



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1483408** **A1**

(5D 4 G 01 R 31/08

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4244472/24 21

(22) 24.12.87

(46) 30.05.89. Бюл. № 20

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

(72) Э. С. Шурин

(53) 621.317.333(088.8)

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

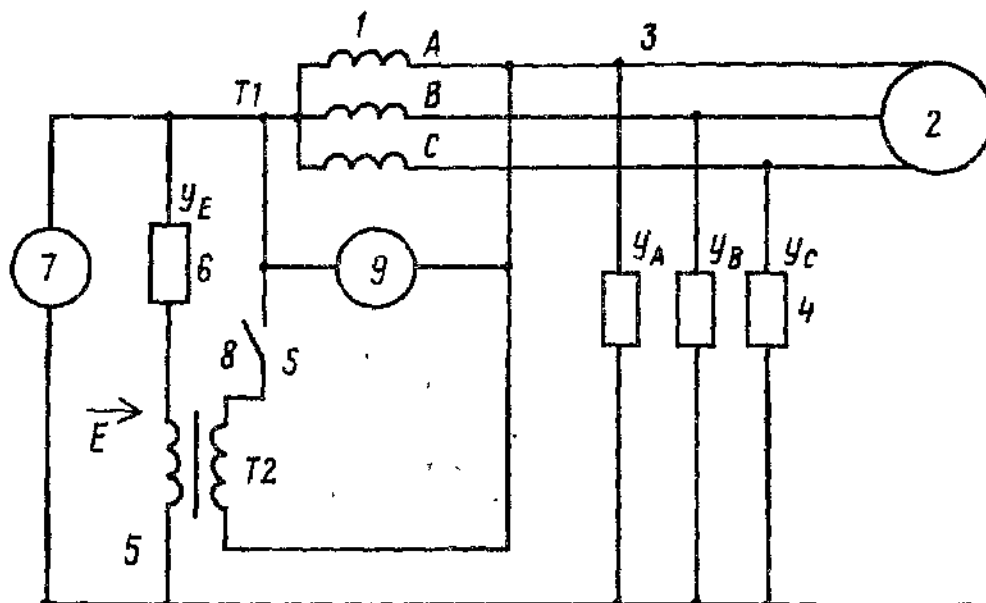
Поливанов К. М. Геометрические основы электротехники. — М. Л.: Энергия, 1965, ч. 1, с. 68—71

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА УТЕЧКИ

(57) Изобретение относится к электроизмерительной технике. Цель изобретения — повышение чувствительности определения

тока утечки. Периодически вводят и выводят вспомогательный источник тока 5, предварительно включенный между средней точкой источника рабочего тока 1 и землей. Ток утечки определяют по формуле, $I_{утч} =$

$= Y_E \bar{E} (\bar{U}_{CT} - \bar{U}_{NT}) / (\bar{U}_{BE} - \bar{U}_{NT})$, где \bar{U}_{CT} и \bar{U}_{NT} — напряжение между средней точкой источника рабочего тока и землей до возникновения утечки соответственно при выведенном и введенном вспомогательном источнике тока; \bar{U}_{BE} — напряжение между средней точкой источника рабочего тока и землей после возникновения утечки при выведенном вспомогательном источнике тока; \bar{E} — электродвижущая сила вспомогательного источника тока; Y_E — проводимость вспомогательной цепи. Способ обеспечивает определение приращения тока утечки при внезапных замыканиях в сети 1 ил



(19) **SU** (11) **1483408** **A1**

РГФ-К

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

Цель изобретения — повышение чувствительности определения тока утечки за счет периодического введения и вывода в контролируемую сеть вспомогательного источника тока.

На чертеже приведена схема, поясняющая данный способ.

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

Сущность способа заключается в том, что периодически вводят и выводят ЭДС вспомогательного источника тока E той же частоты, что и у рабочего тока, предварительно включенного между средней точкой источника рабочего тока и землей, и измеряют напряжение между землей и средней точкой источника рабочего тока как при введенном, так и при выведенном вспомогательном источнике, а о токе утечки судят по результатам измерений.

Напряжение смещения нейтрали \vec{U}_{nr} электроустановки как переменного, так и постоянного тока при включенном между средней (нулевой) точкой источника рабочего тока и землей вспомогательном источнике тока, в состоянии, когда ЭДС этого источника равна нулю, определяется формулой

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

где Y_E — проводимость вспомогательной цепи, т. е. цепи, содержащей вспомогательный источник тока, включенный 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 аналогичном контексте, говоря о фазе, подразумевают и полюс 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 $Y =$

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

Напряжение, ток и проводимости при переменном токе описываются комплексными числами, при постоянном — действительными числами. Поскольку действительное число является частным случаем комплексного, всегда, кроме случая, относящегося только к постоянному току, для обозначения напряжения тока и проводимости используют \vec{U} , I и Y .

Введение во вспомогательную цепь ЭДС приводит к изменению напряжения смещения нейтрали с \vec{U}_{nr} на \vec{U}_{ne}

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

Если при выведенной ЭДС с m -й фазы на землю имеет место утечка тока с проводимостью Y_{yr} , то напряжение смещения нейтрали \vec{U}_{nry} определяется формулой:

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

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

Y_{yr} — проводимость утечки.

Если же утечка тока на землю имеет место при введенной ЭДС, то напряжение смещения нейтрали \vec{U}_{nry} определяется формулой

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

Используя закон Ома, а также учитывая, 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 I_{yr} при выведенном вспомогательном источнике

$$I_{yr} = Y_E \frac{\vec{E} (\vec{U}_{nr} - \vec{U}_{nry})}{\vec{U}_{nr} - \vec{U}_{nry}} \quad (5)$$

Аналогично из (1), (2) и (4) получают формулу для тока утечки I_{ry} при введенном вспомогательном источнике

$$I_{ry} = Y_E \frac{\vec{E} (\vec{U}_{nry} - \vec{U}_{ne})}{\vec{U}_{nry} - \vec{U}_{ne}}$$

Для реализации способа между средней (нулевой) точкой источника 1 рабочего тока и землей предварительно включают вспомогательный источник 5 тока той же частоты, что и рабочий ток. После такой подготовки периодически вводят и выводят ЭДС вспомогательного источника 5 тока с помощью выключателя 8. При этом измеряют напряжение между нулевой точкой и землей как при введенной, так и при выведенной ЭДС. При отсутствии вывода от средней точки используют искусственную нулевую точку, получаемую посредством звезды из одинаковых проводимостей. Измерения выполняют высокоомным фазочувствительным вольтметром 7,

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 измерений искусственную нулевую точку создают отдельно для вспомогательного источника тока и для вольтметра.

Такие операции, как введение и выведение ЭДС вспомогательного источника тока, в частности, могут быть реализованы следующим образом. В качестве вспомогательного источника тока используют трансформатор (при постоянном токе — выпрямитель, более конкретно — мост из четырех диодов, питающийся от трансформатора, вторичную обмотку которого (выход выпрямителя) включают между нулевой точкой, естественной или искусственной, источника рабочего тока и землей, а его первичную обмотку периодически подключают к источнику питания и отключают). При постоянном токе у моста меняют местами зажимы постоянного и переменного токов. Когда трансформатор отключен от источника питания, ЭДС вспомогательного источника равна 0, но проводимость его цепи Y_E введена между токоведущими частями и землей. Когда трансформатор подключен к источнику питания, ЭДС вспомогательного источника равна E . Проводимость его цепи при этом практически не изменяется, тем более, что в ней имеются токоограничивающие элементы.

Вместо приведенного можно применять 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 9 с очень большим сопротивлением (по сравнению 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_ϕ . Для измерения модулей напряжений фаз относительно земли U_A , U_B , U_C прибор одним зажимом присоединяют к земле, а другим — к соответствующей фазе. Один из возможных вариантов измерения модуля фазного напряжения U_ϕ состоит в том, что зажимы прибора подсоединяют к разным фазам и полученную величину (линейное напряжение) делят на $\sqrt{3}$, что позволяет найти вектор напряжения смещения нейтрали

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

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, если они не совпадают, фиксируется возникновение утечки. Естественно, что оба сравниваемых напряжения должны относиться к одинаковым состояниям вспомогательного источника тока, т. е. в обоих случаях ЭДС должна быть либо введена, либо выведена. Что касается самого тока утечки, то его определяют, используя результаты двух измерений, выполненных до возникновения утечки, и одного измерения после ее возникновения по формуле (5).

Ток утечки $I_{ут}$ является величиной, не зависящей от ЭДС вспомогательного источника

$$I_{ут} = (Y_A + Y_X) \vec{U}_N - \vec{U}_{NY} \\ E \rightarrow 0$$

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

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

Использование предлагаемого 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 вводят и выводят вспомогательный источник тока той же частоты, что и рабочий ток, предварительно включенный между средней точкой источника рабочего тока и землей, измеряют напряжение между средней точкой источника рабочего тока и землей как при введенном, так и при выведенном вспомогательном источнике, а ток утечки определяют по формуле

$$I_{ут} = Y_E \frac{E(\vec{U}_{N1} - \vec{U}_{N2})}{U_{N1} - U_{N2}}$$

где $\vec{U}_{\text{ну}}$ и $\vec{U}_{\text{нз}}$ — напряжение между средней точкой источника рабочего тока и землей до возникновения утечки соответственно при выведенном и введенном вспомогательном источнике тока,
 $\vec{U}_{\text{ну,т}}$ — напряжение между средней точкой источника рабочего тока и землей после воз-

5

 \vec{E} $Y_{\text{з}}$

никновения утечки при выведенном вспомогательном источнике тока,
 — электродвижущая сила вспомогательного источника тока,
 — проводимость вспомогательной цепи, т. е. цепи, содержащей вспомогательный источник тока