



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) A4 (11) 30844
(51) G01R 19/30 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ИННОВАЦИОННОМУ ПАТЕНТУ

(21) 2014/0196.1

(22) 24.02.2014

(45) 25.12.2015, бюл. №12

(72) Исабекова Бибигуль Бейсембаевна;
Жантлесова Асемгуль Бейсембаевна

(73) Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Павлодарский государственный педагогический институт" Министерства образования и науки Республики Казахстан

(56) RU 2397499, 2010

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА
КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

(57) Изобретение относится к энергетике, а именно к измерительной технике и может быть использовано для измерения токов в электроустановках. Способ измерения тока короткого замыкания в проводнике с помощью герконов, при котором два геркона с нормально разомкнутыми контактами устанавливают вблизи проводника, настраивают их так, чтобы они

замыкали контакты при токах срабатывания I_{CP1} и I_{CP2} и размыкали контакты при токах возврата I_{B1} и I_{B2} , при этом n герконов устанавливают на безопасных расстояниях $h_1, h_2, \dots, h_{n-1}, h_n$ от проводника, настраивают герконы так, чтобы они срабатывали при токах срабатывания $I_{CPn} > I_{CPn-1} \dots > I_{CP2} > I_{CP1}$ и возвращались в исходное положение при токах возврата $I_{Bn} > I_{Bn-1} \dots > I_{B2} > I_{B1}$, измеряют время между замыканием первого и второго геркона, ..., $n-1$ и n геркона, время между срабатыванием и возвратом n геркона, время между возвратом контактов n геркона и возвратом контактов $n-1$ геркона, ..., возвратом контактов второго геркона и возвратом контактов первого геркона, по полученным данным строят графическую зависимость $I = f(t)$, аппроксимируют её и определяют максимальное отклонение, являющееся амплитудой измеряемого тока короткого замыкания. Технический результат является повышение точности измерения тока короткого замыкания.

(19) KZ (13) A 4 (11) 30844

Изобретение относится к энергетике, а именно к измерительной технике и может быть использовано для измерения токов короткого замыкания в электроустановках.

Известен способ измерения тока в проводнике [Хомерике О.К. Полупроводниковые преобразователи магнитного поля. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - С. 7 - 19.] путем фиксации напряжения на выходе датчика Холла, установленного вблизи проводника, при котором по напряжению определяют величину магнитной индукции, создавшей его, а по последней - величину тока в проводнике.

Однако величина контролируемого напряжения незначительна и зависит от температуры окружающей среды, что требует дополнительного усиления сигнала и компенсации температурных погрешностей. В конечном итоге это ведет к снижению точности измерения тока.

Наиболее близким к предлагаемому является способ измерения тока в проводнике с помощью герконов [RU 2397499 С2, МПК G01R 19/30 (2006.01), опубл. 20.08.2010], при котором два геркона с нормально разомкнутыми контактами устанавливают вблизи проводника. Их настраивают так, чтобы они срабатывали и замыкали контакты при токе I_{CP1} , I_{CP2} , соответственно, в проводнике, возвращались в исходное положение и размыкали контакты при токе I_{B1} и I_{B2} , соответственно. Второй геркон настраивают так, чтобы он срабатывал при токе $I_{CP1}=I_{CP2}$, а возвращался при токе $I_{B1}<I_{B2}$. Измеряют время t_1 между моментами размыкания контактов герконов после их срабатывания и определяют амплитуду измеряемого тока по формуле:

$$I_m = I_{B1} \cdot \sqrt{1 + (I_{B2} / I_{B1})^2} - 2 \cdot (I_{B2} / I_{B1}) \cdot \cos \omega t_1 / \sin \omega t_1,$$

где

I_m - амплитуда измеряемого тока,

ω - угловая частота тока,

I_{B1} , I_{B2} - токи возврата соответственно первого и второго герконов, которые создают магнитное поле, достаточное для возврата контактов герконов.

t_1 - время между моментами размыкания контактов герконов после их срабатывания.

Недостатком способа является низкая точность, обусловленная погрешностью в измерении тока замыкания, возникшей из-за пренебрежения влиянием аperiodической составляющей $I_{ан}$.

Задачей изобретения является повышение точности измерения тока короткого замыкания.

Это достигается тем, что в способе измерения тока короткого замыкания в проводнике с помощью герконов, при котором два геркона с нормально разомкнутыми контактами устанавливают вблизи проводника, настраивают их так, чтобы они замыкали контакты при токах срабатывания I_{CP1} и I_{CP2} и размыкали контакты при токах возврата I_{B1} и I_{B2} , отличающийся тем, что n герконов устанавливают на безопасных расстояниях h_1 , h_2 , ..., h_{n-1} , h_n от проводника, настраивают герконы так,

чтобы они срабатывали при токах срабатывания $I_{CPn}>I_{CPn-1} \dots >I_{CP2}>I_{CP1}$ и возвращались в исходное положение при токах возврата $I_{Bn}>I_{Bn-1} \dots >I_{B2}>I_{B1}$, измеряют время между замыканием первого и второго геркона, ..., $n-1$ и n геркона, время между срабатыванием и возвратом n геркона, время между возвратом контактов n геркона и возвратом контактов $n-1$ геркона, ..., возвратом контактов второго геркона и возвратом контактов первого геркона, по полученным данным строят графическую зависимость $I = f(t)$, аппроксимируют её и определяют максимальное отклонение, являющееся амплитудой измеряемого тока короткого замыкания.

Таким образом, следует, что повышается точность определения тока короткого замыкания работы устройства, реализованного предложенным способом за счет учета влияния аperiodической составляющей $I_{ан}$ (фиг.1), и по сравнению с прототипом легкости выбора герконов, так как не надо подбирать равные токи срабатывания герконов.

На фиг.1 представлена зависимость $I = f(t)$, где кривая 1 - полупериод тока с амплитудой $I_{CP2}>I_m>I_{CP1}$, кривая 2 - полупериод измеряемого тока короткого замыкания.

На фиг.2 приведено устройство для реализации предлагаемого способа.

Предложенный способ может быть реализован с помощью устройства, в котором первый 1, второй 2, ..., $n-1$ и n - герконы (фиг.2) с нормально разомкнутыми контактами размещены в магнитном поле проводника 3 с током и подключены к микроконтроллеру 4 (МК).

Могут быть использованы герконы типа МКА-14103 группы А производителя ОАО "Рязанского завода металлокерамических приборов". Микроконтроллер 4 (МК) может быть выполнен на микроконтроллере серии 51 производителя amtel AT89S53.

Способ осуществляют следующим образом.

Например, первый 1, второй 2, третий и четвертый герконы (где $n-1=3$, $n=4$) с нормально разомкнутыми контактами установлены вблизи проводника 3 на безопасном расстоянии. Расстояние h_1 от проводника до первого 1 геркона равно 0.1м и расстояние h_2 до второго 2 геркона составляет 0.15м, $h_3=0.2$ м и $h_4=0.24$ м. Угол между перпендикулярной линии продольной оси проводника 3 и продольной осью первого геркона 1, второго геркона 2 и остальных n герконов составляет 90° градусов. Герконы подобраны так, чтобы токи срабатывания I_{CP1} , I_{CP2} , I_{CP3} , I_{CP4} и возврата I_{B1} , I_{B2} , I_{B3} , I_{B4} первого 1, второго 2, третьего и четвертого герконов соответствовали неравенствам:

$$I_{CP4}>I_{CP3}>I_{CP2}>I_{CP1} \text{ а } I_{B4}>I_{B3} \dots >I_{B2}>I_{B1}.$$

В проводнике 3 протекает ток короткого замыкания с амплитудой I_m . При увеличении тока до (фиг.1, кривая 1) тока срабатывания $I_{CP1}=77.88A$ первого 1 геркона, он замыкает разомкнутые до этого контакты, которые срабатывают. При уменьшении тока до тока возврата $I_{B1}=30.3A$ первого 1 геркона, он замыкает разомкнутые до

этого контакты, которые возвращаются в исходное положение, размыкая их. Это происходит под действием созданного током I_{CP1} / I_{B1} магнитного поля напряженностью срабатывания $\bar{H}_{CP1} / \bar{H}_{B1}$ в зазоре между контактами первого 1 геркона, направленной вдоль его продольной оси. Второй 2 геркон замыкает контакты при токе $I_{CP2}=176,8A$, а размыкает при токе $I_{B2}=67,14A$. Третий геркон замыкает контакты при токе $I_{CP3}=293,7A$, а размыкает при токе $I_{B3}=117,2A$. Четвертый геркон замыкает контакты при токе $I_{CP4}=374,6A$, а размыкает при токе $I_{B4}=149,8A$.

Измерение тока в проводнике 3 с помощью первого 1, второго 2, третьего и четвертого герконов осуществляют следующим образом:

1. При увеличении тока в проводнике 3 до величины тока срабатывания I_{CP1} (фиг.1, кривая 1) первый геркон 1 срабатывает, его контакты замыкаются, микроконтроллер 4 (МК) фиксирует значение тока и начинает отчет времени $t_{1,2}$. Если ток не увеличился до I_{CP2} , то второй геркон 2 не срабатывает и микроконтроллер обнуляет все значения.

2. При увеличении тока в проводнике 3 до величины тока срабатывания I_{CP1} , фиксирует микроконтроллер 4 (МК) и начинает отчет времени $t_{1,2}$ и если ток в проводнике 3 увеличивается до тока срабатывания I_{CP2} , то срабатывает второй геркон 2 (фиг.1, кривая 2). Микроконтроллер 4 (МК) фиксирует срабатывание второго 2 геркона, промежуток времени $t_{1,2}$ и начинает отчет времени $t_{2,3}$. До тех пор, пока не увеличится ток до I_{CP3} и зафиксируется ток срабатывания третьего геркона, время $t_{2,3}$ (начнется отчет времени $t_{3,4}$) и так далее I_{CP4} и $t_{3,4}$, I_{B4} и $t_{4,4}$, I_{B3} и $t_{4,3}$, I_{B2} и $t_{3,2}$, I_{B1} и $t_{2,1}$.

Затем в микроконтроллере 4 (МК) аппроксимируют по полученным данным зависимость $I = f(t)$ тока короткого замыкания от времени, определяют максимальное отклонение, являющееся амплитудой измеряемого тока короткого замыкания.

Например, в MathCAD 14 вносили полученные данные токов в матрицу I размерностью 8×1 : токи срабатывания I_{CP1} , I_{CP2} , I_{CP3} , I_{CP4} , токи возврата I_{B4} , I_{B3} , I_{B2} , I_{B1} , затем в матрицу t времени: $t_{1,2} = 0.001177c$, $t_{2,3} = 0.001282c$, $t_{3,4} = 0.000939c$, $t_{4,4} = 0.009137c$, $t_{4,3} = 0.000351c$, $t_{3,2} = 0.000567c$, $t_{2,1} = 0.000454c$. Для аппроксимации функции $I = f(t)$ необходимо сложить время, которые заносятся в матрицу $t1$ размерностью 8×1 . Примем начала отчета времени с точки O , тогда $t1(0) = 0$. В MathCAD-e 14 для заполнения матрицы $t1$ прописываем цикл переменной $i := 0$ до 6 с шагом 1, в

итоге матрица $t1(i+1) := t1(i) + t(i+1)$. Тогда значение матрицы $t1(8) = (0, 0.001177, 0.002459, 0.003398, 0.012535, 0.012886, 0.013453, 0.013907)$.

Находили полиномы шестой степени в качестве аппроксимирующей функции. Для этого используется функции regress и interp.

$vs := \text{regress}(t1, I, 6)$.

Вектор vs : содержал коэффициенты полинома.

$f1(z) := \text{interp}(vs, t1, I, z)$;

$coeffs := \text{submatrix}(vs, 3, \text{length}(vs) - 1, 0, 0)$.

Функция interp возвращала значение полинома в точке z . Определив функцию $f1$, получили возможность найти значение полинома в любой заданной точке.

Были получены следующие коэффициенты coeffs полинома, по которым записываем $I = f(t)$:

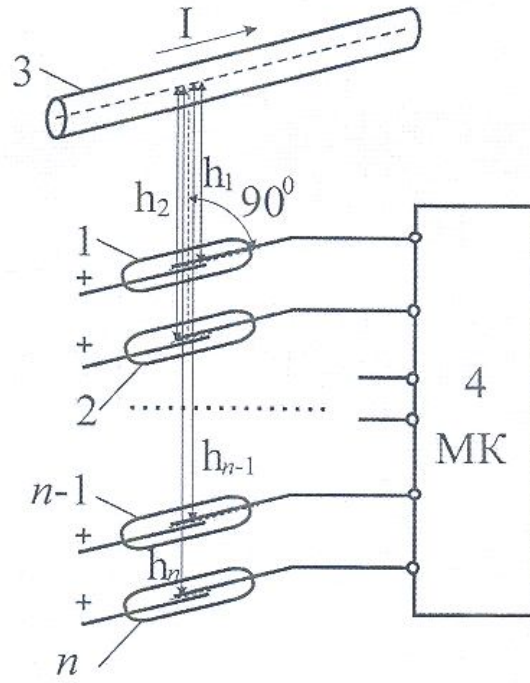
$$I(t) = 77.88 + 7.65 \cdot 10^4 \cdot t + 7.97 \cdot 10^6 \cdot t^2 - 1.18 \cdot 10^9 \cdot t^3 - 1.07 \cdot 10^{11} \cdot t^4 + 1.31 \cdot 10^{13} \cdot t^5 - 3.2 \cdot 10^{14} \cdot t^6.$$

Затем с помощью функции Maximize находим время $t_{max} = 0.007038c$, которое подставляем в полученный полином $I(t_{max})$ и получаем амплитуду $I_m = 525.1A$, а ток в токопроводе ЭУ равен $526,2A$, тогда погрешность способа будет составлять $0,2\%$.

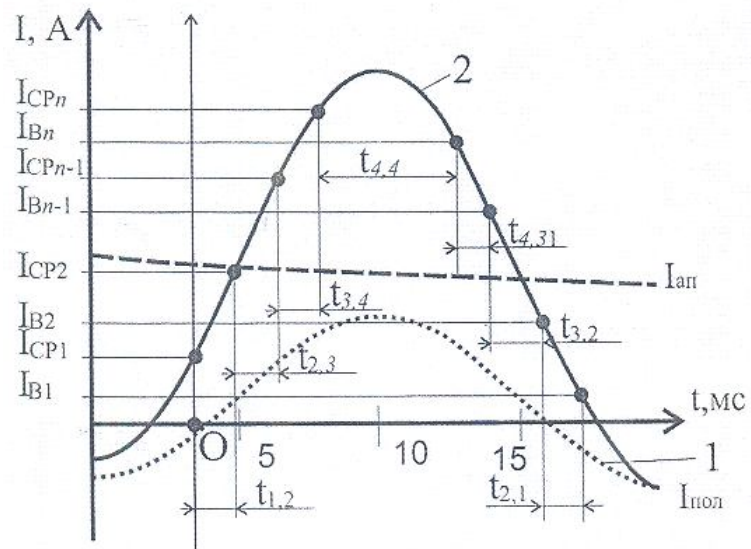
По сравнению с прототипом предложенный способ определяет амплитуду тока короткого замыкания с учетом аperiodической составляющей $I_{ап}$. (фиг.1)

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ измерения тока короткого замыкания в проводнике с помощью герконов, при котором два геркона с нормально разомкнутыми контактами устанавливают вблизи проводника, настраивают их так, чтобы они замыкали контакты при токах срабатывания I_{CP1} и I_{CP2} и размыкали контакты при токах возврата I_{B1} и I_{B2} , отличающийся тем, что n герконов устанавливают на безопасных расстояниях $h_1, h_2, \dots, h_{n-1}, h_n$ от проводника, настраивают герконы так, чтобы они срабатывали при токах срабатывания $I_{CPn} > I_{CPn-1} \dots > I_{CP2} > I_{CP1}$ и возвращались в исходное положение при токах возврата $I_{Bn} > I_{Bn-1} \dots > I_{B2} > I_{B1}$, измеряют время между замыканием первого и второго геркона, $n-1$ и n геркона, время между срабатыванием и возвратом n геркона, время между возвратом контактов $n-1$ геркона и возвратом контактов $n-1$ геркона, возвратом контактов второго геркона и возвратом контактов первого геркона, по полученным данным строят графическую зависимость $I = f(t)$, аппроксимируют её и определяют максимальное отклонение, являющееся амплитудой измеряемого тока короткого замыкания.



Фиг.1



Фиг.2