

УДК 621.317

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Тихомиров Александр Андреевич,

Кандидат физико-математических наук, доцент, Петрозаводский государственный университет. Кафедра электроники и электроэнергетики
tihomirov@petrsu.ru

Красиченок Андрей Михайлович,

Карельский филиал ПАО "Россети Северо-Запад. Служба электрических режимов
krasichenok@karelenergo.ru

Скорняков Сергей Михайлович,

Студент, Петрозаводский государственный университет. Кафедра электроники и электроэнергетики
skornyakovs.sergei@yandex.ru

Ващенко Вячеслав Михайлович,

Инженер, Карельский филиал ПАО "Россети Северо-Запад". Служба электрических режимов
prodessorb1607@gmail.com

Аннотация

Применение систем определения места повреждения в электрических сетях позволяет улучшить показатели надежности электроснабжения. В статье проведено исследование переходных процессов в линии электропередачи с изолированной нейтралью на основе разработанной экспериментальной модели. Полученные экспериментальные данные по переходным процессам показывают возможность определения места повреждения на основе длительности и гармонического состава на основе применения искусственного интеллекта.

Ключевые слова: электропередачи, короткое замыкание, определение места повреждения.

INVESTIGATION OF TRANSIENT MODE IN A POWER TRANSMISSION LINE WITH AN ISOLATED NEUTRAL ON THE BASIS OF THE EXPERIMENTAL MODEL

Aleksandr A. Tikhomirov

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, docent
Petrozavodsk state university

Department of electronics and power engineering

Andrey M. Krasichenok

PAO "Rosseti North-West"

Karelian branch of electrical mode service

krasichenok@karelenergo.ru

Sergey M. Skornyakov

student

Petrozavodsk state university

Department of electronics and power engineering

skornyakovs.sergei@yandex.ru

Vasheslav M. Vashenkov

engineer

PAO "Rosseti North-West"

Karelian branch of electrical mode service

krasichenok@karelenergo.ru

prodessorb1607@gmail.com

ABSTRACT

The use of fault location detection systems in electrical networks makes it possible to improve the reliability of power supply. The article studies transients in power transmission lines with an isolated neutral on the basis of the developed experimental model. The obtained experimental data on transients show the possibility of determining the location of damage based on the duration and harmonic composition based on the use of artificial intelligence.

Keywords: power line, fault, faults location. isolated neutral

Разработка и внедрение систем определения места повреждения в электрических сетях позволяет сократить время на поиск повреждения ремонтной бригадой при возникновении аварийных ситуаций и улучшить показатели надежности систем электроснабжения. Основные методы определения места повреждения в электрических сетях можно разделить на импульсные, емкостные, топографические, а также методы по параметрам аварийного режим [1 - 5].

Классы напряжений электрических сетей и как следствие режимы заземления нейтрали определяют уровни передаваемой мощности, а также значения токов короткого замыкания. Распределительные сети 6-10 кВ работающие с изолированной нейтралью являются значительно более разветвленными и одновременно с этим маломощными, в сравнении с магистральными линиями 110 кВ и выше, что затрудняет внедрение уже известных систем определения места повреждения по условиям экономической целесообразности. В связи с этим развитие методов определения места повреждения для электрических сетей с изолированной нейтралью 6 - 10 кВ является актуальной задачей.

Условия работы систем позволяющих оценить место повреждения в сетях с изолированной нейтралью существенно отличаются относительно линий, где используются компенсированная или глухозаземленная нейтраль. Особенностью линий с изолированной нейтралью 6-10 кВ является относительно малые значения токов однофазных замыканий на землю, а также неопределенностью переходных сопротивлений в месте повреждения.

В связи с развитием микропроцессорных систем релейной защиты и автоматики появились возможности применения новых функций по определению места повреждения в электрической сети по известным значениям токов и напряжений. Такой подход является наиболее простым с точки зрения реализации и ограничивается частотными возможностями измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Измерение тока и напряжение аварийного режима возможно как по двум сторонам контролируемой линии, так и с одной стороны. Определение места повреждения по данным о напряжении и токе в конце линии сильно усложняется из-за неизвестного значения переходного сопротивления в месте замыкания.

Перспективным развитием систем определения места повреждения в электрической сети является применение нейросетевых технологий [6-8]. Такие технологии имеют преимущество перед классическим подходом из-за возможности самосовершенствования реакции системы на основе экспериментальных или торических данных о возникающих аварийных режимах. Кроме этого, возможна комбинация методов анализа, совмещающая классический подход и нейросетевые технологии. Так в [9] описан метод, основанный на применении искусственного интеллекта для анализа места повреждения в электрической сети, который подразумевает два этапа. На первом этапе нейронная сеть по значениям отсчетов токов и напряжений определяет приблизительное расположение места повреждения, а на втором этапе анализируются расчетные частотные характеристики линии в окрестности места повреждения сравниваются с экспериментальными значениями полученным высокочастотным спектром.

Целью работы является исследование влияния места повреждения на переходные процессы в линии электропередачи с изолированной нейтралью при однофазных замыкания на землю на основе экспериментальной модели.

Для создания экспериментальной модели линия электропередачи была представлена с помощью 4 участков со сосредоточенными параметрами. Схема замещения экспериментальной модели линии электропередачи представлена на рисунке 1.

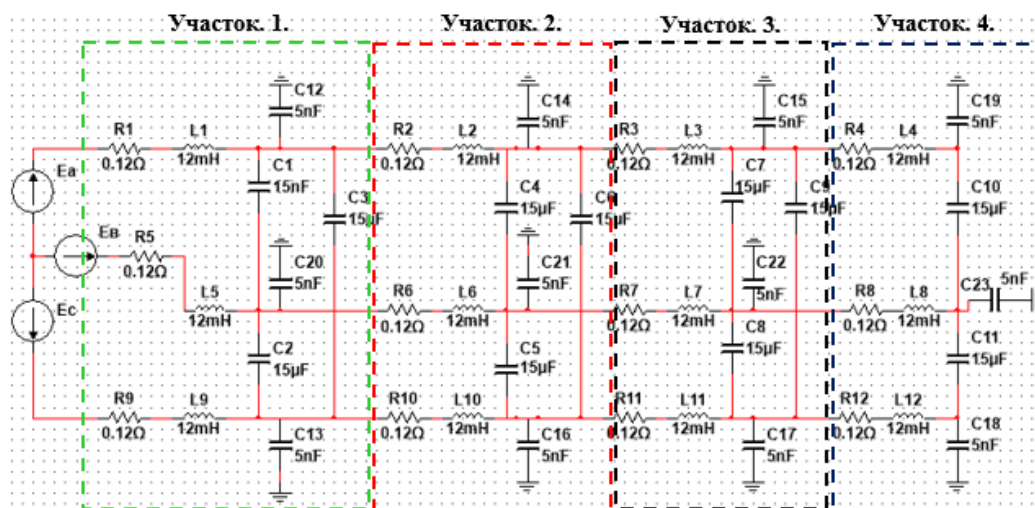


Рис. 1 – Принципиальная схема замещения экспериментальной линии электропередачи

Для реализации экспериментальной модели выбраны параметры замещения линии электропередачи 6 кВ на деревянных опорах протяженностью 2 км при этом расчетная длина каждого участка линии составила 500 метров. Параметры элементов схемы замещения для СИП сечением 120 мм представлены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры схемы замещения модели линии электропередачи

активное сопротивление, Ом	индуктивность, мГн	междуфазная емкость, мкФ	емкость на землю, мкФ
0,12	12мГн	15 нФ	5 нФ

На рисунке 2 представлена экспериментальная модель линии электропередачи с изолированной нейтралью, где 1 – осциллограф, источник трехфазного напряжения со значением фазного напряжения равным 7 вольт.

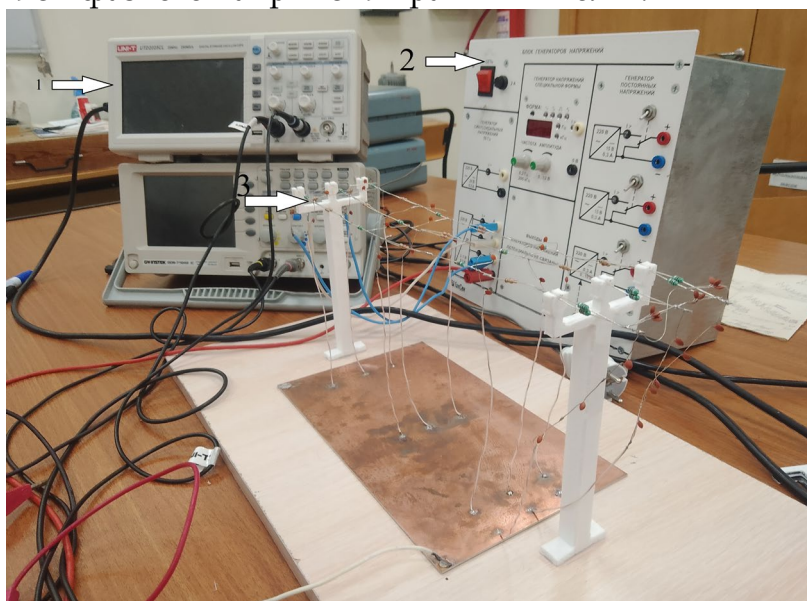


Рис. 3 – Экспериментальная модель линии электропередачи с изолированной нейтралью

Измерения переходных процессов при однофазных замыканиях на землю проводились на активных сопротивлениях согласно рисунку 4.

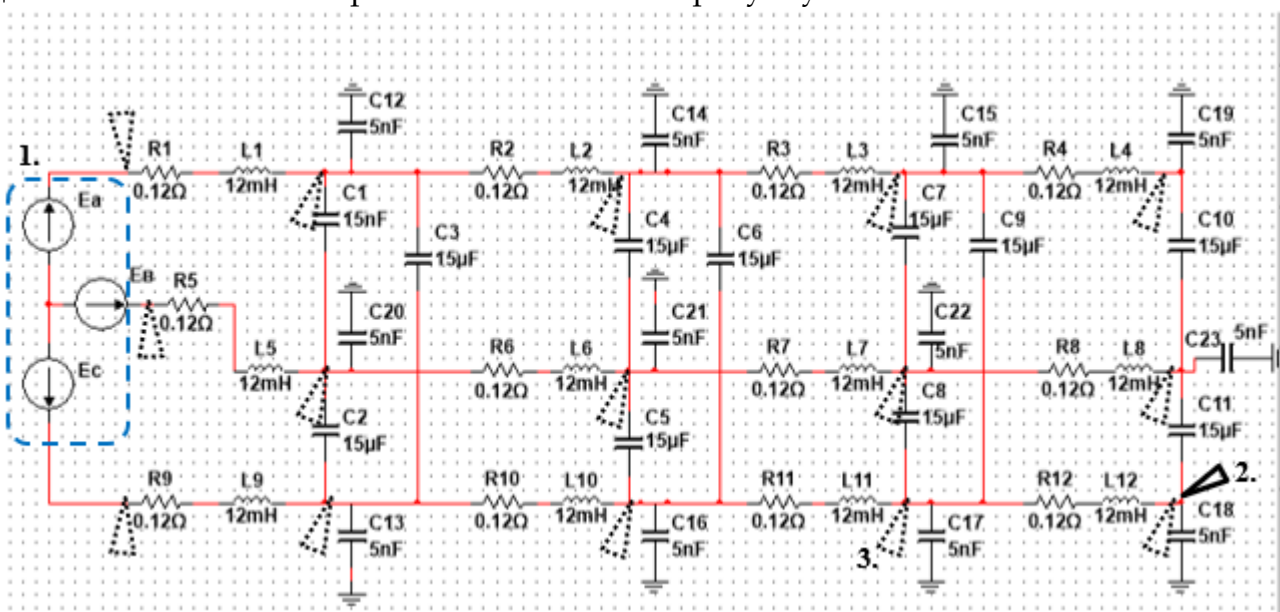


Рис. 4 – Схема измерения осциллограмм переходных процессов при однофазных замыканиях на землю.

1 – источник трехфазного питания, 2 – подключение 1-го щупа осциллографа, 3 – точки измерений вторым щупом во время короткого замыкания

С использованием экспериментальной модели были получены осциллограммы напряжений при последовательном замыкании на землю на каждом из участков линии (рисунок 5). Осциллограмма синего цвета показывает изменение электрического потенциала фазы С в конце 4 участка, осциллограмма желтого цвета показывает потенциал земли. При возникновении замыкания на землю потенциал фазы С становится равным потенциалу земли, а величины линейных напряжений остаются прежними относительно потенциала земли.

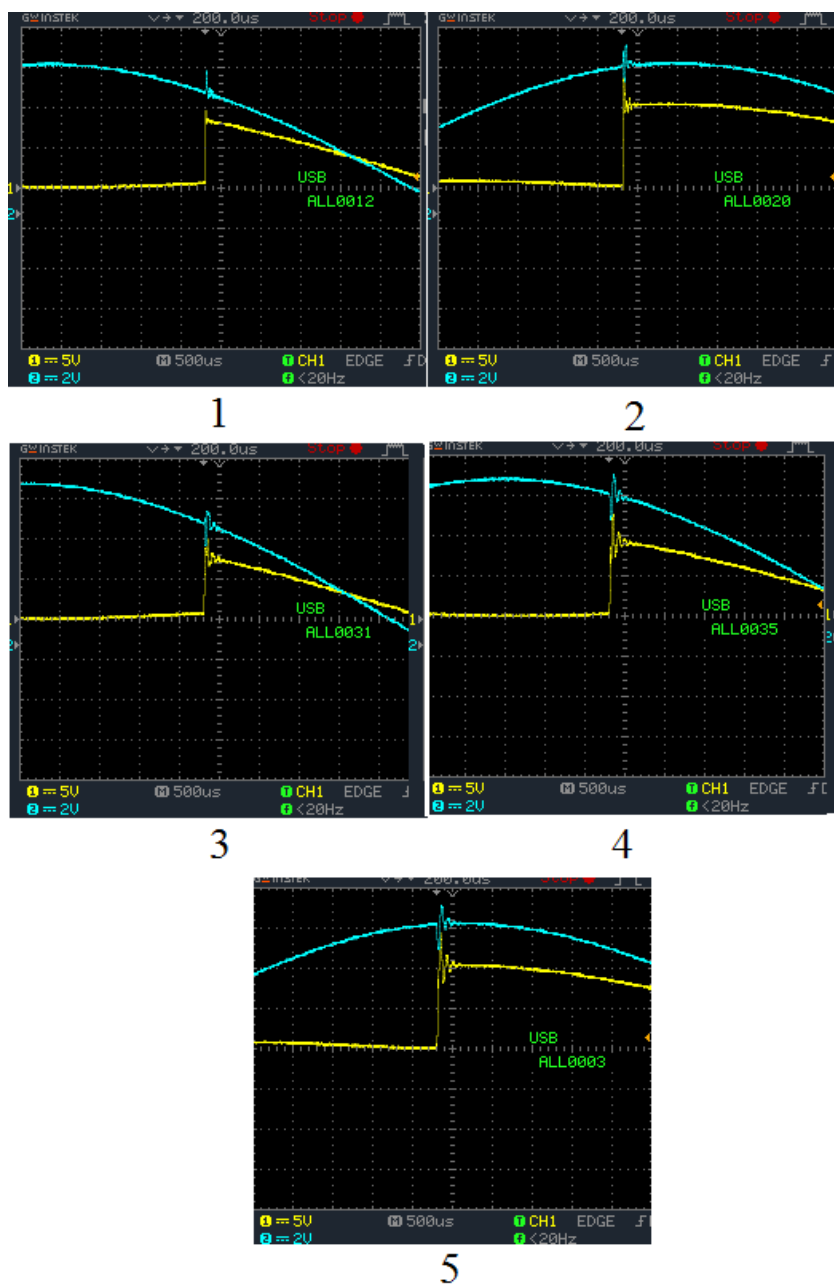


Рис. 5 – Осциллограммы однофазных замыканий на землю на различных участках фазы С

1- однофазное замыкания в начале участка 1; 2 - однофазное замыкания в конце участка 1; 3 - однофазное замыкания в конце участка 2; 4 - однофазное замыкания в конце участка 3; 5 - однофазное замыкания в конце участка 4

Из рисунка 5 видно, что по мере удаления места однофазного замыкания на землю от начала линии, длительность колебательного процесса увеличивается, кроме этого увеличивается и его амплитуда.

На рисунке 6 представлены осциллограммы напряжений при замыкании на землю фазы В.

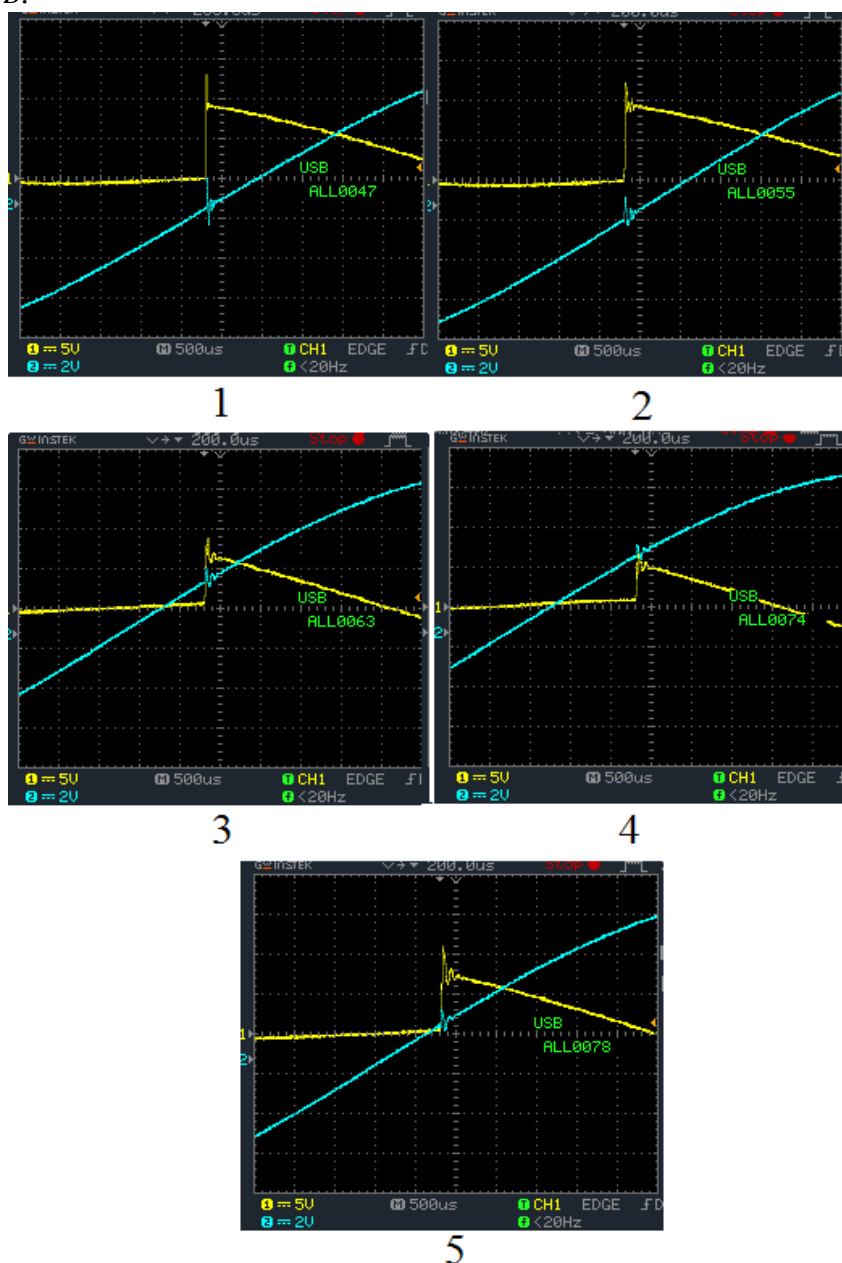


Рис. 6 – Осциллограммы однофазных замыканий на землю на различных участках фазы В

1- однофазное замыкания в начале участка 1; 2 - однофазное замыкания в конце участка 1; 3 - однофазное замыкания в конце участка 2; 4 - однофазное замыкания в конце участка 3; 5 - однофазное замыкания в конце участка 4

На рисунке 7 представлены осциллограммы напряжений при замыкании на землю фазы А.

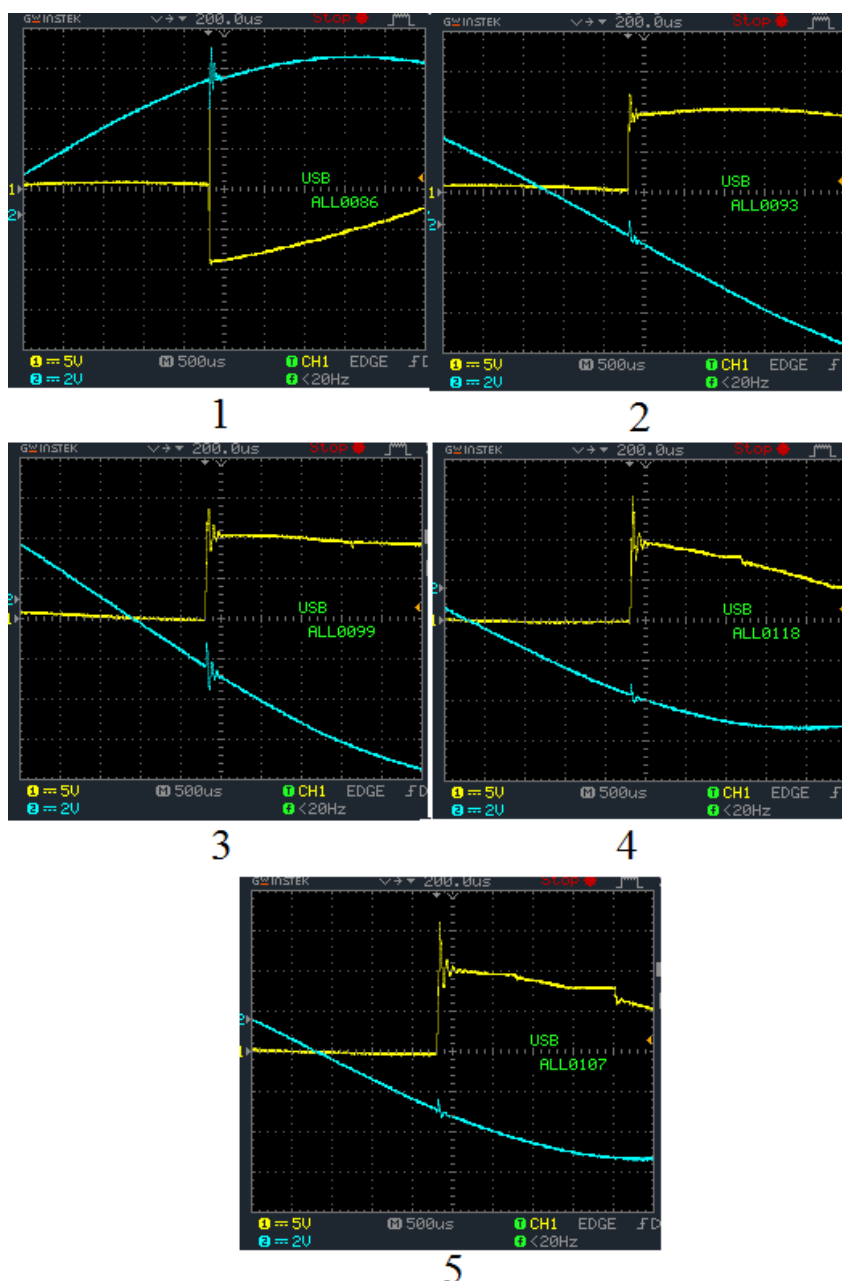


Рис. 7 – Осциллограммы однофазных замыканий на землю на различных участках фазы А

1- однофазное замыкания в начале участка 1; 2 - однофазное замыкания в конце участка 1; 3 - однофазное замыкания в конце участка 2; 4 - однофазное замыкания в конце участка 3; 5 - однофазное замыкания в конце участка 4

На основе приведенных осциллограмм можно сделать вывод об увеличении амплитуды импульса тока на землю по мере приближения места однофазного замыкания к концу линии. Кроме этого длительность переходных процессов в контролируемой фазе также возрастает по мере приближении места однофазного замыкания к концу линии. Полученные данные о развитии переходного процесса в случае однофазного замыкания на землю на основе экспериментальной модели показывают возможность разработки системы определения места повреждения в сетях с изолированной нейтралью на основе контроля длительности и гармонического состава тока в конце линии как признака для обучения нейросети.

Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках реализации Программы поддержки НИОКР студентов, аспирантов и лиц, имеющих ученую степень, финансируемой Правительством Республики Карелия

Список литературы:

1. Takagi T. et al. Development of a new type fault locator using the one-terminal voltage and current data // IEEE Transactions on Power apparatus and systems. – 1982. – №. 8. – С. 2892-2898.
2. Sachdev M. S., Agarwal R. A technique for estimating transmission line fault locations from digital impedance relay measurements //IEEE Transactions on Power Delivery. – 1988. – Т. 3. – №. 1. – С. 121-129.
3. Salat R., Osowski S. Accurate fault location in the power transmission line using support vector machine approach //IEEE Transactions on power systems. – 2004. – Т. 19. – №. 2. – С. 979-986.
4. Гриб О. Г. Автоматизированные методы и средства определения мест повреждения линий электропередачи: уч. пособие / О.Г. Гриб, А.А. Светелик, Г.А. Сендерович, Д.Н. Калюжный; под общей редакцией О.Г. Гриба. – Харьков: ХГАГХ, 2003. -146 с.
5. Аржанников Е.А. Методы и приборы определения мест повреждения на линиях электропередачи / Е.А. Аржанников, А.М. Чухин. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 1998
6. Cannas B. et al. Neural networks for power system condition monitoring and protection //Neurocomputing. – 1998. – Т. 23. – №. 1-3. – С. 111-123.
7. Jiang J. A. et al. An adaptive PMU based fault detection/location technique for transmission lines. I. Theory and algorithms //IEEE Transactions on Power Delivery. – 2000. – Т. 15. – №. 2. – С. 486-493.
8. Booth C., McDonald J. R. The use of artificial neural networks for condition monitoring of electrical power transformers //Neurocomputing. – 1998. – Т. 23. – №. 1-3. – С. 97-109.
9. Salat R., Osowski S. Accurate fault location in the power transmission line using support vector machine approach //IEEE Transactions on power systems. – 2004. – Т. 19. – №. 2. – С. 979-986.

References:

1. Takagi T. et al. Development of a new type fault locator using the one-terminal voltage and current data // IEEE Transactions on Power apparatus and systems. – 1982. – №. 8. – С. 2892-2898
2. Sachdev M. S., Agarwal R. A technique for estimating transmission line fault locations from digital impedance relay measurements //IEEE Transactions on Power Delivery. – 1988. – Т. 3. – №. 1. – С. 121-129.
3. Salat R., Osowski S. Accurate fault location in the power transmission line using support vector machine approach //IEEE Transactions on power systems. – 2004. – Т. 19. – №. 2. – С. 979-986.
4. Grib O. G. Automated methods and means of determining the places of damage to power lines: textbook / O. G. Grib, A. A. Svetelik, G. A. Senderovich, D. N. Kalugniy; under the general editorship of O.G. Grib. – Kharkiv: KHGAGH, 2003. -146 с.
5. Argannikov A. A. Methods and devices for determining damage sites on power transmission lines / E.A. Arzhannikov, A.M. Chukhin. – М.: NTF "Energoprogress", 1998
6. Cannas B. et al. Neural networks for power system condition monitoring and protection //Neurocomputing. – 1998. – Т. 23. – №. 1-3. – С. 111-123.

7. Jiang J. A. et al. An adaptive PMU based fault detection/location technique for transmission lines. I. Theory and algorithms //IEEE Transactions on Power Delivery. – 2000. – Т. 15. – №. 2. – С. 486-493.
8. Booth C., McDonald J. R. The use of artificial neural networks for condition monitoring of electrical power transformers //Neurocomputing. – 1998. – Т. 23. – №. 1-3. – С. 97-109.
9. Salat R., Osowski S. Accurate fault location in the power transmission line using support vector machine approach //IEEE Transactions on power systems. – 2004. – Т. 19. – №. 2. – С. 979-986.