



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

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И
ИННОВАЦИЙ 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/_ld/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 КГ № 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 Δi_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 Исык-Кульского университета, 2015, № 40, 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 Δi_{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 (Сч₁, Сч₂, ..., Сч_n) 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 (МАУ₀, МАУ₁, МАУ₂, ..., МАУ_{n-1}). Межабонентские участки (МАУ), представляющие собой длинные линии, представлены в виде сопротивлений с сосредоточенными параметрами. Суммарный полезный ток ($I_A(t)$) нагрузок (Н₁, Н₂, ..., Н_n) 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,

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

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

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

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

$I_l, I_v, I_{v+1}, \dots, I_n$ - 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:

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

Векторы u^* и i^* характеризуют электрическое состояние МАУ сети. Для оценки компонентов вектора 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:

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

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

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 Δi_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 Δi 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 координаты возмущений для каждого МАУ образуется критериальный 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 $\Delta J = [0, 0, \dots, 0, \Delta J, 0, \dots]$. Из данного вектора возмущений видно, что критериальное условие (2) выполняется, отсюда следует, что одиночный возмущающий фактор действует в определенной точке ΔJ 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 ΔI 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:

$$\mathbf{I}' = [I'_0, I'_1, \dots, I'_n] \quad \text{и} \quad \mathbf{U}' = [U'_0, U'_1, \dots, U'_n].$$

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).

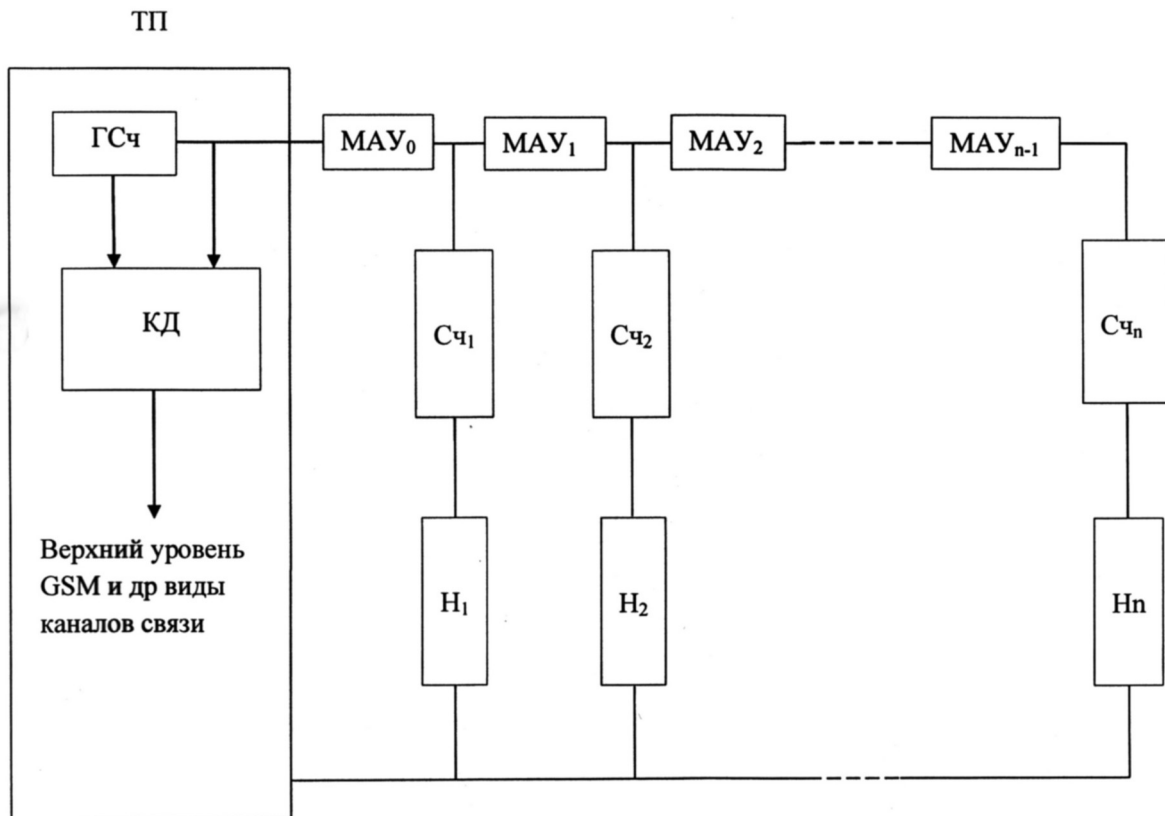
5. На основе критериального условия $\Delta J_v > 0$ идентифицируются координаты возмущающего фактора: $\Delta J = [\Delta J_0, \Delta J_1, \dots, \Delta J_{n-1}]$.

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.

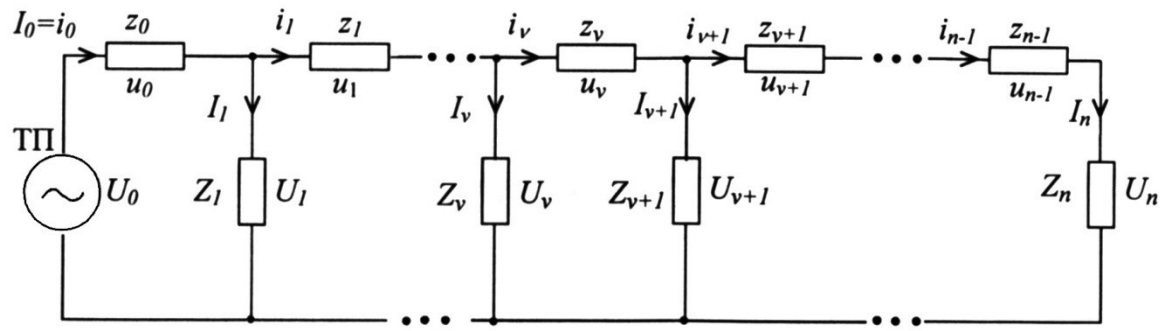
Формула изобретения

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, отличающаяся 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