

Об итогах опытной эксплуатации указателя места однофазного замыкания

А. А. Красных И. Л. Кривошеин,

А. Л. Козлов, А. В. Братухин

Вятский государственный университет

В статье дано краткое описание разработанного в НПЦ «Электробезопасность» указателя места однофазного замыкания на землю, этапов его создания. Подробно приведены результаты проведенной с декабря 2015 г. по май 2016 г. опытной эксплуатации партии указателей в девяти областных филиалах ПАО «МРСК Центра и Приволжья». Рассмотрены отмеченные в отзывах достоинства, проанализированы и учтены замечания. Итоги опытной эксплуатации научно-техническим советом ПАО «МРСК Центра и Приволжья» признаны положительными. Принято решение об оснащении всех РЭС такими указателями.

Около 70% повреждений самых распространенных воздушных линий электропередачи ВЛ (6-35) кВ сопровождается однофазным замыканием на землю (ОЗЗ). С целью повышения надежности работы распределительной сети допускается продолжение ее работы при возникновении ОЗЗ до устранения повреждения. В этом случае, помимо того, что на исправных фазах возникают перенапряжения, возле места ОЗЗ существуют опасность поражения током людей и животных [3]. По этим причинам повреждение требуется ликвидировать в кратчайший срок.

Выявление места ОЗЗ в распределительных сетях напряжением 6-35 кВ выполняется топографическим методом, то есть путём обхода и визуального осмотра всей трассы поиска [4]. Ускорить и облегчить эту работу должны переносные приборы для поиска места ОЗЗ. Однако специалисты, обслуживающие ВЛ, отмечают частые отказы в работе применяемых ныне в электроэнергетике приборов такого типа. Поэтому значительная часть времени, необходимого на

ликвидацию ОЗЗ, тратится на поиск места замыкания, который может вестись сутками.

По принципу действия приборы поиска места ОЗЗ делят на токовые и направленные.

Токовые приборы позволяют сравнить токи нулевой последовательности для разных участков сети при ОЗЗ. По максимальным показаниям токового прибора определяется как поврежденная линия, отходящая от питающей подстанции, так и поврежденное ответвление на этой линии и место повреждения, за которым показания прибора резко уменьшаются.

Направленные приборы контролируют не только магнитное, но и электрическое поле ВЛ. Они позволяют определять направление к месту повреждения в любой точке сети, если значение соответствующей составляющей тока обратной последовательности в данной точке сети достаточно для работы прибора. Принцип действия направленных приборов основан на сопоставлении фаз гармонических составляющих, преобразованных датчиками сигналов.

В настоящее время российской промышленностью выпускаются только токовые приборы: «Квант» и его модификация «Квант-К», отличающаяся цифровым индикатором [5]. Приборы эти аналоговые, настроенные на одиннадцатую гармонику.

Зависимость числовых показаний токовых приборов от расстояний до проводов, от рельефа местности, близости металлоконструкций, транспортных средств, меняющегося переходного сопротивления в месте ОЗЗ осложняет их применение и не всегда позволяет успешно завершить нахождение места ОЗЗ.

Проведенный анализ конструкций и методик применения, использовавшихся в электроэнергетике страны переносных приборов поиска места ОЗЗ, отзывы специалистов выявили необходимость создания нового прибора направленного типа, результатом работы которого будет не число, а интегральный показатель - направление движения к месту ОЗЗ, указываемое изображаемой на дисплее прибора стрелкой. По итогам исследований были разработаны и запатентованы два способа поиска места ОЗЗ [1, 2].

Согласно способу [2] был создан цифровой переносной прибор поиска места ОЗЗ, получивший название «Вектор», который позволяет автоматически, в результате спектрального анализа 512 гармоник ЭМП ВЛ, определять наличие в линии ОЗЗ и направление движения к месту замыкания. Его внешний вид представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид промышленного образца прибора «Вектор»

Полевые испытания указателя «Вектор», проведенные на ВЛ 10 кВ филиала «Кировэнерго» ПАО «МРСК Центра и Приволжья» в период с 2012 по 2015 г.г. подтвердили, в итоге, работоспособность указателя при различных видах ОЗЗ и позволили разработать методику его применения.

В 2013 и 2015 г.г. информация о ходе работ и результатах испытаний указателя «Вектор» заслушивалась на заседаниях научно-технического совета (НТС) «МРСК Центра и Приволжья», и в 2015 г. было принято решение о проведении опытной эксплуатации указателей во всех девяти областных филиалах.

Опытная эксплуатация 10 указателей «Вектор» (2 – в «Кировэнерго», в остальных – по одному) началась в декабре 2015 г. и продолжалась до мая 2016 г. Такой этап при внедрении новых приборов в практике НПЦ «Электробезопасность» проходил впервые. Если при предшествовавших полевых испытаниях поиск вели сотрудники НПЦ и место замыкания было известно, то здесь стояла задача нахождения места ОЗЗ на поврежденной ВЛ. Поиск должно было вести большое количество разных людей, впервые взявших указатель в руки. На результат применения указателя мог негативно повлиять ряд факторов (ко-

роткая длина поврежденной линии, экранирующее действие деревьев, помехи от близко идущих ВЛ, автотранспорта и др.).

Отзывы от энергосистем поступали в мае-июле 2016 г., и из них стало ясно, что все приборы испытания прошли успешно, ни один не вышел из строя. В отзывах как положительные отмечались следующие качества указателей «Вектор»:

- простота эксплуатации, отсутствие переключателей и подстроек;
- автоматический выбор гармоник;
- наглядность представления результата измерений в виде стрелки на дисплее, указывающей направление к месту ОЗЗ;
- для обучения персонала пользованию указателем достаточно 10-20 мин.;
- не требуется запоминание показаний и сопоставление с предыдущими показаниями;
- надежность;
- точность определения места ОЗЗ;
- малые габариты и вес;
- высокая эффективность применения.

В табл. 1 представлена, в том виде, как записано в отзывах, информация по количеству применений указателей, времени поиска, экономии электроэнергии и дополнительные позитивные факторы.

Несколько указанных в отзывах замечаний объясняются конструктивными особенностями линии, спецификой электрического поля поврежденной ВЛ, экранирующим действием деревьев, опор. Обусловленные этим ограничения были понятны при проведении полевых испытаний и уже входили в текст руководства по эксплуатации указателя «Вектор».

По ряду замечаний проведена доработка конструкции указателя. Подбран дисплей с подсветкой, в узел крепления дисплея добавлен амортизатор, появилась броская мигающая индикация «Слабый сигнал» (экранирование прибора или самоустранение ОЗЗ или отключение ВЛ), разработана и размещена на внутренней стороне крышки футляра краткая памятка пользователю.

Итоги опытной эксплуатации указателей места ОЗЗ

Таблица 1

№ п.п.	Наименование филиала	Применялся всего/успешно	Сокращение времени поиска	Уменьшение недоотпуска электроэнергии	Дополнительные факторы
1	Рязаньэнерго	8/7	В 2-3 раза	600 кВт*ч	
2	Удмуртэнерго	2/2	В 1,5-2 раза	152 кВт*ч	уменьшение транспортировки бригад
3	Ивэнерго	2/2 (сни-ем+неоднократно)	1 – 31 мин. 2 – 2 ч. 7 мин. быстрее, чем без указателя	Снижение недоотпуска подтвердилось	уменьшение трудозатрат, затрат на автотранспорт
4	Марийэнерго	Множественно, сбоев не было	сократилось	сократился	
5	Тулэнерго	7/7	На 30%	650 кВт*ч	увеличение ресурса электроустановок за счет сокращения времени работы в аварийных режимах
6	Калугаэнерго	5/5	В 4-8 раз (15-30 мин. вместо 1,5-3 час)	12850 кВт*ч	уменьшение трудозатрат и экономия ГСМ
7	Владимир-энерго	7/7	В 2-2,5 раза	зафиксировано	Снижение количества операций отключение-включение разъединителей 6-10 кВ ведет к снижению механического износа и повышению срока их эксплуатации
8	Нижновэнерго	Неоднократно, сбоев не было	сократилось	подтвердилось	
9	Кировэнерго	8/8	существенно	2000 кВт*ч	Снизилась затраты
	Всего по МРСК	39/38 (представленных числами)			

Во время опытной эксплуатации в НПЦ «Электробезопасность» инициативно разработаны установка и методика проверки работоспособности в лабораторных условиях, что позволит контролировать состояние указателей «Вектор» периодически или, при необходимости, в любой момент времени. Ни у одного из существовавших и существующих приборов этого назначения возможности проверки в лаборатории не было. Их работоспособность выяснялась только в процессе применения на ВЛ с ОЗЗ.

Окончательно итоги опытной эксплуатации указателей «Вектор» были подведены на заседании НТС ПАО «МРСК Центра и Приволжья» в октябре 2016 г. Главные инженеры филиалов отзывались о работе указателей в целом позитивно. Ими также было дано несколько советов по повышению эксплуатационных характеристик указателей.

В решении НТС итоги опытно-промышленной эксплуатации указателя «Вектор» признаны положительными, отмечены его преимущества. Прибор рекомендован к применению в филиалах ПАО «МРСК Центра и Приволжья». Принято решение об оснащении в 2017-18 г.г. указателями «Вектор» всех бригад мастерских участков и ОВБ РЭС, а также служб ЛЭП, эксплуатирующих ВЛ 35 кВ.

С учетом успешности сотрудничества с НПЦ «Электробезопасность» НТС ПАО «МРСК Центра и Приволжья» поставил перед коллективом НПЦ новые конкретные задачи по разработке необходимых для электроэнергетики электронных устройств и приборов контроля.

Примечания

1. *А.А. Красных, И.Л. Кривошеин, А.Л. Козлов* и др. Способ определения места однофазного замыкания на землю в разветвлённой воздушной ЛЭП с изолированной нейтралью // Патент России № 2248583. 2005. Бюл. № 8.

2. *А.А. Красных, И.Л. Кривошеин, А.Л. Козлов* и др. Способ определения места однофазного замыкания на землю в разветвлённой воздушной ЛЭП с изолированной нейтралью // Патент России № 2563340. 2015. Бюл. № 26.

3. Долин П.А. Электробезопасность, теория и практика / Долин П.А. Медведев В.Т. Корочков В.В. Монахов А.Ф. – Москва: МЭИ, 2012. – 284 с.

4. Козлов А.Л. Обзор существующих методов определения места повреждений в сетях воздушных линий электропередачи 6-35 кВ / Козлов А.Л., Суслов Е.А. // «Общество, наука, инновации»: тезисы докладов Всероссийской научно-практической конф. (Киров, 15-26 апр. 2013 г.) – Киров, 2013. – 1 электрон. опт. диск. – (Секция «Электротехника и электробезопасность» ст. 6).

Сведения об авторах:

1) Красных Александр Анатольевич, Кривошеин Игорь Леонидович, Козлов Алексей Леонидович, Братухин Алексей Викторович;

2) ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров;

3) Красных А.А.: доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электротехники и электроники,

Кривошеин И.Л.: кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электротехники и электроники,

Козлов А.Л.: заведующий лабораториями кафедры электротехники и электроники,

Братухин А.В.: ведущий инженер кафедры электротехники и электроники;

Контакты:

Тел.: (8332) 35-00-90, 32-17-54

www.ebp.ru

e-mail: ebp@mail.ru