



(19) KG (11) 2102 (13) C1  
(51) H02J 3/26 (2018.01)

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

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

(21) 20170087.1

(22) 26.07.2017

(46) 31.10.2018, Бюл. № 10

(71) Новиков А. В.; Оморов Т. Т. (KG)

(72) Новиков А. В.; Оморов Т. Т.; Боронин А. Г.; Такырбашев Б. К. (KG)

(73) Новиков А. В.; Оморов Т. Т. (KG)

(56) Патент RU № 2548656, С1, кл. H02J 3/26, 2015

#### (54) Способ симметрирования фазных токов распределительной сети 0,4 кВ и устройство для его осуществления

(57) Способ и устройство относятся к области электротехники и могут быть использованы для автоматического симметрирования фазных токов распределительной сети 0,4 кВ, в которой часть нагрузок являются однофазной.

Задачей изобретения является создание способа и устройства для симметрирования фазных токов с малым объемом аппаратных средств, обеспечивающих упорядоченность коммутаций, а также повышение долговечности контактов электромеханических реле.

Поставленная задача решается тем, что в способе симметрирования фазных токов распределительной сети 0,4 кВ, заключающемся на выявлении наименее и наиболее нагруженных фаз, переключении однофазных нагрузок потребителей с более нагруженной фазы к наименее нагруженным фазам на основе данных по току нагрузки потребителей сети, измеренные электронными счетчиками данные фазных токов сети передают по телеметрии в концентратор данных, в котором данные сохраняют, усредняют в течение предшествующего цикла измерений, при этом адреса потребителей, подлежащих переключению, выбирают исходя из допустимой величины разницы токов между фазами на основе усредненных значений фазных токов, причем при выборе адресов переключаемых потребителей учитывают и минимизируют расстояние между ними.

Устройство для реализации способа, содержащее счетчики учета энергии потребителей, коммутаторы фазных токов из трех однопозиционных электромеханических реле, управляемые шиной и установленные у потребителей, дополнительно содержит концентратор данных и основной электронный счетчик, включенный непосредственно на выходе силового трансформатора трехфазной линии, при этом концентратор данных подключен к сети информационной шиной и дополнен программным модулем, включающим блоки логико-математических операций, сравнения, управления и синхронизации импульсов, а контакты однопозиционных реле коммутаторов фазных токов зашунтированы тиристорами.

2 н. п. ф., 4 фиг.

Способ и устройство относятся к области электротехники и могут быть использованы для автоматического симметрирования фазных токов распределительной сети 0,4 кВ, в которой часть нагрузок являются однофазной.

Известен способ оптимизации несимметричных режимов работы трехфазных распределительных сетей на основе адаптации нагрузок потребителей посредством их переключения с одной фазы на другую. Процесс управления переключением осуществляется системой автоматического управления (САУ), состоящей из цифрового регулятора и объекта, включающего группу счетчи-

ков электроэнергии с переключающими элементами. Способ обеспечивает минимизацию действующего тока нейтрального провода в режиме реального времени и заключается в перераспределении потоков электроэнергии между фазами сети.

Для оценки качества и эффективности функционирования распределительной электрической сети (РЭС) введена критериальная функция, характеризующая потери активной мощности в сети. В способе синтезирован алгоритм функционирования системы управления на основе микропроцессорного регулятора, обеспечивающего оптимизацию выбранного критерия. В качестве критерия перераспределения фазных токов принят ток в нулевом проводе (Оморов Т. Т., Такырбашев Б. К. К проблеме оптимизации несимметричных режимов работы распределительных сетей [электронный ресурс] // Интернет-журнал «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», 2016. - № 6. URL: <http://pribor.tgizd.ru/ru/arhiv/15233>).

Однако, известно, что ток в нулевом проводе возникает как при асимметрии амплитуд фазных токов, так и при сдвиге фаз между напряжением и током, что приводит к неоднозначности критерия симметрирования. В качестве предмета анализа параметров РЭС приняты векторные напряжения и токи силового трансформатора и множества потребителей без операции интегрирования, что однозначно ведет к заведомо повышенной частоте коммутационных событий. Асимметрия фазных токов и токи по нулевому проводу, ведущие к дополнительным потерям во всех проводах распределительной сети могут присутствовать не только на входе силового трансформатора, но и в локальных зонах протяженной линии. Однако, в качестве критерия выбора «координаты приемника», который следует переключать, этот признак не принят.

Наиболее близким является способ симметрирования фазных токов трехфазной четырехпроводной линии, суть которого состоит в том, что способ обеспечивает переключение, по меньшей мере, части однофазных нагрузок к наименее загруженной фазе, для каждой из переключаемых однофазных нагрузок в месте ее присоединения к линии определяют значения активной мощности, соответствующие каждому из фазных напряжений и току нулевого провода линии без учета тока однофазной нагрузки. Причем в качестве наименее нагруженной принимают фазу линии с максимальным значением модуля активной мощности, знак которого противоположен знаку активной мощности наиболее нагруженной фазы (Патент RU № 2548656, С1, кл. H02J 3/26, 2015).

Известно устройство, реализующее способ симметрирования фазных токов трехфазной четырехпроводной линии, содержащее блок коммутации, четыре входа которого являются входами устройства и служат для подключения к фазным и нулевому проводам линии, а два выхода блока коммутации служат выходами устройства и предназначены для подключения однофазной нагрузки. Устройство также содержит датчик тока, подключаемый к нулевому N проводу линии тока, три датчика фазных напряжений, подключенные к входам устройства, а также блок определения наименее нагруженной фазы, выходная шина которого соединена с управляющим входом блока коммутации. Блок определения наименее нагруженной фазы содержит многоканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), подключенный к входу блока математической обработки сигналов, причем входы многоканального АЦП подключены к четырем входам блока определения наименее нагруженной фазы, выходной шиной которого является выход блока математической обработки сигналов (Патент RU № 2548656, С1, кл. H02J 3/26, 2015).

К сожалению, в прототипе не указаны признаки всей системы, касающиеся изобретения, которые реально присутствуют, например, основной трехфазный счетчик, установленный на выходе силового трансформатора, в котором уже измеряются токи по каждой фазе, счетчики потребителей, в которых также измеряются параметры сети. В результате устройство для реализации способа требует в месте подключения потребителя к сети дополнительной аппаратуры, сравнимой по точности и объему функций с электронным счетчиком электроэнергии, установленным у потребителя, а также дополнительно требует выносного датчика тока нулевого провода, например, на столбе воздушной токопроводящей линии. Устройство, фиксируя в локальном сечении сети наличие в нейтральном проводе уравнительных токов между ними и разность входных напряжений ошибочно считает, что фазы нагружены несимметрично и начинает подключать к фазе, расположенной ближе к питающему трансформатору, на входе которой напряжение выше, чем у нагрузки, расположенной дальше. В результате возможна дополнительная асимметрия токов в сети.

Недостаток прототипа заключается также в том, что вдоль распределенной линии напряжение на входе локального потребителя уменьшается независимо от асимметрии токов. Так, на входе потребителей, расположенных вдоль линии на некотором расстоянии (например, 100 м), при одинаковых потребляемых токах, напряжения будут разными, вследствие падения напряжения на

проводах линии и между ними, т. к. уравнительные токи текут по нулевому проводу, несмотря на равенство потребляемых токов. Недостатком также является то, что однопозиционные электромеханические реле блока коммутации коммутируют при любых значениях токов, что приводит к изнашиванию контактов реле.

Задачей изобретения является создание способа симметрирования фазных токов и устройства для его реализации с малым объемом аппаратных средств, обеспечивающих упорядоченность коммутаций, а также повышение долговечности контактов электромеханических реле.

Поставленная задача решается тем, что в способе симметрирования фазных токов распределительной сети 0,4 кВ, заключающемся на выявлении наименее и наиболее нагруженных фаз, переключении однофазных нагрузок потребителей с более нагруженной фазы к наименее нагруженным фазам на основе данных по току нагрузки потребителей сети, измеренные электронными счетчиками данные фазных токов сети передают по телеметрии в концентратор данных, котором данные сохраняют, усредняют в течение предшествующего цикла измерений, при этом адреса потребителей, подлежащих переключению, выбирают исходя из допустимой величины разницы токов между фазами на основе усредненных значений фазных токов, причем при выборе адресов переключаемых потребителей учитывают и минимизируют расстояние между ними.

Поставленная задача решается тем, что устройство для реализации способа, содержащее счетчики учета энергии потребителей, коммутаторы фазных токов из трех однопозиционных электромеханических реле, управляемые шиной и установленные у потребителей, дополнительно содержит концентратор данных и основной электронный счетчик, включенный непосредственно на выходе силового трансформатора трехфазной линии, при этом концентратор данных подключен к сети информационной шиной и дополнен программным модулем, включающим блоки логико-математических операций, сравнения, управления и синхронизации импульсов, а контакты однопозиционных реле коммутаторов фазных токов зашунтированы тиристорами.

Предлагаемый способ и устройство симметрирования фазных токов распределительной сети 0,4 кВ поясняются чертежом, где на фиг. 1 приведена схема распределительной сети; на фиг. 2 - схема программного модуля концентратора данных; на фиг. 3 - схема коммутатора фазных токов; на фиг. 4 - временная диаграмма переключения фазы потребителя.

Устройство симметрирования фазных токов распределительной сети 0,4 кВ содержит основной электронный счетчик энергии 1, включенный непосредственно на выходе силового трансформатора 2 трехфазной линии, множество электронных счетчиков 3, установленных у потребителей энергии с нагрузкой 4, коммутаторы 5 фазных токов, управляемые шиной 6 счетчика 3 посредством встроенных в счетчики 3 модулей телеметрии (на чертеже не показаны) и информационную шину 7, соединяющую концентратор данных 8 с сетью.

Концентратор данных 8, состоящий из программных модулей приема и декодирования данных от счетчиков, их идентификации, запоминания, выявления критических данных, кодирования и пересылки требуемых данных в диспетчерский центр, дополнен программным модулем (фиг. 2), включающим блоки логико-математических операций 9, сравнения 10, управления 11 и синхронизации импульсов 12.

Коммутаторы 5 фазных токов (фиг. 3) содержат три однопозиционных реле 13, контакты которых 14 зашунтированы тиристорами 15, одноименные электроды которых соединены с нейтральным проводом N линии.

Предлагаемый способ симметрирования фазных токов распределительной сети 0,4 кВ осуществляется следующим образом.

Основным счетчиком 1 и счетчиками 3 потребителей измеряются фазные напряжения и токи. Измеренные данные передаются по телеметрии в концентратор данных 8, в котором усредняются данные токов основного счетчика 1 и сохраняются данные токов основного счетчика 1 и счетчиков 3 потребителей, выявляются наиболее и наименее нагруженные фазы. Если величина несимметрии токов превышает установленный допуск, то концентратор данных 8 формирует команду управления на переключение одного или более потребителей с более нагруженной фазы на менее нагруженную фазу через счетчик 3 потребителя. Адреса потребителей, подлежащих переключению, выбирают исходя из допустимой величины разницы токов между фазами на основе усредненных значений фазных токов. При выборе адресов переключаемых потребителей учитывают и минимизируют расстояние между ними.

Устройство, реализующее способ, работает следующим образом.

При работе распределительной сети основной электронный счетчик 1 и электронные счетчики 3 потребителей непрерывно находятся в рабочем состоянии и измеряют фазные напряжения и токи,  $\cos \phi$ , вычисляют активную и реактивные мощности и много других параметров. Измеренные данные электронных счетчиков 1 и 3 по телеметрии (проводной или радиоканал связи) поступают в концентратор данных 8, в памяти которого сохраняются предыдущие данные по току и напряжению основного счетчика 1 и счетчиков 3 потребителей. В концентраторе данных 8 усредняются и сохраняются данные токов основного счетчика 1 этого цикла, а его блок логико-математических операций 9 реализует интегрирование и вычитание фазных токов по модулю:

$$\Delta J_1 = J_A - J_B; \quad \Delta J_2 = J_A - J_C; \quad \Delta J_3 = J_B - J_C,$$

где  $J_A, J_B, J_C$  - фазные токи по модулю силового трансформатора.

Поскольку погрешность измерения фазных токов основным счетчиком 1 находится в пределах 0,1 %, то и величина асимметрии обнаруживается с погрешностью, не превышающей суммы погрешностей токов, т. е. 0,2 %.

Далее блок сравнения 10 сравнивает  $+\Delta J$  с уставкой  $\Delta J_{\text{уст}}$  (среднее значение токов основного счетчика 1 и, если разность токов превышает по каждой фазе уставку  $\Delta J_{\text{уст}}$ , то с появлением очередного сигнала синхронизации из блока 12 в блоке управления 11 формируются сигналы на отключение замкнутых и включение разомкнутых контактов 14 коммутатора 5. Команды управления концентратора данных 8 поступают по информационной шине 7 через модули телеметрии концентратора данных 8 и счетчиков 3 на шину управления 6 и управляют коммутатором 5. Команды управления учитывают стандартные задержки срабатывания электромеханических реле 13 и особенности включения/выключения тиристоров 15 коммутатора 5 с тем, чтобы переключение контактов 14 происходило при переходе синусоидального напряжения через ноль.

Пример переключения фазы потребителя показан на фиг.4, на котором на временной диаграмме 16 показаны сдвинутые на  $120^\circ$  фазы А и В. Допустим, фаза А была перегружена, а фаза В недогружена, это состояние вызывает необходимость в блоке управления 11 при наступлении импульса синхронизации 17 формировать команды 18 и 19 на выключение/включение контактов 14 реле 13 фаз А и В. Эти команды 18 и 19 задержаны относительно синхроимпульса на время, необходимое для разрыва/замыкания контактов 14 реле 13 фаз А и В, в период  $t_1-t_2$  и  $t_3-t_4$  диаграммы 20. Команды на включение тиристоров 15 фаз А и В формируются в те же моменты времени, но в активном состоянии они окажутся в моменты, показанные на диаграмме 16 в области момента времени  $t_2-t_3$ . Итоговое напряжение в результате переключения фаз с А на В на нагрузке 4 потребителя показано на графике 16 утолщенной линией.

Дополнение концентратора данных программным модулем уменьшает объем аппаратных средств, а упорядоченность коммутаций и долговечность контактов электромеханических реле достигается синхронизацией момента размыкания/замыкания контактов реле в моменты времени при практически нулевых токах, что резко уменьшает износ рабочих поверхностей контактов, а также включением тиристоров параллельно контактам реле.

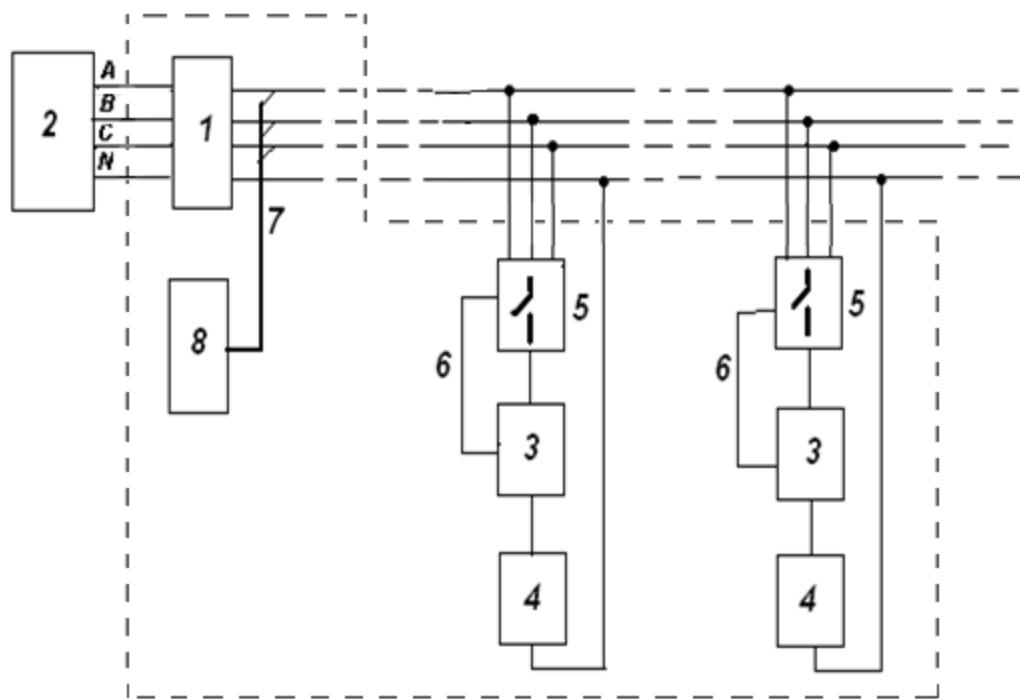
### Формула изобретения

1. Способ симметрирования фазных токов распределительной сети 0,4 кВ, заключающийся в выявлении наименее и наиболее нагруженных фаз, переключении однофазных нагрузок потребителей с более нагруженной фазы к наименее нагруженным фазам на основе данных по току нагрузки потребителей сети, отличающийся тем, что измеренные электронными счетчиками данные фазных токов сети передают по телеметрии в концентратор данных, в котором данные сохраняют, усредняют в течение предшествующего цикла измерений, при этом адреса потребителей, подлежащих переключению, выбирают исходя из допустимой величины разницы токов между фазами на основе усредненных значений фазных токов, причем при выборе адресов переключаемых потребителей учитывают и минимизируют расстояние между ними.

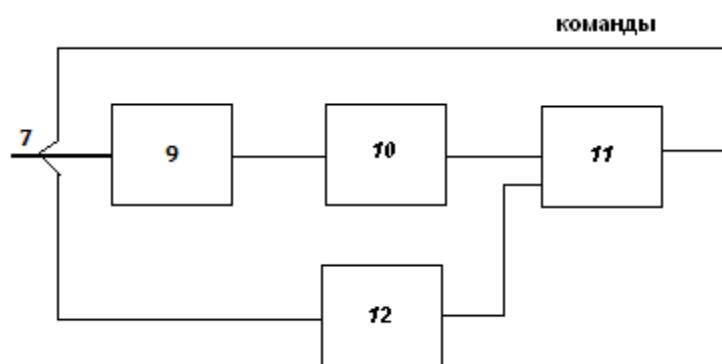
2. Устройство для реализации способа, содержащее счетчики учета энергии потребителей, коммутаторы фазных токов из трех однопозиционных электромеханических реле, управляемые шиной и установленные у потребителей, отличающееся тем, что дополнительно имеет

концентратор данных и основной электронный счетчик, включенный непосредственно на выходе силового трансформатора трехфазной линии, при этом концентратор данных подключен к сети информационной шиной и дополнен программным модулем, включающим блоки логико-математических операций, сравнения, управления и синхронизации импульсов, а контакты однопозиционных реле коммутаторов фазных токов зашунтированы тиристорами.

Способ симметрирования фазных токов распределительной сети 0,4 кВ и устройство для его осуществления

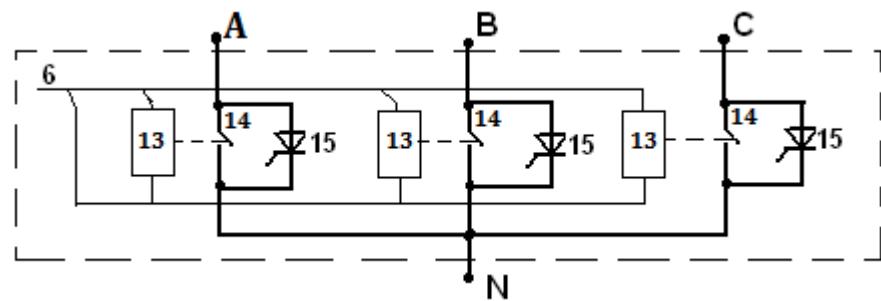


Фиг. 1

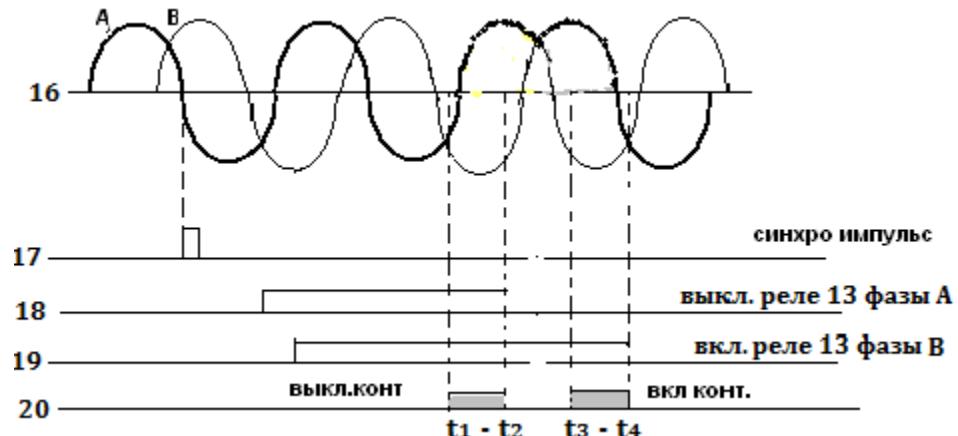


Фиг. 2

Способ симметрирования фазных токов распределительной сети 0,4 кВ и устройство для его осуществления



Фиг. 3



Фиг. 4

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