

СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ НУЛЕВОГО ПРОВОДА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 0,4 кВ

К.С. Серёжин, И.Ф. Суворов*, А.И. Сидоров**

***г. Чита, ЧГУ, **г. Челябинск, ЮУрГУ**

THE WAY OF AUTOMATIC CONTROL OF ZERO WIRE PARAMETERS OF 0.4 kV AIRLINES

K.S. Serezhin, I.F. Suvorov, A.I. Sidorov

Chita, ChSU, Chelyabinsk, SUSU

Разработанный способ автоматического контроля параметров нулевого провода основан на качественном анализе распределения токов через нулевой провод и совокупность повторных заземлителей, измерении разности тока в нулевом проводе в начале линии и тока в нулевом проводе за первым повторным заземлителем, осуществлении автоматического контроля целостности нулевого провода, определении места обрыва нулевого провода.

Ключевые слова: нулевой провод, распределение токов, место обрыва.

The developed way of automatic control of zero wire parameters is based on the qualitative analysis of current distribution through the zero wire, measurement of current difference in the zero wire in the beginning of the line and in the zero wire behind the first repeated ground wire, realization of the automatic control of integrity of zero wire, and definition of the place of breakage of the zero wire.

Keywords: zero wire, current distributions, place of breakage.

Практика эксплуатации линий электропередачи 0,4 кВ показала, что основными причинами обрыва нулевого провода являются:

- длительное однофазное короткое замыкание в конце длинной линии, приводящее к отгоранию нулевого провода в местах контактных соединений;
- постепенное электроэрозионное разрушение нулевого провода при схлестывании с фазным в местах наибольшей стрелы провеса.

При несимметричной нагрузке обрыв или увеличение сопротивления системы «нулевой провод-земля» вызывает появление у потребителей значительных перенапряжений в наименее нагруженных фазах, что приводит к массовому выходу из строя оборудования потребителей и возникновению электро-, пожаро- и взрывоопасных ситуаций.

Обеспечение непрерывности нулевого провода предполагает постоянный контроль за его состоянием и параметрами и в случае аварии отключение отходящей линии от трансформаторной подстанции.

Известен способ определения повреждения нулевого провода в сетях 0,4 кВ путем определения сопротивления петли фаза-нуль [1].

Основным недостатком при измерении сопротивления петли фаза-нуль является невозможность точно определить, чем вызвано увеличение суммарного сопротивления петли фаза-нуль: обрывом нулевого провода или недопустимым увеличением

сопротивления фазных проводов, а также невозможностью организации постоянного автоматического контроля указанных аварийных состояний.

Существует устройство, использующее наложение на напряжение сети оперативного постоянного тока и предназначенное для контроля зануления конкретной электрической установки [2], содержащее основной трехфазный дроссель, источник оперативного постоянного тока, дополнительный трехфазный дроссель и реагирующий орган.

Недостатком устройства, использующего наложение на напряжение сети оперативного тока, является контроль непрерывности лишь одного участка цепи зануления, а кроме того, ухудшение качества электроэнергии.

Известно также устройство контроля непрерывности заземляющего провода передвижных горнодобывающих электроустановок [3], включающее блок приема импульсов, установленный на питающей подстанции, где находится центральный заземлитель, который посылает в сеть опросные импульсы, каждый из которых предназначен для запуска соответствующего блока передачи импульсов, установленного на той или иной передвижной электроустановке. Блок передачи импульсов по контуру нулевой последовательности или по цепи (сопротивление самозаземления – грунт – центральный заземлитель – совокупность фазных проводов) передает на блок приема им-

пульсы, которые дешифруются и преобразуются в контрольный сигнал. Величина этого контрольного сигнала и является критерием непрерывности цепи заземления.

Недостатками известного способа и устройства являются:

- ухудшение качества электроэнергии в данной сети из-за прохождения импульсного тока через совокупность фазных проводов;

- за счет временного ограничения полосы пропускания нарушается импульсный характер сигнала, импульсный сигнал конечной длительности «расплывается», переходные процессы в канале продолжаются после выключения i -го сигнала и происходит наложение сигналов, что приводит к ухудшению чувствительности;

- контроль параметров нулевого провода по каждой защищаемой линии производится через некоторые промежутки времени, длительность которых зависит от количества защищаемых линий, т.е. контроль осуществляется непостоянно.

Известен способ автоматического контроля параметров нулевого провода воздушных и кабельных линий 0,4 кВ [4], включающий пропускание высокочастотных импульсов через нулевой провод и совокупность повторных заземлителей защищаемых линий, прием импульсов, их дешифрацию, регистрации амплитуды импульсов и подачу сигнала на отключение линии при значениях амплитуды импульсов ниже определенной величины, когда через каждую защищаемую линию осуществляется непрерывная передача импульсов определенной частоты, отличающейся на 200 Гц для соседних каналов частоты. А перед дешифрацией дополнительно производят измерения частоты и разделение спектра сигналов по исходным полосам частот, определяют амплитуды импульсов, соответствующих каждой линии, и при уменьшении амплитуды импульсов более чем на 15 % от амплитуды импульсов в нормальном режиме работы производят отключение линии с нарушенными параметрами нулевого провода.

Недостатки данного способа:

- ухудшение качества электроэнергии в данной сети за счет пропускания высокочастотных импульсов через нулевой провод и совокупность повторных заземлителей;

- необходимость дополнительной установки фильтров, препятствующих попаданию высокочастотных импульсов в цепь нагрузки;

- высокая сложность и стоимость устройства.

Наиболее близким к этому способу по технической сущности является устройство контроля непрерывности нулевого провода воздушных линий 0,4 кВ, в основу которого положен принцип сравнения тока I_{01} в нулевом проводе в начале линии и тока I_3 в заземлении нейтрального питающего трансформатора [5]. Как было установлено, в нормальном режиме работы сети при любом распределении нагрузки между линиями величина тока

I_{01} всегда больше величины тока I_3 . При нарушении непрерывности нулевого провода соотношение $I_{01} > I_3$ нарушается, что и используется для обнаружения возникновения аварийной ситуации и выработки сигнала, который подается на исполнительный механизм, отключающий неисправную линию.

Недостатком этого устройства является малая зона контроля, так как оно надежно работает на длинах до 500 м. Согласно анализу схем городских электросетей длина отдельных линий распределительных сетей 0,4 кВ не превышает 300–400 м. Поэтому в городских условиях зоны действия 500 м достаточно, а в сельской местности зачастую нет, так как линии 0,4 кВ в сельской местности могут достигать длин порядка 1,5–2 км.

Техническим результатом настоящего изобретения является повышение качества контроля непрерывности и параметров нулевого провода, увеличение достоверности определения места его обрыва.

Технический результат достигается тем, что способ автоматического контроля параметров нулевого провода воздушных линий 0,4 кВ основан на измерении и использовании соотношения тока I_{01} (в нулевом проводе в начале линии) и тока I_{02} (в нулевом проводе за первым повторным заземлителем). В нормальном режиме работы сети между током в нулевом проводе в начале линии и током в нулевом проводе за первым повторным заземлителем существует определенное соотношение, зависящее от физических параметров сети, которое может быть рассчитано для каждой конкретной сети. При обрыве нулевого проводника величина токов изменяется.

Отличительной особенностью данного способа является измерение разности токов $\Delta I_0 = I_{01} - I_{02}$ и анализ данной величины для получения информации об обрыве нулевого провода. Если значение разности токов ΔI_0 , подаваемое в вычислительный блок, превышает значение, измеренное для нормального режима с учетом колебания несимметрии нагрузки и сезонности колебаний сопротивлений повторных заземлений, блок принятия решения генерирует сигнал на отключение, подаваемый на исполнительный механизм.

Сущность предлагаемого устройства поясняется на рисунках. На рис. 1 представлена схема замещения участка, на рис. 2 – графики изменения токов по участкам нулевого провода при обрывах на каждом из них, на рис. 3 – график изменения $\Delta I_0 = I_{01} - I_{02}$ в зависимости от места обрыва нулевого провода: $\Delta I_0 = F(L_{обр})$.

Дополнительное измерение разности токов $\Delta I_0 = I_{01} - I_{02}$ позволяет также определить предполагаемое место обрыва с учетом заданной погрешности.

Результаты исследований на математической и физической моделях электрической сетей при обрыве нулевого провода представлены на рис. 2.

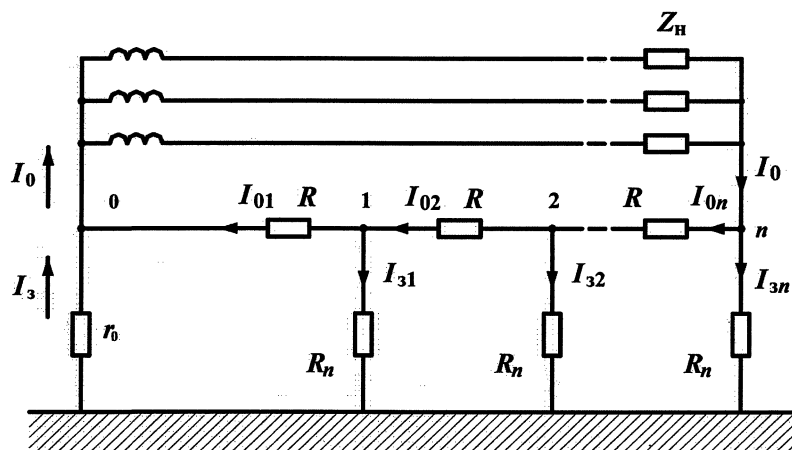


Рис. 1. Схема замещения участка сети 0,4 кВ

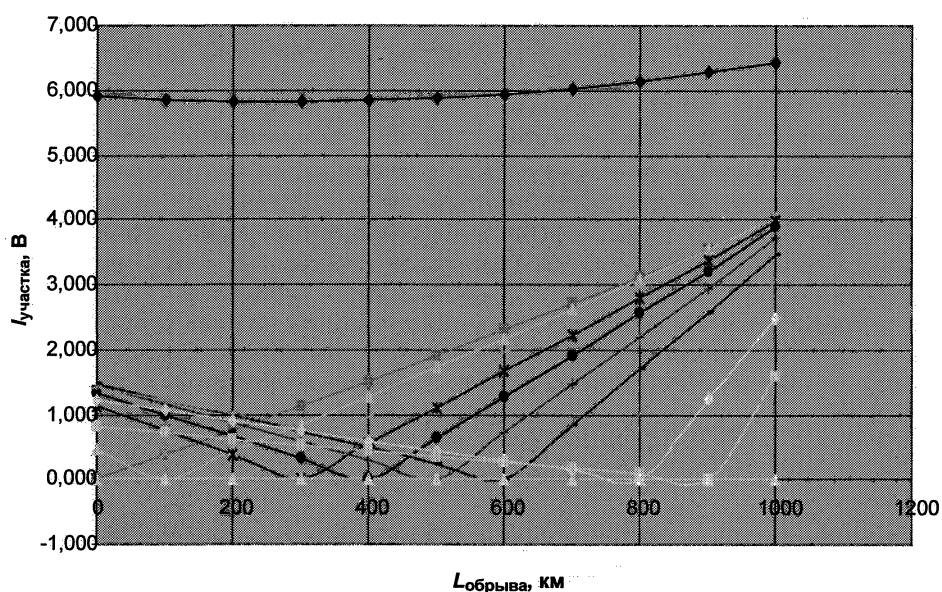


Рис. 2. Графики изменения токов по участкам нулевого провода

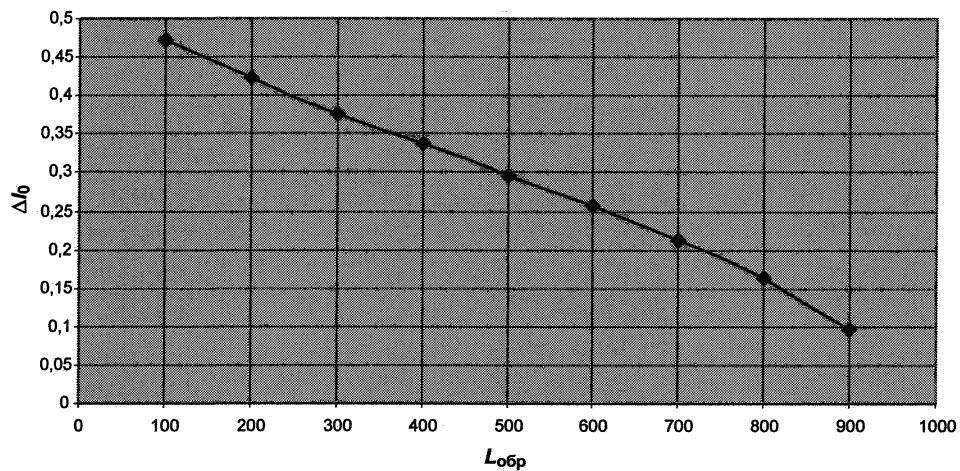


Рис. 3. График $\Delta I_0 = F(L_{обр})$

Зависимость разности токов от места обрыва

$L_{обр}$	100	200	300	400	500	600	700	800	900
ΔI_0	0,473	0,422	0,377	0,336	0,296	0,257	0,214	0,164	0,097

Условия моделирования:

- воздушная линия,
- провод А-25,
- длина 1 км,
- 10 повторных заземлителей через 100 м.

В таблице и на рис. 2 представлено изменение $\Delta I_0 = F(L_{обр})$.

В нормальном режиме работы данной воздушной линии $\Delta I_0 = 0,017$ А. Таким образом, для обеспечения чувствительности устройства при обрывах нулевого провода в любом месте по длине следует для данной воздушной линии выбрать уставку срабатывания устройства 0,1 А.

Согласно предложенному способу за счет непрерывного измерения разности токов $\Delta I_0 = I_{01} - I_{02}$ осуществляется автоматический контроль целостности нулевого провода, а за счет предварительного графического анализа изменения ΔI_0 в зависимости от места обрыва представляется возможным определение места обрыва нулевого провода с учетом заданной погрешности.

Предложенный способ позволяют повысить электробезопасность при эксплуатации электрических сетей 0,4 кВ за счет постоянного автоматического контроля, минимального времени определения аварийной ситуации и дополнительного определения места обрыва нулевого провода.

Литература

1. Сидоров, А.И. Основы электробезопасности: учебное пособие / А.И. Сидоров. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 344 с.
2. А.с. 845115 СССР, МКИ Н 02 Н 3/17, 5/12. Устройство для контроля целостности заземляющей цепи передвижных электроустановок / Ю.В. Ситчихин, А.И. Сидоров (СССР). – № 279737/18-21; заявл. 09.07.79; опубл. 07.07.81, Бюл. № 25.
3. Сидоров, А.И. Теория и практика системного подхода к обеспечению электробезопасности на открытых горных работах: автореф. дис... д-ра техн. наук / А.И. Сидоров. – Кемерово, 1994. – 38 с.
4. А.с. 2295186 РФ, МПК Н 02 Н 5/00. Способ автоматического контроля параметров нулевого провода и устройство для его осуществления / И.Ф. Суворов, К.С. Серёжин, В.В. Гальцев, А.И. Сидоров (РФ). – № 2005140871/09; заявл. 26.12.2005; опубл. 10.03.2007, Бюл. № 7.
5. А.с. 2230415 РФ, МПК 7 Н 02 Н 5/10, G 01 R 31/02. Устройство контроля непрерывности нулевого проводника в воздушных линиях 0,4 кВ / Д.А. Апаров, А.И. Сидоров, В.А. Петров (РФ). – № 2002127852/28; заявл. 17.10.2002; опубл. 10.06.2004, Бюл. № 16.

Поступила в редакцию 15.05.2008 г.

Серёжин Константин Сергеевич – аспирант кафедры электроснабжения Читинского государственного университета. Область научных интересов: теоретическая электротехника, электробезопасность, качество электроэнергии. Контактный телефон: 8-(3022)-41-66-41.

Serezhin Konstantin Sergeevich. Post-graduate student of the Electric Supply department of Chita State University, Chita. Scientific interests: theoretical electrical engineering, electrical safety, quality of the electric power. Contact telephone: 8- (3022) -41-66-41.

Суворов Иван Флегонтович – доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения Читинского государственного университета. Область научных интересов: распределение электроэнергии, электробезопасность, качество электроэнергии, энергосбережение. Контактный телефон: 8-(3022)-41-66-41.

Suvorov Ivan Flegontovich. Doctor of technical science, professor of the Electric Supply department of Chita State University, Chita. Scientific interests: distribution of electric power, electrical safety, quality of the electric power. Contact telephone: 8- (3022) -41-66-41.

Сидоров Александр Иванович. Доктор технических наук, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Южно-Уральского государственного университета. Область научных интересов: теоретическая электротехника, электробезопасность, качество электроэнергии, энергосбережение. Контактный телефон: 8-(351)-267-90-65.

Sidorov Alexander Ivanovich. Doctor of technical science, professor of the Electric Supply department of South Ural State University, Chelyabinsk. Scientific interests: theoretical electrical engineering, electrical safety, quality of the electric power. Contact telephone: 8- (351) -267-90-65.