

УДК 620.1.08

ПОИСК ОДНОФАЗНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ И ДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В СЕТИ 3–10 кВ

И. В. Гопаца

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Рассмотрен один из методов поиска однофазных повреждений в силовых кабельных линиях в сети 3–10 кВ. Данный метод относится к категории индукционных методов и является их развитием. При этом метод позволяет свести к минимуму влияние одиночного тока на качество полезного сигнала, что, в свою очередь, положительно сказывается на результате поиска места повреждения.

Ключевые слова: кабельная линия, однофазное повреждение.

SEARCHING FOR SINGLE-PHASE DAMAGE AND DIAGNOSTICS OF POWER CABLE LINES IN 3-10kV NETWORK

I. V. Gopatsa

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

This article discusses one of the methods of searching for single-phase faults in power cable lines in a 3-10kV network. This method belongs to the category of induction methods and it is their development. Moreover, the method allows minimizing the influence of a single current on the quality of the useful signal, which in turn has a positive effect on the result of the search for the damage location.

Keywords: cable line, single-phase damage.

Введение. Одним из способов повышения эксплуатационной надежности электрических сетей является быстрое обнаружение и восстановление поврежденных участков линий электропередачи. Длина распределительных сетей 0,4–35 кВ может составлять несколько миллионов километров. По кабельным линиям поставляется до 80% электроэнергии промышленным предприятиям и городам. Кабельные линии повреждаются в 2–3 раза чаще, чем другие составные части электроснабжения. Ежегодно в кабельных сетях выявляется около полумиллиона мест повреждения. Время устранения неполадок составляет от нескольких часов до нескольких суток.

Процедура выявления повреждений кабельной линии, а также поиск места повреждения непосредственно на трассе остаются одной из наиболее трудоемких операций, не поддающихся автоматизации и требующих высокой квалификации оператора.

Совершенствование акустического и индукционного методов поиска повреждений на трассе кабельной линии требует установления закономерностей распределения акустического и индукционного сигналов на трассе кабельной линии с учетом электромагнитных характеристик кабельных линий на повышенных частотах, влияния токов в земле и свойств применяемой аппаратуры.

Многообразие типов повреждений (замыкание одной, двух, трех жил между собой и на оболочку, обрыв жил, заплывающие пробои) и параметров поврежденной кабельной линии (переходное сопротивление, длина линии до места повреждения и за ним, марка кабеля и глубина его залегания) привело к формированию различных методов и устройств для нахождения места

повреждения на трассе кабельной линии. Однако ряд повреждений, прежде всего металлические однофазные замыкания и заплывающие пробой при неразрушенной оболочке, а также повреждения в кабелях с отдельным металлическим покрытием жил остаются еще трудно выявляемыми и требуют дополнительных теоретических оценок и получения на их основе новых технических решений как в части разработки новых способов поиска повреждений, обладающих большей разрешающей способностью в различных ситуациях, так и в части совершенствования аппаратуры.

В целях модернизации поисковой аппаратуры необходимы расчетный аппарат для выбора параметров поисковой аппаратуры с учетом характеристик поврежденной кабельной линии, оценка помехозащищенности, чувствительности, и в результате — надежность выявления повреждения и массогабаритные показатели аппаратуры.

Понимание процессов, происходящих в кабельной линии при отыскании места повреждения, и представление о характере распределения сигнала на трассе позволяют повысить производительность работы оператора и снизить затраты и время на поиск места поврежденной кабельной линии.

Цель данной статьи — проанализировать схемы определения мест повреждения кабельных линий с выравниванием падения напряжения на оболочке для поиска однофазных повреждений и диагностики их в сети 3–10 кВ.

Схема с выравниванием напряжения на оболочке. Одним из наиболее частых видов повреждений кабельных линий является замыкание одной фазы на землю. Поиск повреждений такого рода связан с рядом сложностей, одной из которых является появление одиночного тока в схеме при использовании индукционных методов.

Мешающее влияние одиночного тока может быть устранено за счет искусственного токораспределения в кабеле, при котором выравнивается падение напряжения вдоль оболочки, а одиночный ток не протекает. Схема, реализующая этот способ, приведена на рис. 1. Для выравнивания падения напряжения на оболочке генератор звуковой частоты присоединяется к поврежденной жиле и среднему регулируемому выводу компенсирующего автотрансформатора. Один крайний вывод автотрансформатора присоединяется к оболочке кабеля, а другой — к двум неповрежденным жилам, которые соединены с оболочкой на противоположном от места включения генератора конце кабеля. Эффективность способа повышается, если заземляющий тросик на обоих концах кабеля отсоединить от контура заземления подстанций [1, с. 147].

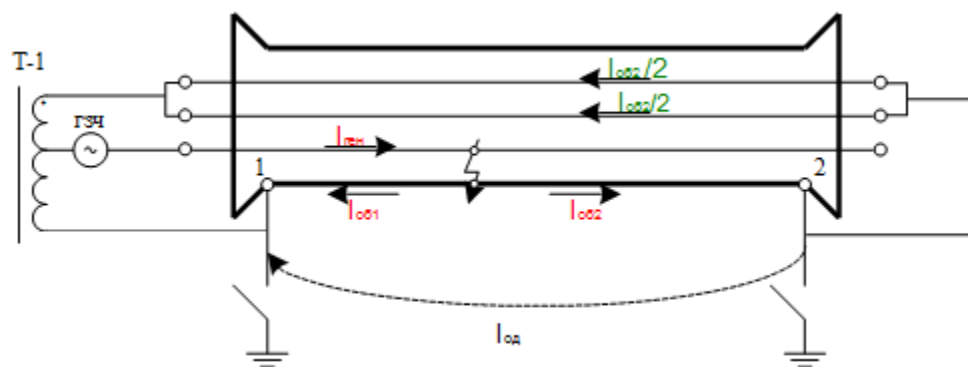


Рис. 1 Схема компенсации одиночного тока с выравниванием напряжения на оболочке:

T-1 — регулируемый трансформатор (10–15 витков), ГЗЧ — генератор звуковой частоты,
 $I_{од}$ — одиночный ток (ток помехи), $I_{ген}$ — ток генератора, $I_{од1}$ и $I_{од2}$ — составляющие тока в оболочке,
 КУ — ключ управления

В схеме на рис. 1 ток, протекающий по поврежденной жиле, в точке замыкания переходит на оболочку и с помощью автотрансформатора принужденно распределяется по обе стороны от места повреждения ($I_{\Gamma} = I_{o\sigma 1} + I_{o\sigma 2}$). Так как токи, текущие по оболочке до места повреждения и за ним, противоположны по фазе (токораспределение задается автотрансформатором), то падения напряжения на оболочке по обе стороны от места повреждения также противоположны по фазе, а результирующее напряжение между концами кабеля равняется разности указанных падений напряжения. Компенсацию одиночного тока осуществляют, изменяя движком соотношение витков автотрансформатора таким образом, чтобы результирующее падение напряжения на оболочке и обусловленный им одиночный ток были близки к нулю. Момент компенсации определяется с помощью кабелеискателя, расположенного вблизи (0,5–1 м) трассы кабеля, по исчезновению сигнала от поля одиночного тока. Связь между операторами на трассе и у генераторного конца кабеля осуществляется по радио. Это необходимо, так как условия компенсации будут различаться для разных участков кабельной линии, а также для исключения возможности перекомпенсации. После компенсации поле одиночного тока уменьшится до нуля, и оператор почувствует поле пары токов, место повреждения находят по скачкообразному изменению сигнала от поля пары токов.

Схема с выравниванием напряжения на оболочке и делительным трансформатором. На рис. 2 приведена схема компенсации одиночного тока с выравниванием падения напряжения на оболочке, в которой для устранения поля пары токов за местом повреждения введен делительный трансформатор, включаемый на противоположном от генератора конце кабеля. Автотрансформатор с соотношением витков 2:1 первичной обмоткой подключается между поврежденной жилой и оболочкой, а вторичной обмоткой — между двумя неповрежденными жилами и оболочкой. Благодаря такому включению за местом повреждения по цепи повреждения жила–оболочка протекает такой же ток, что и по каждой из неповрежденных жил. При этом за местом повреждения суммарный ток трех жил равен суммарному току оболочки и поле пары токов за местом повреждения отсутствует [1, с. 152].

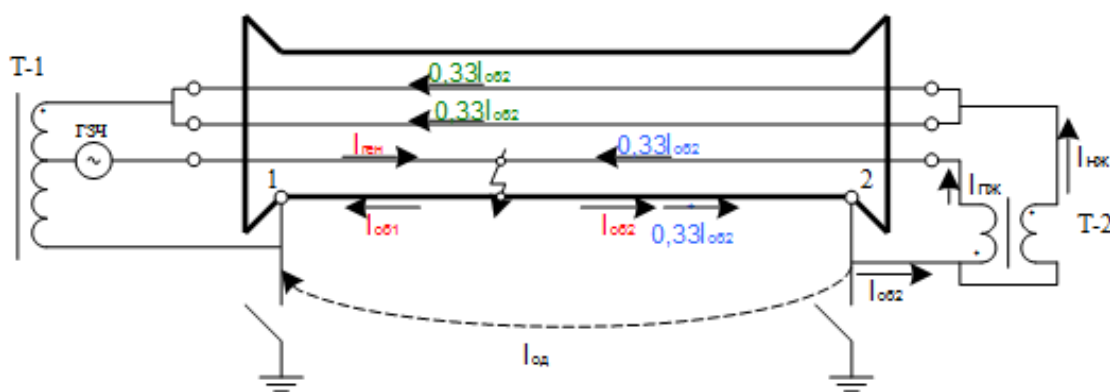


Рис. 2. Схема компенсации с выравниванием падения напряжения на оболочке и делительным трансформатором: $I_{нж}$ — ток в неповрежденных жилах, $I_{пж}$ — ток в поврежденных жилах, T-2 — разделительный трансформатор (коэффициент трансформации 2 к 1), число витков 20:10

Схема с делительным трансформатором облегчает условия фиксации места повреждения (по исчезновению поля пары токов) и несколько улучшает условия компенсации одиночного тока, но требует дополнительных соединений на противоположном от генератора конце кабеля.



Заключение (выводы). Выполненный анализ схем определения мест повреждения с выравниванием падения напряжения на оболочке позволяет сделать следующие выводы:

1. При отыскании места замыкания на оболочку кабеля индукционным методом компенсация мешающего одиночного тока растекания может быть достигнута за счет принужденного токораспределения в кабеле с помощью компенсирующего автотрансформатора, при котором выравнивается падение напряжения на оболочке относительно точки замыкания и одиночный ток не протекает.

2. Рассмотрены схемы, обеспечивающие практическую компенсацию одиночного тока и поиск места повреждения по скачкообразному изменению сигнала от поля пары токов. Показано, что на любом участке кабельной линии можно обеспечить условия компенсации одиночного тока при соответствующей регулировке компенсирующего трансформатора. Последнее действие требует связи между операторами на трассе и у генераторного конца кабеля.

3. Независимо от положения поврежденного участка на трассе кабельной линии условия компенсации на этом участке примерно одинаковы.

4. Включение на противоположном от генератора конце кабеля делительного трансформатора с соотношением витков 1:2 исключает поле пары токов за местом повреждения.

Библиографический список

1 Платонов, В. В. Определение мест повреждений на трассе кабельной линии / В. В. Платонов, В. Ф. Быкадоров. — Москва : Энергоатомиздат, 1993. — 252 с.

Об авторе:

Гопаца Игорь Владимирович, магистрант кафедры «Интеллектуальные электрические сети» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), dvarutyunyan@gmail.com

Author:

Gopatsa, Igor' V. master degree student, the department of «Intelligent Electrical Networks», Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), dvarutyunyan@gmail.com