



(19) **KG** (11) **1935** (13) **C1**  
(51) **G01R 11/24** (2016.01)

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

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

(21) 20160061.1

(22) 21.07.2016

(46) 31.01.2017, Бюл. № 1

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

(56) Оморов Т. Т., Закиряев К. Э. Идентификация несанкционированного отбора энергии в локальных электрических сетях [электронный ресурс], 16.07.2015 // Вестник Иссык-Кульского университета, 2015, № 40, [http://nbisu.moy.su/\\_id/29/2930\\_ISUOMOROV2015-4.pdf](http://nbisu.moy.su/_id/29/2930_ISUOMOROV2015-4.pdf) (06.12.2016)

(54) **Способ локализации мест несанкционированного отбора электроэнергии в электросетях 0,4 кВ**

(57) Изобретение относится к области электроизмерительной техники и может быть использовано в информационно-измерительной системе учета, контроля потребления и идентификации потерь электроэнергии в распределительной электрической сети (РЭС) при наличии неконтролируемых возмущающих факторов, таких как несанкционированные отборы электроэнергии в сети.

Задачей изобретения является сокращение объемов коммерческих потерь электроэнергии за счет быстрой локализации мест несанкционированного отбора электроэнергии в трехфазной четырехпроводной сети 0,4 кВ в режиме реального времени.

Поставленная задача решается тем, что в способе локализации мест несанкционированного отбора электроэнергии в электросетях 0,4 кВ, включающем 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 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.

1 н. п. ф., 2 фиг.

Изобретение относится к области электроизмерительной техники и может быть использовано в информационно-измерительной системе учета, контроля потребления и идентификации потерь электроэнергии в распределительной электрической сети (РЭС) при наличии неконтролируемых возмущающих факторов, таких как несанкционированные отборы электроэнергии в сети.

Известен способ обнаружения мест несанкционированного отбора электроэнергии из линии электроснабжения 0,4 кВ, при котором в трансформаторной подстанции (ТП) на отводящем к абонентам фидере устанавливают прибор учета потребленной мощности, в узлах подключения потребителей к линии электроснабжения устанавливают первый измеритель мощности с модемом и второй абонентский измеритель мощности с модемом, сигналы с обоих контрольных измерителей мощности поступают на концентратор трансформаторной подстанции, выход которого соединен с входом микропроцессорного блока, где происходит сравнение сигналов с первого измерителя мощности с сигналами второго абонентского контрольного измерителя мощности, и если при сравнении разность этих сигналов превышает величину нормативных потерь, адрес абонента, подключенного к этому узлу, передается с помощью устройства сбора и передачи дан-

ных по соответствующим каналам связи на диспетчерский пункт автоматически. Показания всех первых измерителей мощности, находящихся на одной фазе суммируют, полученный результат сравнивают с показаниями фазного балансного счетчика трансформаторной подстанции и по полученным результатам судят о наличии несанкционированного отбора на данной фазе (Патент под ответственность заявителя KG № 1547, С1, кл. G01R 11/24, 2013).

Недостатками способа являются установка двух дополнительных измерителей мощности - у абонента и в точке подключения потребителя к линии электроснабжения, а также предварительное введение в память концентратора данных параметров линии и сопротивления между абонентскими участками. К тому же данный способ рассчитан только для двухпроводных сетей.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков к заявляемому изобретению является способ идентификации несанкционированного отбора электроэнергии в локальных электрических сетях, в котором локализация координат несанкционированного отбора электроэнергии осуществляется в следующем порядке:

1. Сбор данных со всех счетчиков электроэнергии (Сч) в режиме нормальной работы сети и запись результатов измерений в базу данных (БД) концентратора данных (КД);
2. Вычисление параметров токов  $i_v^*$  и напряжений  $u_v^*$ , а также оценка сопротивлений  $r^*$  межабонентских участков (МАУ) сети и их запись в БД;
3. Сбор данных со всех Сч и запись в БД векторов  $I(t)$  и  $U(t)$  в текущий момент времени  $t$ .
4. Вычисление суммарного тока  $I_A$ , потребляемого всеми абонентами в сети и тока  $I_S$ , потребляемого несанкционированными потребителями по формулам:  $I_A = \sum_{v=1}^n I_v$ ,  $I_S = I_0 - I_A$ , где  $I_v$  - измеренное действующее значение тока в момент времени  $t$ , протекающего через нагрузку  $v$ -того абонента,  $I_0$  - измеренное действующее значение тока в фазном проводе на входе сети в момент времени  $t$ ;
5. Проверка условия  $I_0(t) = I_A(t)$ . Если оно выполняется, то для локализации координат несанкционированного отбора энергии вычисляют ток приращения  $\Delta i_v$  по формуле:  $\Delta i_v = i_v^* - i_v$ ,  $v = \overline{0, n-1}$ , где  $i_v^*$  - вычисленный межабонентский ток в нормальном состоянии сети,  $i_v$  - вычисленный межабонентский ток, возникающий в сети с несанкционированным отбором электроэнергии.

Процедура вычисления и поиска несанкционированного отбора электроэнергии начинается с конечного контура  $\langle\langle v = n-1 \rangle\rangle$  электрической сети. Каждый раз проверяется выполнение условия  $\Delta i_v = 0$ , если условие выполняется, то в  $v$ -ом контуре нет несанкционированного отбора электроэнергии, в противном случае - имеет место несанкционированный отбор электроэнергии (Оморов Т. Т., Закиряев К. Э. Идентификация несанкционированного отбора энергии в локальных электрических сетях [электронный ресурс], 16.07.2015 // Вестник Иссык-Кульского университета, 2015, № 40, [http://nbisu.moy.su/\\_ld/29/2930\\_ISUOMOROV2015-4.pdf](http://nbisu.moy.su/_ld/29/2930_ISUOMOROV2015-4.pdf) (06.12.2016)).

Недостатком данного способа является необходимость вычисления сопротивлений на МАУ сети в нормальном состоянии РЭС, при этом вычисление приращения тока  $\Delta i_{n-1}$  на МАУ сети начинается с конечного контура сети, постепенно шаг за шагом приближаясь к первому контуру, и тем самым увеличивается время вычисления и обработки данных двухпроводной сети. В случае появления одновременно двух и более несанкционированных отборов электроэнергии данный алгоритм неприменим.

Задачей изобретения является сокращение объемов коммерческих потерь электроэнергии за счет быстрой локализации мест несанкционированного отбора электроэнергии в трехфазной четырехпроводной сети 0,4 кВ в режиме реального времени.

Поставленная задача решается тем, что в способе локализации мест несанкционированного отбора электроэнергии в электросетях 0,4 кВ, включающем 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 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.

Изобретение поясняется чертежом, где на фиг. 1 приведена схема подключения абонентов (потребителей) и передача данных от СЧ абонентов; на фиг. 2 - схема замещения распределительной сети в симметричном режиме работы одной фазы.

Предлагаемый способ локализации мест несанкционированного отбора электроэнергии в электросетях 0,4 кВ осуществляется следующим образом.

Подключение абонентов к распределительной сети 0,4 кВ осуществляется по схеме, приведенной на фиг. 1.

В начале линии электроснабжения внутри трансформаторной подстанции размещается концентратор данных (КД) и головной счетчик (ГСЧ). Каждого абонента подключают к линии электроснабжения через счетчик с PLC-модемом, передающим сигналы через линии 0,4 кВ.

Счетчики (СЧ<sub>1</sub>, СЧ<sub>2</sub>, ...СЧ<sub>n</sub>) с PLC-модемом с требуемой точностью измеряют действующие значения тока и напряжения нагрузки абонентов (фиг. 1). Эти данные передаются в КД по технологии PLC (Power Line Communication - коммуникация, построенная на линиях электропередачи) и записываются в его БД. КД в каждый момент времени вычисляет компоненты векторов тока и напряжения межабонентских участков (МАУ<sub>0</sub>, МАУ<sub>1</sub>, МАУ<sub>2</sub>, ... МАУ<sub>n-1</sub>). Межабонентские участки (МАУ), представляющие собой длинные линии, представлены в виде сопротивлений с со- средоточенными параметрами. Суммарный полезный ток ( $I_A(t)$ ) нагрузок (Н<sub>1</sub>, Н<sub>2</sub>, ...Н<sub>n</sub>) КД сравнивает с током ( $I_0(t)$ ) на выходе ТП, измеренного ГСЧ с определенной точностью и получает ток возмущений  $\Delta I(t)$ :

$$\Delta I(t) = I_0(t) - I_A(t) = 0 \quad (1)$$

При выполнении условия (1) судят об отсутствии возмущений в РЭС. КД периодически сравнивает токи  $I_0(t)$  и  $I_A(t)$  и осуществляет непрерывный контроль выполнения условия (1). В случае невыполнения условия (1) судят о наличии возмущающего фактора в РЭС 0,4 кВ и КД вычисляет векторы тока и напряжения в РЭС. Возмущающий фактор - это несанкционированный отбор электроэнергии, утечка тока через изоляцию в землю, обрыв линии и т. д. На основе данных о нормальном и возмущенном состоянии РЭС КД определяет координаты точек возмущений на МАУ сети.

Для локализации мест возмущений на МАУ сети рассмотрим схему замещения РЭС в симметричном режиме работы на примере одной фазы (фиг. 2).

Для фиг. 2 введены следующие обозначения:

$z_0, z_1, z_v, z_{v+1}, \dots z_{n-1}$  - неопределяемые сопротивления МАУ сети,

$Z_1, Z_v, Z_{v+1}, \dots Z_n$  - неопределяемые сопротивления нагрузки абонентов,

$U_1, U_v, U_{v+1}, \dots U_n$  - измеренные счетчиками действующие значения падения напряжения на нагрузке абонентов,

$u_1, u_v, \dots u_{v+1}, \dots u_{n-1}$  - вычисленные падения напряжения на сопротивлениях на МАУ сети,

$i_1, i_v, i_{v+1}, \dots i_{n-1}$  - вычисленные токи на МАУ сети,

$I_1, I_v, I_{v+1}, \dots I_n$  - измеренные счетчиками действующие значения токов, протекающих через нагрузки абонентов,

$U_0 = U_0(t)$  - измеренное головным счетчиком (ГСЧ) действующее фазное значение напряжения в момент времени  $t$ ,

$I_0 = I_0(t)$  - измеренное ГСЧ действующее значение тока в момент времени  $t$ .

При нормальном состоянии РЭС в момент времени  $t=t^*$  система векторов параметров имеет следующий вид:

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}^* = [I_0^*, I_1^*, \dots, I_n^*]$$

$$\mathbf{U} = \mathbf{U}^* = [U_0^*, U_1^*, \dots, U_n^*]$$

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}^* = [u_0^*, u_1^*, \dots, u_{n-1}^*]$$

$$\mathbf{i} = \mathbf{i}^* = [i_0^*, i_1^*, \dots, i_{n-1}^*]$$

Векторы  $\mathbf{u}^*$  и  $\mathbf{i}^*$  характеризуют электрическое состояние МАУ сети. Для оценки компонентов вектора  $\mathbf{u}^*$  для каждого электрического контура составляется соответствующее балансовое соотношение для напряжения  $v$ -го контура  $\ll Z_v - z_v - Z_{v+1} \gg$  (фиг. 2), ко-торое имеет вид:

$$U_v^* = U_{v+1}^* + u_v^* \quad \text{при } v = \overline{0, n-1}$$

$$u_v^* = U_{vv}^* - U_{v+1}^* \quad \text{при } v = \overline{0, n-1} \quad (2)$$

Если с момента времени  $t = t' = t^* + \Delta t$  условие (1) не выполняется, тогда ток возмущений будет  $\Delta I(t) = I_0(t) - I_n(t)$ .

Фактор  $\Delta I(t)$  свидетельствует о том, что в сети действует возмущение и РЭС переходит в возмущенное состояние, а система параметров описывается следующими векторами:

$$\begin{aligned} \mathbf{I}' &= [I_0', I_1', \dots, I_n'] \\ \mathbf{U}' &= [U_0', U_1', \dots, U_n'] \\ \mathbf{u}' &= [u_0', u_1', \dots, u_{n-1}'] \\ \mathbf{i}' &= [i_0', i_1', \dots, i_{n-1}'] \end{aligned}$$

В результате действия возмущающего фактора величина тока  $i_v'$ , протекающего через МАУ увеличивается на  $\Delta i_v$ , т. е.

$$i_v' = i^* + \Delta i_v \quad \text{при } v = \overline{0, n-1} \quad (3)$$

В случае воздействия возмущения КД вычисляет приращение тока  $\Delta i$  для каждого МАУ и компоненты приращения векторов тока МАУ записываются в базу данных КД.

Для локализации координат возмущений сети определяется разность приращений токов на соседних МАУ и вычисляется критерий идентификации возмущений:

$$\Delta J_v = \Delta i_v - \Delta i_{v+1} \quad (4)$$

Для вычисления координат возмущений для каждого МАУ образуется критерийальный вектор возмущений  $\Delta J = [\Delta J_0, \Delta J_1, \dots, \Delta J_{n-1}]$  с критериальным условием:

$$\Delta J_v > 0, \quad \text{при } v = \overline{0, n-1} \quad (5)$$

Если условие (2) выполняется, то судят о наличии возмущения в данной координате, если  $\Delta J_v = 0$ , то судят об отсутствии возмущения.

Вычисленные векторы разности приращений токов на МАУ сети обладают следующими свойствами: количество его ненулевых элементов равно количеству возмущающих факторов, при этом номера ненулевых элементов являются координатами возмущений.

Например, в сети электроснабжения действует одиночное возмущение. После соответствующей обработки данных токов и напряжений в КД вычисляются компоненты критериального вектора возмущений  $\Delta J = [0, 0, \dots, 0, \Delta J, 0]$ . Из данного вектора возмущений видно, что критериальное условие (2) выполняется, отсюда следует, что одиночный возмущающий фактор действует в определенной точке  $\Delta J$  на МАУ сети.

Способ локализации мест несанкционированного отбора электроэнергии в электросетях 0,4 кВ осуществляется следующим образом:

1. Периодически производится сбор данных со всех СЧ и результаты измерений векторов тока и напряжения ( $I = [I_0, I_1, \dots, I_n]$  и  $U = [U_0, U_1, \dots, U_n]$ ) записываются в БД КД.

2. В КД периодически осуществляется измерение общего тока  $I_0(t)$  на выходе ТП, вычисление разности  $\Delta I$  по формуле (1) и непрерывная проверка условия:

$$\Delta I(t) = 0$$

При не выполнении этого условия фиксируется момент времени  $t = t'$ , т. е. момент наступления первого возмущения и измеряются векторы:

$$\mathbf{I}' = [I_0', I_1', \dots, I_n'] \text{ и } \mathbf{U}' = [U_0', U_1', \dots, U_n']$$

3. КД идентифицирует вектор приращений  $\Delta i = [\Delta i_0, \Delta i_1, \dots, \Delta i_{n-1}]$ , вызванный действием первого возмущения и определяющий возмущенное состояние на МАУ сети.

10

4. В КД формируется критериальный вектор  $\Delta J = [\Delta J_0, \Delta J_1, \dots, \Delta J_n]$  с использованием соотношения (4).

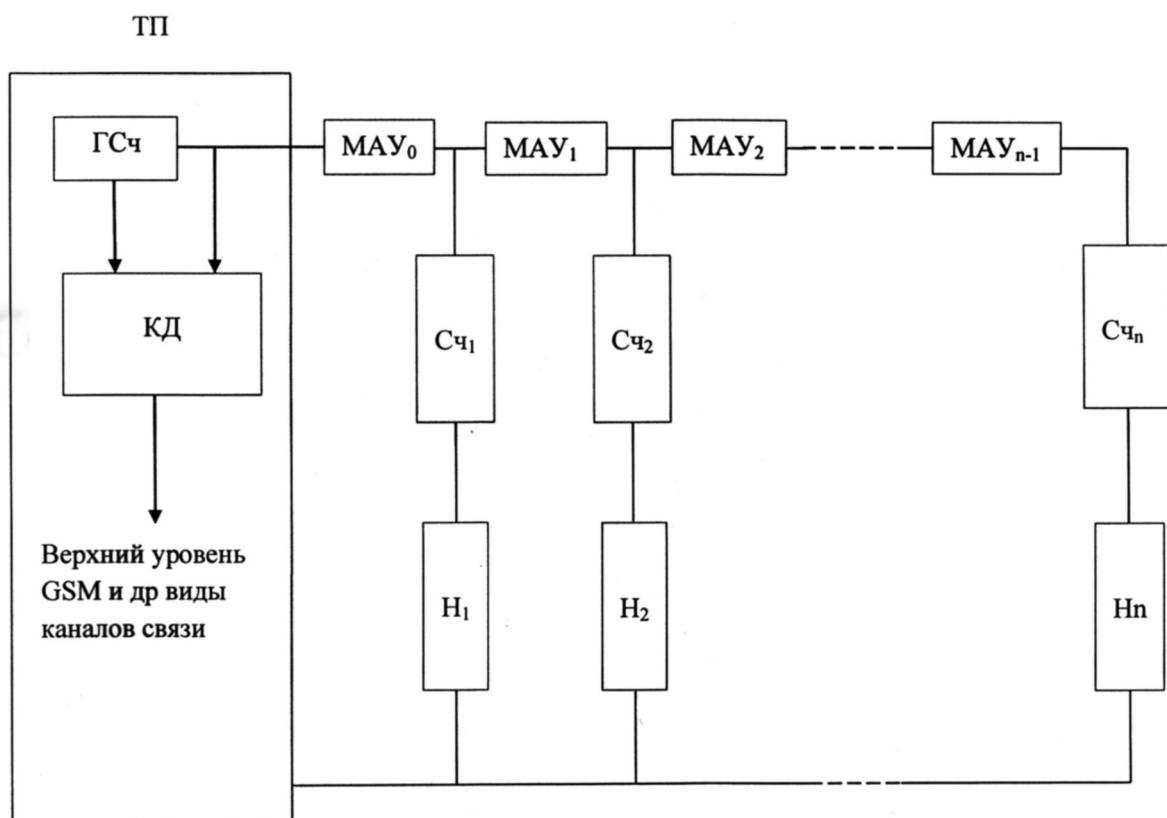
5. На основе критериального условия  $\Delta J_v > 0$  идентифицируются координаты возможного фактора:  $\Delta J = [\Delta J_0, \Delta J_1 \dots J_{n-1}]$ .

Таким образом, предлагаемое изобретение позволяет точно определить место, где происходит несанкционированный отбор электроэнергии либо утечка тока и определить уровень технических потерь на МАУ сети 0,4 кВ.

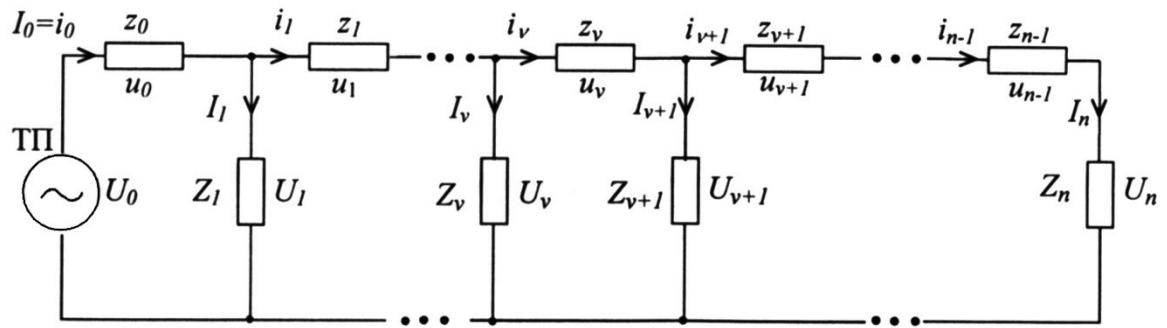
#### Формула изобретения

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, отличающееся тем, что каждого абонента 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.

Способ локализации мест несанкционированного отбора электроэнергии в электросетях 0,4 кВ



Фиг. 1



Фиг. 2

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