

(9) SU (11) 1118939 A

3 (5) G 01 R 27/18

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

SECRET

(21) 3571292/18-21

(22) 30.03.83

(46) 15.10.84. Бюл. № 38

(72) А.А. Иванов, В.Н. Брызгало,
В.М. Машенков и К.В. Петров

(71) Витебский завод электроизмерительных приборов им. 60-летия Великого Октября и Всесоюзный научно-исследовательский институт электроизмерительных приборов

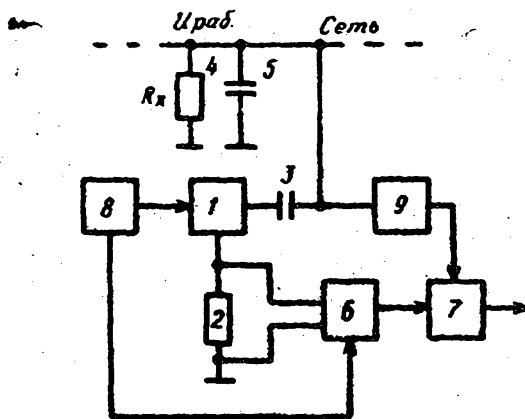
(53) 621.327.333(088.8)

(56) 1. Авторское свидетельство СССР
№ 664122. кл. G 01 R 27/18, 1978.

2. Авторское свидетельство СССР
№ 761939, кл. G 01 R 27/18, 1979
(прототип).

(54)(57) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ СЕТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА, содержащее генератор импульсов, опорный резистор, разделительный конденсатор, блок фиксации уровня, блок деления, программный

блок, причем один выход программного блока соединен с первым входом генератора импульсов, разделительный конденсатор соединен с первым входным зажимом, другой выход программного блока через блок фиксации уровня соединен с первым входом блока деления, выводы опорного резистора соединены с информационными входами блока фиксации уровня, отличающемся с тем, что, с целью повышения точности измерения, в него введен блок определения емкости сети, вход которого соединен с первым входным зажимом, выход блока определения емкости соединен с вторым входом блока деления, второй вход генератора импульсов соединен с первым выводом опорного резистора, второй вывод которого соединен с земной клеммой, а выход генератора импульсов соединен с второй обкладкой разделительного конденсатора.



SU 1118939 A

Изобретение относится к электро-
измерительной технике и может быть
использовано в телеметрических систе-
мах измерения сопротивления изоля-
ции на энергетических объектах раз-
личного назначения для измерения
активной и емкостной составляющих
комплексного сопротивления высоко-
импедансных RC-цепей, находящихся под
постоянным напряжением или обесточен-
ных.

Известно устройство для измерения
сопротивления изоляции электричес-
ких сетей, которое содержит последо-
вательно соединенные генератор импуль-
сов, опорный резистор и конденсатор,
соединенный своим вторым выводом с
входной клеммой устройства и через
развязывающий блок с входом блока
определения экстремума и первым
входом вычислительного блока, второй
и третий входы которого подключены
к соответствующим выводам опорного
резистора, а четвертый вход - к вы-
ходу блока определения экстремума,
входу блока формирования пауз и пер-
вому входу генератора импульсов,
второй вход которого подключен к
выходу блока формирования пауз, при-
чем первый и второй выходы вычисли-
теля через аналоговый ключ соеди-
нены с индикатором.

Принцип измерения заключается в
следующем. На контролируемую сеть от
генератора импульсов через образцо-
вый резистор и конденсатор воздейст-
вуют перепадом тестового напряжения.
При этом на импедансе изоляции фор-
мируется апериодический импульс, име-
ющий крутой передний фронт нарастания,
экстремум и пологий задний фронт
спада напряжения, а на опорном ре-
зисторе выделяется затухающее напря-
жение, пропорциональное полному току,
потребляемому импедансом изоляции от
тестового генератора. В момент
экстремума напряжения на импедансе
изоляции емкостная составляющая пол-
ного тока равна нулю. Отсюда отноше-
ние амплитудного значения напряжения
этого экстремума к величине тока,
потребляемого импедансом изоляции в
этот момент времени, пропорционально
контролируемому сопротивлению изо-
ляции и не зависит от емкости се-
ти [1].

Недостатком устройства является
сложность аппаратурной реализации
уравнения преобразования и большая

погрешность измерения, связанная с
необходимостью точной фиксации момен-
та измерения на пологой вершине инфор-
мационного сигнала, когда диапазон
и скорость изменения напряжения зна-
менателя уравнения преобразования
велики. Чтобы повысить точность изме-
рения, можно увеличить емкость кон-
денсатора, но при этом уменьшатся
быстродействие измерения и значитель-
но увеличатся габариты устройства и
снизится его надежность.

Наиболее близким к предлагаемому
по технической сущности является уст-
ройство для измерения сопротивления
изоляции сетей постоянного тока,
которое содержит генератор импуль-
сов, опорный резистор, разделитель-
ный конденсатор, блок фиксации уров-
ня, блок деления, программный блок,
причем один выход программного блока
соединен с первым входом генератора
импульсов, разделительный конденса-
тор соединен с первым входным зажи-
мом, другой выход программного блока
через блок фиксации уровня соединен
с первым входом блока деления, вы-
воды опорного резистора соединены с
информационными входами блока фикса-
ции уровня.

Принцип измерения заключается
в следующем. Если емкость сети много
меньше емкости разделительного кон-
денсатора и сопротивления изоляции
сети много больше сопротивления об-
разцового резистора, то сопротивле-
ние изоляции в первом приближении
обратно пропорционально напряжению,
выделенному на опорном резисторе и
измеренному в момент времени, как
минимум на порядок больший постоян-
ной времени переходного процесса в
RC-цепи подключения импульсного
генератора к контролируемой сети [2].

Недостатком устройства является
низкая точность измерения, вследст-
вие влияния на уравнение преобразова-
ния величины емкости сети, особенно
при больших ее значениях, а также
допущений, принятых при выводе урав-
нения преобразования.

Цель изобретения - повышение точ-
ности измерения.

Поставленная цель достигается
тем, что в устройство для измерения
сопротивления изоляции сети постоян-
ного тока, содержащее генератор им-
пульсов, опорный резистор, раздели-
тельный конденсатор, блок фиксации

уровня, блок деления, программный блок, причем один выход программного блока соединен с первым входом генератора импульсов, разделительный конденсатор соединен с первым входным зажимом, другой выход программного блока через блок фиксации уровня соединен с первым входом блока деления, выводы опорного резистора соединены с информационными входами блока фиксации уровня, введен блок определения емкости сети, вход которого соединен с первым входным зажимом, выход блока определения емкости соединен с вторым входом блока деления, второй вход генератора импульсов соединен с первым выводом опорного резистора, второй вывод которого соединен с земляной клеммой, а выход генератора импульсов соединен с второй обкладкой разделительного конденсатора.

На чертеже приведена блок-схема устройства.

Устройство содержит генератор 1 импульсов, опорный резистор 2, разделительный конденсатор 3, измеряемое сопротивление 4 изоляции, емкость 5 сети, блок 6 фиксации уровня, блок 7 деления, программный блок 8 и блок 9 определения емкости сети.

Выход генератора 1 импульсов через разделительный конденсатор 3 соединен с первым входным зажимом и входом блока 9 определения. Первый выход программного блока 9 соединен с первым входом генератора 1 импульсов, а второй выход программного блока 8 через блок 6 фиксации уровня соединен с первым входом блока 7 деления. Выводы опорного резистора 2 соединены со вторым входом генератора 1 импульсов и земляной клеммой соответственно, а так же с информационными входами блока 6 фиксации уровня.

Устройство работает следующим образом.

Перепад тестового напряжения с выхода генератора 1 амплитудой E_0 воздействует на контролируемую сеть и формирует на импедансе изоляции апериодический импульсный сигнал $U_x(t)$, а в основной измерительной ветви схемы - затухающий информационный сигнал $U_0(t)$. Математические выражения этих сигналов в оперативной форме имеют вид:

$$U_x(p) = \frac{E_0}{C_5 R_2} \frac{1}{(p-X_1)(p-X_2)}; \quad (1)$$

$$U_0(p) = E_0 \frac{1}{(p-X_1)(p-X_2)}; \quad (2)$$

$$\text{где } X_1, X_2 = -\frac{R_4 C_5 + R_2(C_3 + C_5) \pm \sqrt{[R_4 C_5 + R_2(C_3 + C_5)]^2 - 4 R_4 C_5 R_2 C_3}}{2 R_4 C_5 R_2 C_3} \quad (3)$$

- корни характеристического уравнения

R_4 - сопротивление 4 изоляции;

C_5 - емкость 5 сети;

R_2 - сопротивление опорного резистора 2;

C_3 - емкость разделительного конденсатора 3.

Во временной форме эти выражения имеют вид

$$U_x(t) = \frac{E_0}{C_5 R_2} \frac{e^{X_1 t} - e^{X_2 t}}{X_1 - X_2}; \quad (4)$$

$$U_0(t) = E_0 \left[e^{X_2 t} + \left(X_1 + \frac{1}{R_4 C_5} \right) \frac{e^{X_1 t} - e^{X_2 t}}{X_1 - X_2} \right] \quad (5)$$

Из анализа выражения (5) видно, что напряжение на опорном резисторе 2 представляет собой сумму двух затухающих экспонент: быструю с постоянной времени $t_2 = 1/X_2$ и начальной амплитудой E_0 и медленную с постоянной времени $t_1 = 1/X_1$ и амплитудой

$$E_0 \frac{X_1 + \frac{1}{R_4 C_5}}{X_1 - X_2}$$

При этом $t_{2, \max} = \frac{1}{X_{2 \max}} = R_2 C_3$, предел постоянной времени t_2 при $t_x = R_4 C_5 \rightarrow \infty$.

Если теперь выбрать момент измерения напряжения на опорном резисторе 2

$$T_{\text{изм}} \gg 10 R_2 C_3 \quad (6)$$

т.е. через промежуток времени, достаточный для завершения переходного процесса быстрой экспоненты выражения (5), при любой емкости 5 сети, выражение (5) упростится,

$$U_0(T_{\text{изм}}) = E_0 \frac{X_1 + \frac{1}{R_4 C_5}}{X_1 - X_2} e^{X_1 T_{\text{изм}}} \quad (7)$$

С учетом допущений $C_3 \gg C_5$ и $R_4 \gg R_2$, а также с учетом (6), справедливо соотношение

$$X_2 \gg X_1 \quad (8)$$

и выражение (7) можно записать

$$U_0(T_{изм}) = E_0 \frac{X_1 + \frac{1}{R_4 C_5}}{X_1 - X_2} \approx E_0 \frac{-1}{X_2 R_4 C_5} \approx K \frac{1}{R_4} \quad (9)$$

Из выражения (9), видно, что ур-ние преобразования устройства - прототипа является нелинейным относительно контролируемого параметра - сопротивления 4 изоляции и зависит от емкости 5 сети, особенно при больших ее значениях. С целью уменьшения этого влияния в прототипе увеличивают емкость разделительного конденсатора 3. Однако в этом случае при работе с реальными сильно разветвленными сетями, где емкость полюсов может достигать несколько сотен микрофард, для достижения необходимой точности измерения необходима емкость разделительного конденсатора 3 несколько тысяч микрофард.

В предлагаемом устройстве увеличение точности измерения достигается компенсацией влияния емкости 5 сети на уравнение преобразования посредством указанных блоков.

Принцип компенсации заключается в следующем. При условиях $R_2 C_3 \ll R_4 C_5$ и $R_2 \ll R_4$ подкоренное выражение уравнения (3) упростится

$$V = C_5^2 (R_4^2 + 2R_2 R_4 + R_2^2). \quad (10)$$

Тогда числитель выражения (9) записывают

$$X_1 + \frac{1}{R_4 C_5} = \frac{1}{2} \frac{1}{R_4 C_5}, \quad (11)$$

а его знаменатель

$$X_1 - X_2 = \frac{V}{R_4 C_5 R_2 C_3} = \frac{C_5 (R_2 + R_4)}{R_4 C_5 R_2 C_3} \approx \frac{1}{R_2 C_3} \quad (12)$$

Скорректированное уравнение преобразования предлагаемого устройства на основании (9), (11) и (12) получают в виде

$$U_0(T_{изм}) = E_0 \frac{X_1 + \frac{1}{R_4 C_5}}{X_1 - X_2} = \frac{1}{2} E_0 \frac{C_3}{C_5} \frac{R_2}{R_4}, \quad (13)$$

откуда

$$R_4 = \frac{1}{2} \frac{E_0}{U_0(T_{изм})} \frac{C_3}{C_5} R_2 = K_0 \frac{1}{U_0(T_{изм}) C_5} \quad (14)$$

Таким образом, контролируемое сопротивление 4 изоляции обратно пропорционально напряжению $U_0(T_{изм})$ на опорном резисторе 2 и текущему значению емкости 5 сети во всем диапазоне ее изменения.

Момент времени $T_{изм}$ определяется в программном блоке 8 в соответствии с уравнением (6). В этот момент времени происходит запись напряжения на опорном резисторе 2 в блоке 6 фиксации. С его выхода напряжение поступает на вход знаменателя блока 7 деления.

Для компенсации влияния емкости 5 сети на уравнение преобразования на вход блока 9 определения емкости сети поступает напряжение, выделенное на импедансе изоляции $U_x(t)$, описанное выражением (4). Чтобы исключить влияние на уравнение преобразования (14), входное сопротивление блока 9 определения емкости обеспечивают достаточно большим.

Полученное значение емкости 5 сети подают на вход блока 7 деления. В результате деления на выходе устройства имеют напряжение, пропорциональное контролируемому сопротивлению 4 изоляции и независимое от емкости 5 сети во всем диапазоне ее изменения в соответствии с уравнением (14).

Подключение в предлагаемом устройстве опорного резистора 2 между землей сети и земляным выводом генератора 1 импульсов в отличие от прототипа, где он подключен между выходом генератора и разделительным конденсатором 3, позволяет значительно увеличить точность измерения за счет жесткой фиксации потенциала второго информационного входа блока 6 фиксации уровня относительно "нуля" схемы. У прототипа оба информационных входа блока 6 потенциально незаземлены и "нуль" на выходе схемы устанавливают искусственно путем установки разных коэффициентов передачи по обоим входам блока, что представляет трудности при аппаратной реализации, усложняет настройку устройства и значительно снижает точность измерения за счет временной и температурной нестабильности определяющих коэффициенты передачи элементов блока 6.

Преимущество изобретения по сравнению с прототипом заключается в увеличении точности измерения за счет линейности уравнения преобразования (14) и его инвариантности к изменениям емкости сети во всем диапазоне измерения. Кроме того, точность измерения повышается за счет упрощения схемы измерения напряжения ин-

формационного сигнала $U_0(T_{изм})$ - входной схемы блока фиксации уровня, являющейся основным источником инструментальной погрешности у прототипа.

Компенсация влияния емкости сети на уравнение преобразования позволяет значительно уменьшить емкость разделительного конденсатора и расширить диапазон измерения при сохранении достигнутой точности, что позволяет, в свою очередь, увеличить

быстродействие измерения (на основании (6)) и обеспечивает возможность повысить точность измерения путем уменьшения инструментальной погрешности из-за значительного сокращения длительности цикла измерения.

Уменьшение емкости разделительного конденсатора позволяет снизить габариты и стоимость устройства одновременно с увеличением его надежности.

Составитель О. Панчерников
Редактор Л. Пчелинская Техред Л. Коцюбняк Корректор В. Гирняк

Заказ 7445/32 Тираж 710 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4