



(19) KG (11) 2103 (13) C1  
(51) Н02Н 5/10 (2018.01)  
G01R 31/02 (2018.01)

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И ИНОВАЦИЙ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

### (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к патенту Кыргызской Республики под ответственность заявителя (владельца)

(21) 20180008.1

(22) 06.02.2018

(46) 31.10.2018, Бюл. № 10

(71) Оморов Т. Т.; Такырбашев Б. К. (KG)

(72) Оморов Т. Т.; Такырбашев Б. К.; Закиряев К. Э.; Койбагаров Т. Д. (KG)

(73) Оморов Т. Т.; Такырбашев Б. К. (KG)

(56) Патент под ответственность заявителя KG № 1935, С1, кл. G01R 11/24, 2017

(54) Способ диагностики и защиты от обрывов электрических линий трехфазных распределительных сетей 0,4 кВ в составе АСКУЭ

(57) Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для диагностики и защиты от обрывов фазных и нулевого проводов линии электрической сети напряжением 0,4 кВ в составе автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ).

Задачей изобретения является точное определение места обрыва фазных и нулевого проводов и локализация мест обрывов проводов сети в составе АСКУЭ, а также повышение условий электробезопасности и диагностики состояний проводов.

Поставленная задача решается тем, что в способе диагностики и защиты от обрывов электрических линий трехфазных распределительных сетей 0,4 кВ в составе АСКУЭ, включающий размещение в начале линии трансформаторной подстанции, содержащей головной счетчик с PLC-модемом и концентратор данных, подключение каждого потребителя к линии электроснабжения через счетчик с PLC-модемом, периодический сбор данных со счетчиков потребителей, которые поступают в концентратор данных для хранения, их суммирования и сравнения, и на основе данных определение текущего электрического состояния трехфазной сети, согласно изобретению, измеренные счетчиками потребителей данные передают в идентификатор динамики нагрузки концентратора данных по технологии PLC, эти данные преобразуют в комплексные формы и записывают в базу данных концентратора данных, на основе вычислений межабонентских комплексных токов и межабонентских сопротивлений нулевого провода определяют координаты обрыва фазных и/или нулевого проводов и дают команду на отключение сети.

1 н. п. ф., 3 фиг.

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для диагностики и защиты от обрывов фазных и нулевого проводов линии электрической сети напряжением 0,4 кВ в составе автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ).

Известен способ защиты от обрывов фазных и нулевого проводов воздушной линии электрической сети напряжением 380 В, заключающийся в использовании для защиты линии трехфазного микропроцессорного счетчика электрической энергии, устанавливаемого на вводе потребителя, в дополнение его функциям, позволяющим выявлять обрывы фазных и нулевого проводов, в формировании в счетчике команды отключающего сигнала, передаваемого в трансформаторную подстанцию, питающую воздушную линию. Команда отключающего сигнала воздействует на независимый расцепитель автоматического выключателя, установленного в начале воздушной линии, и обеспечивает отключение поврежденной линии (Патент RU № 2581607, С1, кл. Н02Н 5/10, 2016).

Недостатком известного способа является то, что не определяется точное место обрыва фазных и нулевого проводов.

Наиболее близким является способ локализации мест несанкционированного отбора электроэнергии в электросетях 0,4 кВ, включающий размещение в начале линии трансформаторной подстанции с головным счетчиком и концентратором данных, сбор данных со всех счетчиков электроэнергии, которые поступают на концентратор данных для сравнения их суммарных значений с общим током на выходе трансформатора, автоматическое определение потерь электроэнергии и величины тока отбора на межабонентских участках сети, каждого абонента (потребителя) подключают к линии электроснабжения через счетчик с PLC-модемом для трехфазной четырехпроводной сети, при этом сбор данных со всех счетчиков электроэнергии производят периодически и на основе данных о нормальном и возмущенном состоянии сети определяют координаты мест отбора электроэнергии на межабонентских участках сети (Патент под ответственность заявителя KG № 1935, С1, кл. G01R 11/24, 2017).

Недостатком известного способа является то, что не предусмотрено точное определение места обрыва фазных и нулевого проводов.

Задачей изобретения является точное определение места обрыва фазных и нулевого проводов и локализация мест обрывов проводов сети в составе АСКУЭ, а также повышение условий электробезопасности и диагностики состояний проводов.

Поставленная задача решается тем, что в способе диагностики и защиты от обрывов электрических линий трехфазных распределительных сетей 0,4 кВ в составе АСКУЭ, включающий размещение в начале линии трансформаторной подстанции, содержащей головной счетчик с PLC-модемом и концентратор данных, подключение каждого потребителя к линии электроснабжения через счетчик с PLC-модемом, периодический сбор данных со счетчиков потребителей, которые поступают в концентратор данных для хранения, их суммирования и сравнения, и на основе данных определение текущего электрического состояния трехфазной сети, согласно изобретению, измеренные счетчиками потребителей данные передают в идентификатор динамики нагрузки концентратора данных по технологии PLC, эти данные преобразуют в комплексные формы и записывают в базу данных концентратора данных, на основе вычислений межабонентских комплексных токов и межабонентских сопротивлений нулевого провода определяют координаты обрыва фазных и/или нулевого проводов и дают команду на отключение сети.

Изобретение поясняется чертежом, где на фиг. 1 представлена структурная схема, содержащая элементы для реализации способа; на фиг. 2 - схема работы идентификатора динамики нагрузки; на фиг. 3 - расчетная схема замещения трехфазной распределительной сети 0,4 кВ.

Способ осуществляется следующим образом.

Подключение потребителей к распределительной сети 0,4 кВ осуществляется по схеме, приведенной на фиг. 1. В начале линии размещается трансформаторная подстанция (ТП), включающая головной счетчик (ГСч) с PLC-модемом, автоматический выключатель (АВ) с независимым расцепителем (НР), концентратор данных (КД) с идентификатором динамики нагрузки (ИДН) с PLC-модемом. Каждого потребителя с нагрузкой (Н) подключают к электрической сети через счетчик (Сч) с PLC-модемом, передающим сигналы в КД через линии 0,4 кВ.

В нормальном режиме работы линии обрыва проводов нет. Система линейных и фазных напряжений симметрична и схема находится в режиме диагностики.

Счетчики ( $C_{ch_1}$ ,  $C_{ch_2}$ ,  $C_{ch_3} \dots C_{ch_n}$ ) с PLC-модемом с требуемой точностью измеряют действующие значения токов, напряжений и коэффициенты мощности  $\cos \varphi_{vk}$  на нагрузках потребителей (фиг. 1). Эти данные в дискретные моменты времени передаются в ИДН концентратора данных по технологии PLC (Power Line Communication - коммуникация, построенная на линиях электропередачи). ИДН преобразует действующие значения токов и напряжений в комплексные формы и эти данные записывает в базу данных КД. КД в каждый момент времени на основе суммирования поступивших данных вычисляет межабонентские токи и напряжения, на основе которых определяет векторы межабонентских сопротивлений, а также фазные и абонентские сопротивления. Полученные данные определяют текущее электрическое состояние трехфазной сети.

Если межабонентские комплексные токи  $i_{vk}$  для  $k$ -й фазы равны нулю, то судят об обрыве этой фазной линии. При разнице значений текущего межабонентского сопротивления  $Z_{\eta}$  с предыдущим  $Z_{\eta}^*$ , т. е.  $Z_{\eta} \neq Z_{\eta}^*$ , то судят об обрыве  $\eta$ -го участка нейтрального провода.

При обрыве проводов КД дает команду НР автоматического выключателя (АВ) на его отключение, после отключения АВ цепь трехфазной сети и линия обесточивается, в тот же момент времени КД передает информацию в пульт управления диспетчера о точном месте нахождения обрыва проводов.

Преобразование действующих значений токов и напряжений нагрузок в комплексные формы осуществляется согласно схеме работы ИДН (фиг. 2). Со счетчиков электроэнергии ( $\text{Ч}_{vk}$  - обозначение  $v$ -ого потребителя ( $v = \overline{1, n}$ ), подключенного к  $k$ -й фазе) в ИДН по каналам связи в дискретные моменты времени  $t \in [t_\xi, t_{\xi+1}]$  с шагом дискретизации  $\Delta t_\xi = t_{\xi+1} - t_\xi$  ( $\xi = 1, 2, \dots$ ) поступают следующие данные:

1. Действующие значения токов  $I_{vk}$  и напряжений  $U_{vk}$  на нагрузках  $Z_{vk}$ ;

2. Коэффициенты мощности  $\cos \varphi_{vk}$ , определяемые фазовыми сдвигами  $\varphi_{vk}$  между соответствующими напряжениями  $\tilde{U}_{vk}$  и токами  $\tilde{I}_{vk}$ , где  $\tilde{I}_{vk}$  и  $\tilde{U}_{vk}$  - мгновенные ток и напряжение на нагрузке  $Z_{vk}$ .

ИДН, согласно алгоритма преобразования, преобразует действующие значения токов  $I_{vk}$  и напряжений  $U_{vk}$  в комплексную форму:

$$\dot{I}_{vk} = I_{vk}^B + j I_{vk}^M = I_{vk} e^{j\alpha_{vk}}, \quad (1)$$

$$\dot{U}_{vk} = U_{vk}^B + j U_{vk}^M = U_{vk} e^{j\psi_{vk}},$$

$$v = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, 3}, \quad (2)$$

где символы «в» и «м» обозначают вещественные и мнимые части соответствующих комплексных переменных;  $I_{vk}, U_{vk}, \alpha_{vk}, \psi_{vk}$  – модули и фазовые сдвиги этих переменных;  $j = \sqrt{-1}$  – мнимое число.

Вычисление КД межабонентских токов  $i_{vk}$  и  $\dot{J}_v$  осуществляется на основе первого закона Кирхгофа (фиг. 3) по следующим формулам:

$$i_{vk} = \sum_{l=v}^n \dot{i}_{lk} = \sum_{l=v}^n (I_{lk}^B + j I_{lk}^M);$$

$$v = \overline{1, n}; \quad k = \overline{1, 3}. \quad (3)$$

$$\dot{J}_v = i_{v1} + i_{v2} + i_{v3};$$

$$v = \overline{1, n}.$$

в момент времени  $t \in [t_\xi, t_{\xi+1}]$  в штатном режиме записываются на базу данных КД следующие комплексные вектора:

$$\dot{I}_k = [\dot{i}_{1k}, \dot{i}_{2k}, \dots, \dot{i}_{nk}],$$

$$\dot{U}_k = [\dot{U}_{1k}, \dot{U}_{2k}, \dots, \dot{U}_{nk}],$$

$$\dot{u}'_k = [\dot{u}_{1k}, \dot{u}_{2k}, \dots, \dot{u}_{nk}], \\ i_k = [i_{1k}, i_{2k}, \dots, i_{nk}], \quad (4)$$

$$\dot{u} = [\dot{u}_1, \dot{u}_2, \dots, \dot{u}_n], \\ j = [j_1, j_2, \dots, j_n],$$

На основе межабонентских токов и напряжений определяют векторы межабонентских сопротивлений фазного и нулевого проводов:

$$Z_k = [z_{1k}, z_{2k}, \dots, z_{nk}],$$

$$Z_N = [z_1, z_2, \dots, z_n],$$

$$k = \overline{1,3},$$

где  $\dot{I}_{vk}$ ,  $\dot{U}_{vk}$ ,  $\dot{u}_{vk}$ ,  $i_{vk}$ ,  $\dot{u}_v$ ,  $j_v$  - комплексные представления соответствующих электрических переменных.

При обрыве провода  $q$ -го межабонентского участка  $k$ -й фазы должны выполняться условия:

$$i_{vk} = 0, \quad v = q, q + 1, \dots, n,$$

так как соответствующие нагрузки при этом отключены от питания. Тогда структура вектора  $i_k$  имеет следующий вид:

$$i_k = [i_{1k}, i_{2k}, \dots, i_{q-1,k}, 0, 0, \dots, 0], \quad (5)$$

где  $i_{vk} > 0$ ,  $v = 1, 2, \dots, q - 1$ . Первый нуль «0» компонентов вектора  $i_k$  указывает координаты обрыва фазного провода.

При обрыве нейтрального провода  $\eta$ -го межабонентского участка имеют место следующие соотношения для компонентов вектора  $Z_N$ :

$$z_\eta \neq z_\eta^*, \quad (6)$$

$$z_v = z_v^*,$$

$$v = 1, 2, \dots, \eta - 1, \eta + 1, \dots, n,$$

где  $z_\eta$  и  $z_\eta^*$  - текущее и предыдущее значения сопротивления, определенного для рассматриваемого дискретного момента времени  $t$ ;  $z_v$  и  $z_v^*$  - величины базовых сопротивлений нейтрального провода межабонентского участка. При этом вектор  $Z_N$  имеет следующий вид:

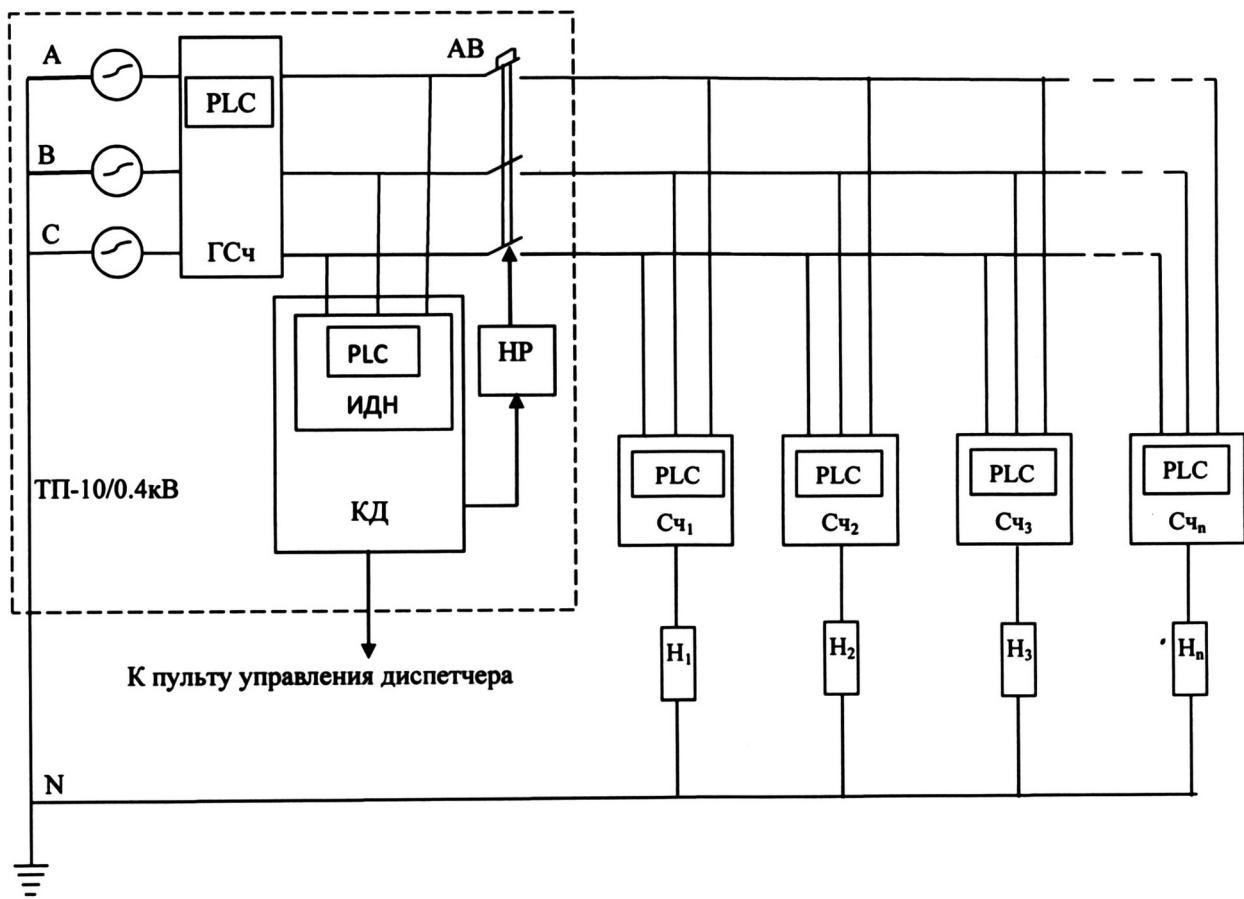
$$Z_N = [z_1^*, z_2^*, \dots, z_{\eta-1}^*, z_\eta, z_{\eta+1}^*, \dots, z_n^*].$$

Таким образом, при выполнении условия (6), векторы  $Z_N^*$  и  $Z_N$  не являются равными, т. е.  $Z_N \neq Z_N^*$ . Сравнивая компоненты векторов  $Z_N^*$  и  $Z_N$ , КД определяет координаты обрыва нейтрального провода и формирует сигнал на отключение АВ.

### Формула изобретения

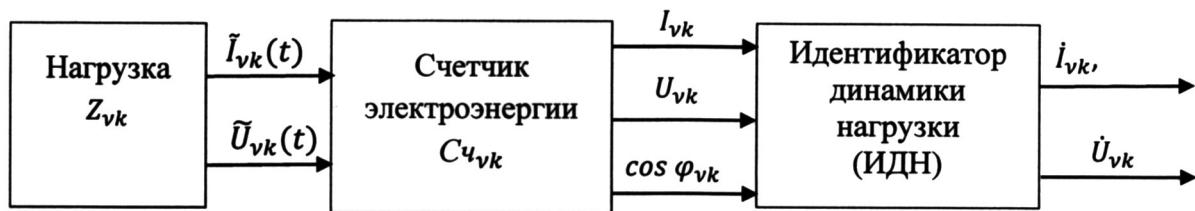
Способ диагностики и защиты от обрывов электрических линий трехфазных распределительных сетей 0,4 кВ в составе АСКУЭ, включающий размещение в начале линии трансформаторной подстанции, содержащей головной счетчик с PLC-модемом и концентратор данных, подключение каждого потребителя к линии электроснабжения через счетчик с PLC-модемом, периодический сбор данных со счетчиков потребителей, которые поступают в концентратор данных для хранения, их суммирования и сравнения, и на основе данных определение текущего электрического состояния трехфазной сети, отличающегося тем, что измеренные счетчиками потребителей данные передают в идентификатор динамики нагрузки концентратора данных по технологии PLC, эти данные преобразуют в комплексные формы и записывают в базу данных концентратора данных, на основе вычислений межабонентских комплексных токов и межабонентских сопротивлений нулевого провода определяют координаты обрыва фазных и/или нулевого проводов и дают команду на отключение сети.

Способ диагностики и защиты от обрывов электрических линий трехфазных распределительных сетей 0,4 кВ в составе АСКУЭ

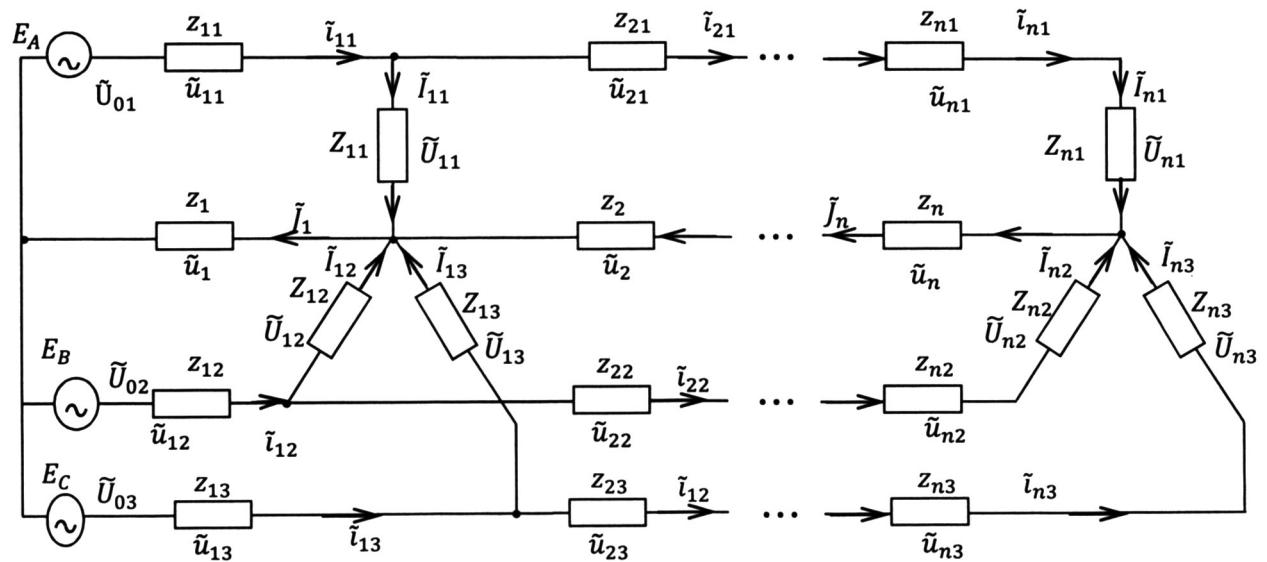


Фиг. 1

Способ диагностики и защиты от обрывов электрических линий трехфазных распределительных сетей 0,4 кВ в составе АСКУЭ



Фиг. 2



Фиг. 3

Выпущено отделом подготовки материалов

Государственная служба интеллектуальной собственности и инноваций при Правительстве Кыргызской Республики,  
720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41; факс: (312) 68 17 03