрерывному фильтру-прототипу второго порядка. Проводится моделирование работы каскадов неселективной фильтрации.

**В четвертой главе** приведена методика заводской регулировки спроектированного устройства пофидерного контроля изоляции. Обсуждаются результаты натурных экспериментов разработанного устройства в составе электротехнических комплексов объектов энергетической и транспортной инфраструктуры.

**В приложениях** представлены акты внедрения, подтверждающие полученные практические результаты, а также принципиальные электрические схемы аналогового тракта, внешнего усилителя с электромагнитным датчиком тока, схема цифрового модуля.

### **3. Соответствие автореферата основным положениям диссертации**

Содержание автореферата соответствует структуре диссертационной работы и отражает ее основные положения.

### **4. Достоверность и обоснованность положений, выводов и результатов**

Достоверность результатов подтверждается корректностью использованного математического аппарата и сходимостью результатов моделирования и проведенных экспериментов.

### **5. Публикации и апробация работы**

Результаты предоставленной к оппонированию работы нашли отражение в 13 научных работах, 4 опубликованы в изданиях, рецензируемых по списку ВАК, получен 1 патент на изобретение.

### **6. Новизна диссертационной работы**

Новизна заключается в предложенной схеме замещения щита постоянного тока совместно с системой наложения внешнего опорного напряжения, необходимого для функционирования устройства селективного контроля изоляции присоединений. В теоретическом обосновании и разработке алгоритмов работы устройства, позволяющих избежать влияния изменения параметров щита постоянного тока на работу устройства. В диссертационной работе реализована функциональная схема датчика тока разъемной конструкции, обладающего необходимой чувствительностью на низкой опорной частоте. Обоснованы методы обеспечения устойчивости работы датчиков тока, необходимые при тиражировании устройства.

### **7. Практическое значение диссертационной работы**

Значимость полученных результатов подтверждается разработанными на основании проведенных исследований принципиальными электрическими схемами всех электронных модулей, изготовленными прототипами устройств и актами внедрения на предприятиях. Рассмотренные принципы построения

устройства с наложением внешнего опорного сигнала позволили сохранить функционирование при множественных повреждениях в щите постоянного тока в различных комбинациях.

## **8. На обсуждение предлагается вынести следующие основные замечания и вопросы по диссертационной работе**

1. В главе 2 (п.2.2, стр. 29 диссертации) говорится, что «Применение микропроцессорных терминалов в цепях релейной защиты часто не допускает перерыва питания. Более того, такой перерыв может стать причиной ложной работы релейной защиты, даже при исправных цепях постоянного оперативного тока».

Таким образом, создается впечатление, что микропроцессорная релейная защита обладает более низкими показателями надежности, по сравнению с электромеханической. Это не так. Напротив, микропроцессорные терминалы релейной защиты не имеют ограничений по перерывам питания и соответствующих ложных срабатываний, имеют в своем составе внутренний источник, обеспечивающий нормальное функционирование устройства в течении нескольких секунд при кратковременных перерывах электроснабжения, а также записи осциллограмм в условиях полного аварийного отключения электроэнергетического объекта.

2. Поскольку основу главы 1 составляют требования к организации системы оперативного постоянного тока (СОПТ) необходимо было бы реализовать большее количество ссылок на нормативные документы и инструкции.

В таблице 1.1 (стр. 16 диссертации) приведены аккумуляторные батареи типа СК-1 и С-1, применяющиеся в СОПТ. Однако на современных электрических станциях и подстанциях применяется существенно большее число типов отечественных и зарубежных аккумуляторных батарей. Поэтому следовало бы расширить вариативность анализа.

3. Использование наложенного тока для диагностики электроэнергетического оборудования используется достаточно давно, в том числе и для выявления и определения мест повреждений на линиях электропередачи. По моему мнению, целесообразно было бы в диссертационном исследовании проанализировать такие диагностические методы.

4. Каким образом выбиралась частота дискретизации 200 Гц при организации цифровой обработки сигналов (ЦОС) наложенного тока? Будет ли достаточно эффективной ЦОС с такой дискретизацией при обработке сигналов в условиях помех (рис. 4.30, 4.31 диссертации)? Каким образом влияют помехи на процесс измерения и на чувствительность устройства?

5. Замечания редакционного характера:

- существуют повторы текста во введении, главах 1 и 2;
- отсутствуют знаки препинания после формульных выражений;
- стр. 37 рис. 2.5 пояснения к рисунку не соответствуют схеме (касается сопротивления  $R_1$ , тока  $I_1$  и емкости  $C_1$ );
- использование жаргонных оборотов, например (стр. 137, 141, 143), «Сигнал должен быть без ограничений и обрезов по амплитуде».

#### 9. Заключение по диссертационной работе:

Диссертация Скрипачева Михаила Олеговича на тему «Совершенствование системы пофидерного контроля изоляции щитов постоянного оперативного тока» является законченной и актуальной научно-квалификационной работой, в которой решены важные задачи электроэнергетики, связанные с повышением надежности систем оперативного постоянного тока. Диссертация представляет собой самостоятельное и логически завершённое научное исследование, выполненное на хорошем уровне. Автореферат в должном уровне соответствует её содержанию.

Несмотря на высказанные замечания, считаю, что диссертационная работа Скрипачева Михаила Олеговича на тему «Совершенствование

системы пофидерного контроля изоляции щитов постоянного оперативного тока» полностью отвечает требованиям и критериям п. 9 - 14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от 26.06.2022), предъявляемым ВАК Минобрнауки России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а автор диссертации Скрипачев Михаил Олегович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент, профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» ФГБОУ ВО «Нижегородский Государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»  
Доктор технических наук, профессор

Куликов Александр Леонидович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева",

Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, ул.Минина, д. 24

Тел: +7 (831) 432-91-85; e-mail: [inventor61@mail.ru](mailto:inventor61@mail.ru)

Подпись Куликова А.Л. заверяю

Ст. диспетчер [Redacted] Марченко М.А.  
29.03.2023г.

