



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1483406** **A 1**

(5D) 4 G 01 R 31/08

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4242258/24-21

(22) 24 02 86

(46) 30 05 89 Бюл. № 20

(71) Государственный Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности

(72) Э. С. Шурин

(53) 681.317.333(088.8)

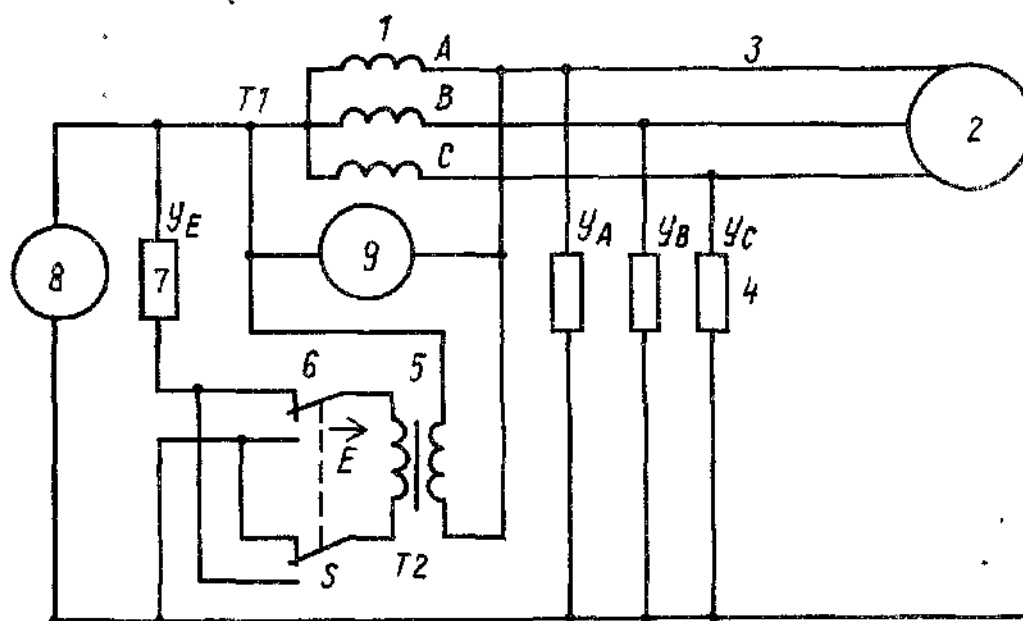
(56) Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках — М.: Энергия, 1979, с. 259—260

Поливанов К. М. Теоретические основы электротехники, ч. I — М.-Л.: Энергия, 1965, с. 68—71

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА УТЕЧКИ

(57) Изобретение относится к электротехнике, а именно к технике контроля изоляции

электроустановок. Цель изобретения — повышение чувствительности определения тока утечки за счет периодического изменения полярности вспомогательного источника тока. На чертеже приведена схема, поясняющая данный способ. Источник 1 рабочего тока соединен с потребителем электроэнергии 2 с помощью линии 3, имеющей проводимости изоляции фаз относительно земли 4. Вспомогательный источник тока 5 соединен со средней точкой (нейтралью) источника 1 рабочего тока через переключатель 6, вспомогательную цепь 7 и землю. Фазочувствительный вольтметр 8 соединен между землей и средней точкой источника рабочего тока 1. Вольтметр 9 соединен между средней точкой источника 1 рабочего тока и его фазным выводом 1 ил



РГБ

(19) **SU** (11) **1483406** **A 1**

Изобретение относится к электротехнике, а именно к технике контроля изоляции электроустановок.

Цель изобретения — повышение чувствительности определения тока утечки за счет периодического изменения полярности вспомогательного источника тока.

На чертеже приведена схема, поясняющая данный способ.

Источник рабочего тока 1 соединен с потребителем электроэнергии 2 с помощью линии 3, имеющей проводимости изоляции фаз относительно земли 4. Вспомогательный источник тока 5 соединен со средней точкой (нейтралью) источника рабочего тока 1 через переключатель 6, вспомогательную цепь 7 и землей. Фазочувствительный вольтметр 8 соединен между землей и средней точкой источника рабочего тока 1. Вольтметр 9 соединен между средней точкой источника рабочего тока 1 и его фазным выводом.

Сущность способа заключается в том, что периодически переключают и возвращают в исходное положение зажимы вспомогательного источника тока, имеющий ту же частоту, что и рабочий ток, предварительно включенного между средней точкой источника рабочего тока и землей, и измеряют напряжение смещения нейтрали, как при исходном, так и при переключенном положении зажимов вспомогательного источника тока, а о токе утечки судят по результатам измерений.

Напряжение смещения нейтрали  $\vec{U}_{ni}$  электроустановки как переменного, так и постоянного тока при включенном между средней (нулевой) точкой источника рабочего тока и землей вспомогательном источнике тока определяется формулой (исходная полярность):

$$\vec{U}_{ni} = \frac{\vec{E}Y_E + \sum_{i=1}^n \vec{U}_i Y_i}{Y_i + Y} \quad (1)$$

где  $\vec{E}$  — электродвижущая сила вспомогательного источника тока;

$Y_E$  — проводимость вспомогательной цепи, т. е. цепи, содержащей вспомогательный источник тока и включенной между нейтралью и землей,

$\vec{U}_i$  — напряжение  $i$ -й фазы относительно средней точки источника рабочего тока, т. е. относительно нейтрали, причем для средней точки  $i$  равно нулю (здесь и в дальнейшем в аналогичном контексте говоря о фазе, подразумевают и полюс, и зажим аккумулятора и другие подобные элементы, зажимы, соединенные перемычками, рассматриваются как один зажим),

$Y_i$  — проводимость  $i$ -й фазы относительно земли,

$n$  — число фаз системы,

$Y$  — общая проводимость токоведущих частей относительно земли, равная

$$Y = \sum_{i=1}^n Y_i$$

При этом напряжения, токи и проводимости в случае переменного тока описываются комплексными числами, а в случае постоянного тока — действительными числами. Поскольку действительное число является частным случаем комплексного, везде, кроме случая, относящегося только к постоянному току, для обозначения напряжения тока и проводимости используют  $\vec{U}$ ,  $T$  и  $Y$ .

Если переключить зажимы вспомогательного источника тока, т. е. изменить фазу (полярность) его электродвижущей силы на противоположную, то это приведет к изменению напряжения смещения нейтрали с  $\vec{U}_{ni}$  на  $\vec{U}_{неф}$ .

$$\vec{U}_{неф} = \frac{-\vec{E}Y_E + \sum_{i=1}^n \vec{U}_i Y_i}{Y_E + Y} \quad (2)$$

Если при исходном положении зажимов вспомогательного источника тока с  $m$ -й фазы на землю имеет место утечка тока, то напряжение смещения нейтрали  $\vec{U}_{нег}$  определяется формулой

$$\vec{U}_{нег} = \frac{\vec{U}_m Y_{гт} + \vec{E}Y_E + \sum_{i=1}^n \vec{U}_i Y_i}{Y_{гт} + Y_E + Y} \quad (3)$$

где  $\vec{U}_m$  — напряжение  $m$ -й фазы относительно нейтрали;

$Y_{гт}$  — проводимость утечки.

Если же утечка тока на землю имеет место при переключенных зажимах вспомогательного источника тока, то напряжение смещения нейтрали  $\vec{U}_{нег, 1}$  определяется формулой

$$\vec{U}_{нег, 1} = \frac{\vec{U}_m Y_{гт} - \vec{E}Y_E + \sum_{i=1}^n \vec{U}_i Y_i}{Y_{гт} + Y_E + Y} \quad (4)$$

Используя закон Ома и то, что напряжение фазы относительно земли равно соответствующему фазному напряжению, уменьшенному на напряжение смещения нейтрали, при совместном решении (1), (2) и (3) получают формулу для тока утечки  $\vec{I}_{гт}$  при исходном положении зажимов вспомогательного источника тока:

$$\vec{I}_{гт} = Y_E \frac{-2\vec{E}(\vec{U}_{негг} - \vec{U}_{ни})}{\vec{U}_{неф} - \vec{U}_{нег}}$$

Аналогично из (1), (2) и (4) получают формулу для тока утечки  $\vec{I}_{гтг}$  при переключенных зажимах вспомогательного источника тока:

$$\vec{I}_{гтг} = Y_E \frac{-2\vec{E}(\vec{U}_{неф, 1} - \vec{U}_{нег})}{\vec{U}_{нег} - \vec{U}_{неф}}$$

Для реализации предложенного способа между средней (нулевой) точкой источника рабочего тока 1 и землей предварительно включают вспомогательный источник тока 5 той же частоты, что и рабочий ток. После такой подготовки периодически переключают зажимы вспомогательного источника тока с помощью переключателя 6, т. е. ме-

няют их местами, и возвращают их в исходное положение. При этом измеряют напряжение между нулевой точкой и землей, как при переключенных зажимах, так и при их исходном положении. При отсутствии вывода от средней точки используют искусственную нулевую точку, получаемую посредством звезды из одинаковых проводимостей. Сами измерения выполняют высокоомным фазочувствительным вольтметром, который включают между нулевой точкой, естественной или искусственной, и землей. Измеряемая при этом величина является напряжением смещения нейтрали. В сетях переменного тока для указанных измерений используют фазочувствительный прибор. Для повышения точности измерения искусственную нулевую точку создают отдельно для вспомогательного источника тока и для вольтметра.

Вместо приведенного можно применить и косвенный метод измерения, который по крайней мере в сетях переменного тока позволяет применить более простые, удобные и точные приборы и не требует организации нулевой точки для вольтметра.

Например, в случае симметричной трехфазной системы вольтметром с очень большим сопротивлением (сравнительно с общим сопротивлением токоведущих частей относительно земли) измеряют модули напряжений  $U_A, U_B, U_C$  между фазами  $A, B, C$  и землей и модуль фазного напряжения  $U_\Phi$ . Один из возможных вариантов измерения напряжения  $U_\Phi$  состоит в том, что измеряют модуль напряжения между любыми двумя фазами, т. е. линейное напряжение, и полученную величину делят на  $\sqrt{3}$ . Указанное позволяет найти вектор напряжения смещения нейтрали:

$$\vec{U}_N = -\frac{1}{2} \frac{2U_A^2 - U_B^2 - U_C^2}{3U_\Phi} + j \frac{1}{2} \frac{\sqrt{3}U_A^2 - U_B^2}{3U_\Phi}$$

В случае электроустановки постоянного тока высокоомным вольтметром измеряют напряжение  $U_+$  между положительным полюсом и землей и  $U_-$  между отрицательным полюсом и землей, что позволяет найти напряжение земли относительно средней точки источника рабочего тока.

$$U_N = \frac{1}{2}(U_- - U_+)$$

Описанные периодически повторяющиеся измерения напряжения смещения нейтрали позволяют прежде всего установить момент возникновения утечки, для чего каждый раз сравнивают текущее значение напряжения смещения нейтрали с полученным ранее и если они не совпадают, фиксируют возникновение утечки. Естественно, что оба сравниваемых напряжения должны относиться

к одинаковым состояниям вспомогательного источника тока, т. е. в обоих случаях его зажимы должны быть либо переключены, либо находиться в исходном положении.

Здесь предполагается, что за время между двумя одинаковыми состояниями вспомогательного источника тока возникает не более одной утечки, т. е. за время между двумя утечками успевают выполнить не менее двух измерений.

Если найденный ток утечки не достигает значений, требующих принятия особых мер, например отключения сети, то измерения продолжают аналогично описанному выше.

Использование данного способа позволяет повысить точность определения тока утечки, что приводит к повышению надежности электроснабжения потребителей и безопасности эксплуатации электроустановок.

### Формула изобретения

Способ определения тока утечки, заключающийся в измерении параметров вспомогательной цепи, соединенной с землей, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности, периодически изменяют полярность вспомогательного источника тока той же частоты, что и рабочий ток, предварительно включенного между средней точкой источника рабочего тока и землей, измеряют напряжение между средней точкой источника рабочего тока и землей для каждой полярности вспомогательного источника тока, а ток утечки определяют по формуле

$$I_{ут} = Y_E \frac{-2\vec{E}(\vec{U}_{NE\Phi} - \vec{U}_{NE})}{U_{NE\Phi} - U_{NE}}$$

где  $\vec{U}_{NE}$  и  $\vec{U}_{NE\Phi}$  — напряжения между средней точкой источника рабочего тока и землей до возникновения утечки соответственно при исходной полярности вспомогательного источника тока и противоположной;

$\vec{U}_{NE\Phi}$  — напряжение между средней точкой источника рабочего тока и землей при исходной полярности вспомогательного источника тока после возникновения утечки,  
 $\vec{E}$  — электродвижущая сила вспомогательного источника тока,

$Y_E$  — проводимость вспомогательной цепи, т. е. цепи, содержащей вспомогательный источник тока и включенной между средней точкой источника рабочего тока и землей.

Редактор М. Андрущенко  
Заказ 2828/44

Составитель Н. Даки  
Техред И. Верес  
Тираж 713

Корректор М. Васильева  
Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж—35, Раушская наб., д. 4/5  
Производственно-издательский комбинат «Патент», г. Ужгород, ул. Гагарина, 101