

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»
«Академия электротехнических наук Чувашской Республики»

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ЭНЕРГЕТИКИ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Материалы
III Международной научно-технической
конференции**

Чебоксары
2019

УДК 621.3(06)
ББК 31я43
П78

Редакционная коллегия:

В.Г. Ковалев, канд. техн. наук, профессор (гл. редактор);
Г.С. Нудельман, канд. техн. наук, профессор;
В.А. Щедрин, канд. техн. наук, профессор (зам. гл. редактора);
В.В. Афанасьев, д-р техн. наук, профессор;
Ю.М. Миронов, д-р техн. наук, профессор;
Г.П. Свинцов, д-р техн. наук, профессор;
А.А. Ильин, канд. техн. наук, доцент;
О.А. Онисова, канд. техн. наук, доцент

*Печатается по решению Научно-технического совета
Чувашского государственного университета*

П78 Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: материалы III Междунар. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. – 618 с.

ISBN 978-5-7677-2998-2

Представлены статьи и доклады третьей Международной научно-технической конференции, проведенной совместно с «Академией электротехнических наук Чувашской Республики», в которых приводятся и обсуждаются результаты актуальных научных исследований в области энергетики, электротехники и энергоэффективности, а также рассматриваются вопросы подготовки инженерных кадров.

Для преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов старших курсов энергетических специальностей вузов, инженерно-технического персонала предприятий и энергосистем.

ISBN 978-5-7677-2998-2

УДК 621.3(06)
ББК 31я43

© Издательство
Чувашского университета, 2019

НОВЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗАЩИТ ОТ ПЕРЕМЕЖАЮЩИХСЯ ДУГОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ

Кудряшова М.Н., Антонов В.И., Солдатов А.В., ЧГУ
им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.
Наумов В.А., ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

***Аннотация.** Существующие алгоритмы идентификации тока перемежающегося дугового замыкания обладают невысокой устойчивостью функционирования в связи с его малой длительностью протекания. В работе предлагаются новые методы, повышающие устойчивость функционирования защит от перемежающихся дуговых замыканий, благодаря аналоговому преобразованию входного сигнала защиты.*

***Ключевые слова:** замыкание на землю, перемежающееся дуговое замыкание, релейная защита.*

В электрических распределительных сетях наиболее распространенным повреждением является однофазное замыкание на землю. Большинство таких замыканий землю вначале проявляются как неустойчивые кратковременные периодически возникающие дуговые замыкания, которые называют перемежающимися. Опасность возникновения такого замыкания состоит в возможности перехода его в более тяжелый вид замыкания.

Сложность выявления таких неустойчивых замыканий заключена в импульсном характере тока замыкания длительностью нескольких миллисекунд.

Для выявления такого вида замыкания существующие алгоритмы защит используют, так или иначе, измерения импульсного тока. В этом и заключается принципиальный недостаток существующих способов. Несовершенство этого принципа усугубляется при непосредственно цифровом измерении импульсов тока, поскольку потребует применения измерительного тракта с высокой частотой дискретизации.

В алгоритмах защит [1–3], реализующих этот принцип, входной сигнал также обрабатывается трактом АЦП с высокой частотой дискретизации (рис. 1).

Такой метод формирования входного сигнала защиты обладает невысокой устойчивостью функционирования, связанная со

сложностью выявления перемежающегося замыкания из-за малой длительности импульсного тока. Это объясняется случайным характером перемежающегося дугового замыкания и несинхронизированностью процесса дискретизации входного сигнала защиты с моментом появления импульсного тока. Описание проблемы дана в источниках [4, 5].

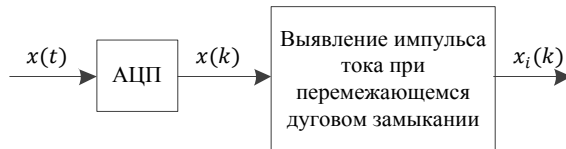


Рис. 1. Структурная схема формирования входного сигнала в защитах от однофазного замыкания на землю: $x(t)$ – входной сигнал защиты, $x(k)$ – цифровой сигнал, $x_i(k)$ – сигнал выявления импульса тока

В данной работе предлагаются совсем иные методы преобразования входного сигнала защиты, позволяющие повысить устойчивость функционирования защит.

Новые методы формирования входного сигнала защиты основываются на аналоговых преобразованиях контролируемого сигнала в защите. Суть этих преобразований заключается в том, что входной сигнал защиты представляется в виде эталонного сигнала путем превращения непрерывного входного сигнала защиты в сигнал с заданными характеристическими параметрами еще до АЦП (рис. 2).

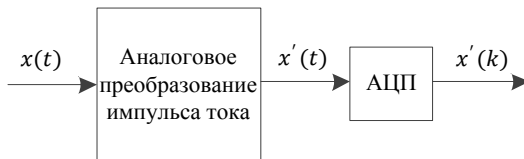


Рис. 2. Структурная схема формирования входного сигнала с помощью аналогового преобразования: $x(t)$ – входной сигнал защиты, $x'(t)$ – сигнал с заданными характеристическими параметрами (эталонный сигнал) $x'(k)$ – цифровой сигнал

Главным требованием, предъявляемым к преобразованию, является сохранение информации о величине пикового значения

импульса тока, что позволяет выполнить дальнейшую обработку сигнала стандартными методами, например, с помощью адаптивного структурного анализа [6].

Методы выполнения аналогового преобразования могут быть различными. Например, оно может быть выполнено с помощью линейной системы с заданной импульсной характеристикой, тогда эталонный сигнал будет иметь вид затухающего колебания [4]. Или же аналоговое преобразование может быть выполнено таким образом, чтобы эталонный сигнал представлял собой прямоугольные импульсы, амплитуды которых будут пропорциональны импульсам тока [5].

Выводы

Специальное аналоговое преобразование позволяет локализовать во входном сигнале импульсные токи перемежающегося дугового замыкания и представить их в виде эталонного сигнала с амплитудой пропорциональной импульсу тока. Предпринятые преобразования сигнала должны быть осуществлены до тракта АЦП. Новые методы преобразования позволяют повысить устойчивость функционирования защиты, не прибегая к высокой частоте дискретизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воробьева Е.А.* Совершенствование принципов выполнения адаптивных токовых и адмитанских защит от замыканий на землю в кабельных сетях 6 – 10 кВ: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Воробьева Екатерина Андреевна. – Иваново, 2018. – 206 с.
2. *Пат. 2629375 Российская Федерация, МПК H02H 3/16 (2006.01).* Устройство адаптивной защиты от однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов / В.А. Шуин, Т.Ю. Шадрикова, О.А. Добрягина, Е.С. Шагурина, С.Н. Пашковский. Оpubл. 29.08.2017, Бюл. № 25.
3. *Пат. 2358273 Российская Федерация, МПК G01R 31/08 (2006.01).* Способ и устройство для определения неустойчивого замыкания на землю / О. Мякинен. Оpubл. 10.06.2009, Бюл. № 16.
4. *Кудряшова М.Н.* Преобразование сигналов в алгоритмах выявления перемежающегося дугового замыкания в электрической сети. / Кудряшова М.Н., Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г. // Сборник докладов научно-технической конференции молодых специалистов. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. – С. 38-42.

5. *Кудряшова М.Н.* Нелинейное аналоговое преобразование входного сигнала в алгоритмах идентификации перемежающегося дугового замыкания. / Кудряшова М.Н., Наумов В.А., Антонов В.И., Иванов Н.Г. // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы 13-й Всерос. Науч.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. – С. 328-330.

6. *Антонов В.И.* Адаптивный структурный анализ электрических сигналов: теория для инженера. / Антонов В.И., Наумов В.А., Кудряшова М.Н., Александрова М.И., Степанова Д.А. // Релейная защита и автоматизация. 2019. №2. С. 18 -27.

Авторы:

Кудряшова Мария Николаевна, инженер департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», магистрант ЧГУ им. И.Н. Ульянова по направлению «Автоматика энергосистем». Окончила в 2018 г. факультет энергетики и электротехники ЧГУ им. И.Н. Ульянова, получила степень бакалавра по направлению «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». E-mail: kudryashova_mn@ekra.ru.

Наумов Владимир Александрович, заместитель генерального директора – технический директор ООО НПП «ЭКРА». Получил диплом инженера в 2001 г., защитил магистерскую диссертацию в 2002 г. на электроэнергетическом факультете ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2005 г. защитил во ВНИИЭ кандидатскую диссертацию «Анализ и совершенствование продольных дифференциальных защит генераторов и блоков генератор-трансформатор». E-mail: naumov_vv@ekra.ru.

Антонов Владислав Иванович, главный специалист департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», профессор кафедры ТОЭ и РЗА ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Получил диплом инженера-электрика в 1978 г. на факультете электрификации и автоматизации промышленности ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2018 г. защитил докторскую диссертацию «Теория и приложения адаптивного структурного анализа сигналов в интеллектуальной электроэнергетике» в ЧГУ им. И.Н. Ульянова. E-mail: antonov_vi@ekra.ru.

Солдатов Александр Вячеславович, заместитель директора департамента автоматизации энергосистем по научному сопровождению продукции ООО НПП «ЭКРА», старший преподаватель кафедры ЭИЭС имени А.А. Федорова ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Получил диплом инженера на электроэнергетическом факультете ЧГУ им. И.Н. Ульянова в 2006 г. E-mail: soldatov_av@ekra.ru.