УДК 621.31

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

FEATURES OF LOCATING DAMAGE IN CABLE POWER LINES

Кашин Яков Михайлович
кандидат технических наук,
заведующий кафедрой электротехники
и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
yakovkashin@yandex.ru

Климентьев Сергей Вячеславович
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет

Безкоровайный Иван Алексеевич
студент кафедры электротехники и электрических машин,
Кубанский государственный технологический университет
ivanbezkorovajnyj556@mail.ru

Kashin Yakov Mikhailovich
Candidate of Technical Sciences,
Head of the Department of Electrical
Engineering and Electrical Machines,
Kuban State Technological University
yakovkashin@yandex.ru

Klimentyev Sergey Vyacheslavovich
Candidate of Physical
and Mathematical Sciences,
Associate Professor of the Department
of Electrical Engineering
and Electrical Machines,
Kuban State Technological University

Bezkorovayny Ivan Alekseevich
Student of the Department
of Electrical Engineering
and Electrical Machines,
Kuban State Technological University
ivanbezkorovajnyj556@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены особенности известных на данный момент методов определения мест повреждения в кабельных линиях электропередачи, а также условия, необходимые для создания эффективного устройства поиска.

Ключевые слова: кабельные линии электропередачи, определение места повреждения, индукционный метод, акустический метод, кабелеискатель, тепловизионный датчик.

Annotation. The article discusses the features of currently known methods for determining the location of damage in cable power lines, as well as the conditions necessary for creating an effective search device.

Keywords: cable power lines, location of damage, induction method, acoustic method, cable detector, thermal imaging sensor.

Актуальной задачей при анализе и разработке методов определения места повреждения (ОМП) в кабельных линиях электропередачи (КЛЭП) является создание устройства, посредством которого можно эффективно определять место повреждения кабелей с высокой точностью в условиях ограниченного времени.

Рассмотрим основные методы поиска, описанные в [1, 2], и выделим условия, необходимые для создания эффективного устройства для ОМП в КЛЭП.

Наиболее широкое применение в практике поиска повреждений нашли мостовой, индукционный и акустический методы и их разновидности.

Известны также устройства, принцип работы которых основан на мостовых методах. Устройство [3] для измерения электрических параметров и определения места повреждения кабельных линий содержит изолированный источник питания, блок измерительных цепей с коммутатором на четыре режима («ёмкость», «изоляция», «шлейф», «утечка»), аналого-цифровой преобразователь, микроконтроллер с панелью управления и цифровой ЖК-дисплей. Его работа основана на автоматизированных измерениях сопротивления изоляции, электрической ёмкости, сопротивления шлейфа и оценке расстояния до места повреждения методом сравнения сопротивлений. Микроконтроллер содержит справочные данные о типах кабелей.

В [4] представлено устройство дистанционного определения расстояния до места повреждения изоляции кабельных линий связи или электропередач, реализующее односторонний мостовой метод с четырёхтактным изменением конфигурации многополюсной электрической цепи. Работа устройства обеспечивается наличием измерительного блока, источника постоянного тока, двух преобразователей тока, микропроцессорного блока управления, двухпозиционного ключа, а также дополнительно введённых первого и второго двухпозиционных ключей. Возможность автоматического определения расстояния до места замыкания на «землю» или между жилами достигается за счёт синхронного измерения токов в четырёх тактах и последующего вычисления отношения сопротивлений повреждённой жилы до и после дефекта.

При этом главный недостаток этих устройств [3, 4] заключается в том, что применение только мостовых методов в конструкции приводит к невозможности ОМП при обрыве всех жил кабеля. Кроме того, эти устройства эффективны лишь при небольших переходных сопротивлениях.

Фиксация электромагнитного поля индукционным методом производится при помощи кабелеискателя, имеющего приемную антенну, усилитель, головные телефоны и/или прибор – цифровой индикатор.

Сущность индукционного метода заключается в фиксации изменений электромагнитного поля над кабелем, по жилам которого пропускают ток звуковой частоты [2]. Метод прост и надёжен, но требует прожигания места повреждения и затруднён при однофазных замыканиях.

Акустический метод применяют при однофазных замыканиях на оболочку с большим переходным сопротивлением (более 50 Ом). Место повреждения определяют по акустическим колебаниям грунта, вызванным искровыми разрядами от генератора высоковольтных импульсов [2]. Метод эффективен для кабелей, проложенных в земле на глубине до 3 м, но подвержен влиянию помех и зависит от свойств грунта.

Индукционно-акустический метод также применяют при однофазных замыканиях с большим переходным сопротивлением. Он основан на измерении временного интервала между приходом электромагнитной и акустической волн, возникающих в месте искрового разряда при подаче высоковольтного импульса в повреждённый кабель [5].

Заметим, что основной задачей любого из способов ОМП является быстрый и точной поиск. Поэтому кроме вышеперечисленных методов, применяющихся традиционно, особо значимой представляется разработка новых методов и устройств, которые позволят повысить точность поиска. Другой важный шаг к повышению точности – это совмещение в одном устройстве нескольких методов.

Устройство, удовлетворяющее перечисленным выше критериям, представлено в [6]. Тепло-индукционно-акустический кабелеискатель [6] способен работать в четырёх режимах. Первые три основаны на применении индукционного, акустического, индукционно-акустических методов. Работа четвёртого режима основана на тепловом методе. Этот режим обеспечивается наличием в конструкции кабелеискателя инфракрасного тепловизионного датчика, линзы, фокусирующего кольца, матрицы, электронного блока обработки информации и цветного ЖК-дисплея с клавиатурой управления.

Применение тепловизионного датчика снижает электромагнитные и акустические помехи и открывает возможность фиксации инфракрасного излучения от теплового пятна над местом повреждения силового кабеля, возникшего из-за теплового воздействия электрической дуги в месте повреждения на окружающее пространство. Четвёртый режим работы таким образом уточняет результаты трёх основных режимов, сокращает скорость поиска и позволяет увеличить надёжность электроснабжения потребителей.

Таким образом, повысить эффективность ОМП в КЛЭП возможно за счёт создания кабелеискателя, реализующего несколько методов поиска повреждения кабеля и обеспечивающего возможность переключения соответствующих режимов на трассе кабельной линии в зависимости от характера повреждения. На сегодняшний день таковыми является кабелеискатель, описанный в [6].

Список литературы:

1. Кириллов Г.А. Теория и практика определения мест повреждения в кабельных линиях электропередачи : монография / Г.А. Кириллов, Я.М. Кашин, Е.Я. Коперский; Под общ. ред. Г.А. Кириллова – Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2024. – 361 с.
2. Кириллов Г.А. Методика определения мест повреждения в кабельных линиях электропередачи / Г.А. Кириллов, А.В. Варфоломеев. – М. : МО СССР, 1980. – 128 с.
3. Патент РФ № 19420 U1. Устройство для измерения электрических параметров и определения места повреждения кабельных линий / В.В. Ленев, В.А. Скаковский, В.М. Горохов // Опубл. 27.08.2001. Бюл. № 24.
4. Патент РФ № 219769 U1. Устройство дистанционного определения расстояния до места повреждения изоляции кабельных линий связи или электропередач / А.И. Нефедьев, В.И. Викулов, Г.И. Шаронов // Опубл. 04.08.2023. Бюл. № 22.
5. Индукционно-акустический кабелеискатель / Я.М. Кашин [и др.] // Серия 4 «Естественноматематические и технические науки»: Научный журнал «Вестник Адыгейского государственного университета» – Майкоп : Изд-во «Адыгейский государственный университет». – 2020. – Вып. 2(261). – С. 85–91.
6. Патент РФ № 2859023. Тепло-индукционно-акустический кабелеискатель / Я.М. Кашин, Г.А. Кириллов, А.А. Шаршак [и др.] // Опубл. 25.03.2026. Бюл. № 9.

List of references:

1. Theory and practice of determining damage locations in cable transmission lines: a monograph / G.A. Kirillov, Ya.M. Kashin, E.Ya. Kopersky. Under the general editorship of G.A.Kirillov – Publishing house of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «KubSTU», 2024. – 361 p.
2. Kirillov G.A. Technique for determining the locations of damage in cable power lines / G.A. Kirillov, A.V. Varfolomeev. – M. : MO USSR, 1980. – 128 p.
3. Induction-Acoustic Cable Finder / Ya.M. Kashin, G.A. Kirillov [et al.] // Series 4 «Natural Sciences, Mathematics, and Technical Sciences»: Scientific Journal «Bulletin of Adygea State University» – Maikop : Publishing House of Adygea State University. – 2020. – Iss. 2(261). – P. 85–91.
4. Patent of the Russian Federation № 2859023. Thermal-Induction-Acoustic Cable Finder / Ya.M. Kashin, G.A. Kirillov, A.A. Sharshak [et al.] // Published on March 25, 2026. Bull. № 9.
5. Patent RF № 19420 U1. Device for measuring electrical parameters and determining the location of cable line damage / V.V. Lenev, V.A. Skakovsky, V.M. Gorokhov // Published on August 27, 2001. Bull. № 24.
6. Patent RF № 219769 U1. Device for Remote Determination of the Distance to the Location of Insulation Damage on Cable Communication Lines or Power Transmission Lines / A.I. Nefediev, V.I. Vikulov, and G.I. Sharonov // Published on August 4, 2023. Bull. № 22.