

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Одинаева Ислома Назимадовича на тему «Снижение погрешности трансформаторов тока в режиме насыщения для цифровых устройств защиты и автоматики», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.4.3. Электроэнергетика

Из-за недостатков в нормативно-технической документации РФ, касающейся выбора электромагнитных трансформаторов тока (ЭТТ) и действовавшей до 2018 года, на некоторых объектах электроэнергетики ЕЭС России существуют риски неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) в переходных режимах коротких замыканий (КЗ) при насыщении сердечника ЭТТ. Несмотря на уже принятые меры по выпуску новых нормативных документов и принимаемые меры по замене, при необходимости, ЭТТ, одним из направлений малозатратного решения имеющейся проблемы является применение методов и алгоритмов детектирования момента насыщения ЭТТ и восстановления искаженного сигнала тока, достаточно легко реализуемых в современных цифровых устройствах защиты и автоматики. В связи с вышеуказанным, тема диссертации Одинаева И.Н. является весьма актуальной.

В работе проанализированы факторы, негативно влияющие на погрешности ЭТТ, проведена систематизация методов снижения погрешностей ЭТТ в рамках двух подходов: конструктивного изменения ЭТТ и математической обработки сигналов.

Для сравнительного анализа методов восстановления: на основе использования кривой намагничивания, путем прогнозирования, на основе искусственной нейронной сети и с помощью комбинированных методов автором произведена их программная реализация и серия вычислительных экспериментов.

Выполнен анализ методов детекции возникновения насыщения магнитопровода ЭТТ. Описаны их достоинства и недостатки. Приведены описания разработанного метода детекции возникновения насыщения ЭТТ и метода разграничения нормального и аварийного режимов. Показаны чувствительность и надежность методов детекции насыщения к белому шуму, начальной индукции и углу возникновения КЗ.

Предложна модификация метода восстановления тока на основе взвешенного метода наименьших квадратов (ВМНК). Приводится подробное описание определения весовых коэффициентов. Приведено описание метода кривой намагничивания ЭТТ (КМ). Даётся детальное пояснение поиска индукции насыщения взамен поиска начальной индукции.

Также в работе приведены вычислительные эксперименты, подтверждающие устойчивость методов ВМНК и КМ к различным уровням насыщения с наличием зашумления в измерениях и начальной индукцией. Показана робастность метода КМ к отклонению кривой намагничивания от эталонной. Приводится результат проверки методов ВМНК и КМ к увеличению скорости затухания апериодической составляющей тока КЗ

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Выявлена точность ранее разработанных методов, их чувствительность к зашумлению в измерениях и остаточной индукции.

2. Разработан метод детекции насыщения ЭТГ, основой которого является поиск участков стабильности магнитной индукции в магнитопроводе и отклонение формы вторичного тока от опорного сигнала.

3. Предложена модификация метода восстановления тока путем прогнозирования искаженного участка измеренного тока с учетом весовых коэффициентов.

4. Предложена модификация комбинированного метода, в котором на основе применения модели ЭТГ Jiles-Atherton путем решения оптимизационных нелинейных задач производится оценка остаточной индукции.

Теоретическая значимость работы определяется разработкой метода детекции момента возникновения насыщения ЭТГ с адаптивной настройкой к уровням насыщения сердечника и зашумления в измерениях, а также модификацией методов восстановления сигнала первичного тока по измеряемому сигналу тока во вторичной обмотке.

Применение разработанных автором методов позволяет исключить ложное срабатывание средств РЗА, вызванное повышением погрешности измерений ЭТГ в режиме насыщения их магнитопровода. Работа выполнялась на базе Уральского научного образовательного центра в рамках договора № 20-50544 между УрФУ и российским компанией «Прософт Системы».

Достоверность и обоснованность положений и выводов диссертации обеспечиваются корректным использованием разработанных алгоритмов на математических моделях в программном комплексе MATLAB - Simulink.

По результатам диссертационного исследования опубликовано 7 работ, из них 5 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, в том числе 3 статьи в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах данных Web of Science и Scopus.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания и вопросы:

1. В тексте автореферата отсутствует численное обоснование величины шума в $\pm 3\%$ от амплитудного значения тока и $\pm 1\%$ от каждого измеренного значения тока и фактора остаточной индукции $\lambda_0 = 0,05$ Тл в проводимых экспериментах (стр. 8, 13 и 19).

2. Из текста автореферата не ясно, для ЭВМ какой производительности оценивались численные значения быстродействия методов ВНМК и КМ, приведенные на рисунке 11, а также соответствие значений подписи горизонтальной оси этого рисунка принятым углам и кратности тока КЗ.

3. Автореферат не свободен от опечаток и неточностей (с. 5, 3 абзац снизу; подрисуночная надпись рисунка 2 не соответствует предшествующему ему тексту; на с.21 указано, что метод ВНМК быстрее метода КМ в 4 раза, а в п.4 заключения - в 5 раз).

Следует отметить, что указанные замечания не являются критическими и не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертационная работа характеризуется высоким научным уровнем и новизной проведенных исследований, а также не возникает сомнений в практической значимости полученных результатов. Диссертационная работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней в УрФУ, в том числе пункту 9 Положения, а ее автор – Одинаев Ислом Назримадович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 Электроэнергетика.

Заведующий кафедрой
автоматизированных
электроэнергетических систем
и электроснабжения,
доктор технических наук, профессор

Кононов Юрий Григорьевич
09.11.2022

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»

355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1,
Тел.: +7 (8652) 95-65-49
Эл. почта: iukononov@ncfu.ru

Подпись Кононова Ю.Г. заверяю



ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ:

начальник отдела по
работе с сотрудниками УКА

Л С ГОРБАЧЕВА