



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1663568 A1

(51) G 01 R 17/12

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4606866/21

(22) 16.11.88

(46) 15.07.91. Бюл. № 26

(71) Специальное конструкторско-технологическое бюро Морского гидрофизического института АН УССР

(72) Ю.В. Немировский

(53) 621.317.733(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР № 291153, кл. G 01 R 17/12, 1969.

Авторское свидетельство СССР № 1056060, кл. G 01 R 17/12, 1981.

(54) ТРАНСФОРМАТОРНЫЙ МОСТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

(57) Изобретение относится к электроизмерительной технике и предназначено для измерения параметров малых комплексных сопротивлений в цепях переменного тока. Цель изобретения – повышение точности измерения за счет уменьшения влияния шумов и искажений усилителя – достигается

2

путем введения в трансформаторный мост, содержащий источник 1 питания, трансформатор 2 напряжения с первичной обмоткой 3 и вторичными первой обмоткой 4, второй обмоткой 5 и третьей обмоткой 6, первый резистор 7, усилитель 8 тока, второй резистор 9, образцовую меру 10, измеряемый объект 11 с первым зажимом 12 и вторым 13 зажимами, индуктивный компаратор 14 токов с первой входной обмоткой 15, второй входной обмоткой 16 и выходной обмоткой 17, указатель 18 равновесия, дополнительной обмотки 6 с первым 7 и вторым 9 резисторами для того, чтобы отбирать с обмотки 6 большую часть рабочего тока измеряемого объекта, а усилитель тока 8 использовать только для добавки существенно меньшей части компенсирующего тока, что позволяет уменьшить влияние шумов и искажений усилителя тока, что повышает точность измерения 1 ил.

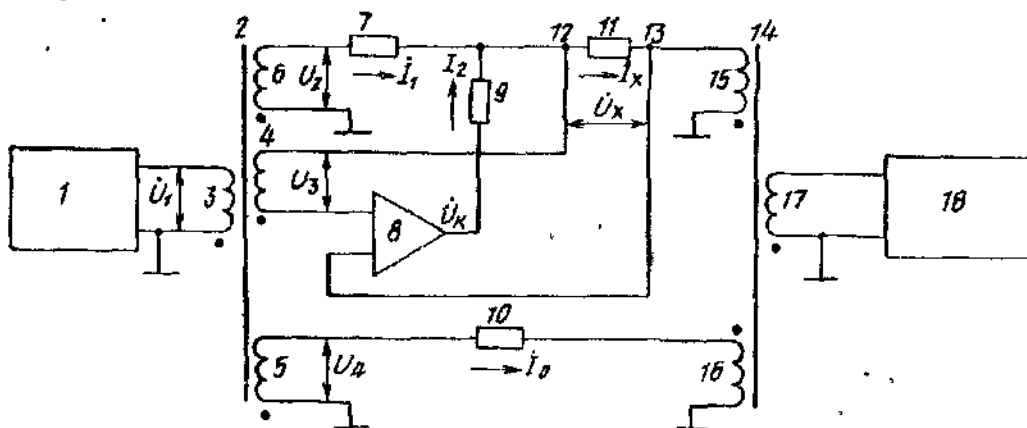


РИС. 1

(19) SU (11) 1663568 A1

Изобретение относится к электроизмерительной технике и предназначено для измерения параметров малых комплексных сопротивлений в цепях переменного тока.

Целью изобретения является повышение точности измерения за счет уменьшения влияния шумов и искажений усилителя.

На чертеже представлена структурная схема устройства.

Схема содержит источник 1 питания, трансформатор 2 напряжения с первичной обмоткой 3 ( $W_1$ ) и вторичными первой обмоткой 4 ( $W_3$ ), второй обмоткой 5 ( $W_4$ ) и третьей обмоткой 6 ( $W_2$ ), первый резистор 7 ( $R_1$ ), усилитель 8 тока, второй резистор 9 ( $R_2$ ), образцовую меру 10 ( $R_0$ ), измеряемый объект 11 ( $R_x$ ) с первым зажимом 12 и вторым зажимом 13, индуктивный компаратор 14 с токов с первой входной обмоткой 15 ( $W_5$ ), второй входной обмоткой 16 ( $W_6$ ) и выходной обмоткой 17 ( $W_7$ ), указатель 18 равновесия.

Трансформатор 2 напряжения с обмотками 4-6 и компаратор 14 токов с обмотками 15, 16 образуют трансформаторный мост, в одно плечо которого включена образцовая мера 10, а в другое - измеряемый объект 11, при этом с помощью образцовой меры 10 уравнивают мост. Выходы усилителя 8 и обмотки 6 соединены через резисторы 9 и 7 соответственно с зажимом для подключения измеряемого объекта 11.

Устройство работает следующим образом.

Индуктивный компаратор 14 токов дает нулевое напряжение на выходной обмотке 17 в том случае, если соблюдается условие:

$$I_x \cdot W_5 = I_0 W_6, \quad (1)$$

где  $I_x$  - рабочий ток измеряемого объекта 11;  $I_0$  - образцовый ток, протекающий через резистор 10.

Образцовый ток  $I_0$  равен

$$I_0 = \frac{U_4}{R_0}, \quad (2)$$

где  $U_4$  - напряжение второй вторичной обмотки 5.

Усилитель 8 тока также, как и в прототипе поддерживает напряжение на измеряемом объекте 11  $U_x$  равным напряжению на первой вторичной обмотке 4 -  $U_3$ :

$$U_x = U_3. \quad (3)$$

В то же время напряжение  $U_x$  складывается из падения напряжения на  $R_x$ , вызываемого частью тока  $I_1$  от третьей вторичной обмотки 6 и падения напряжения на  $R_x$ , вызываемого частью тока  $I_2$  от усилителя 8 тока.

Пользуясь законом Кирхгофа, можно записать следующие выражения:

$$I_1 = \frac{U_2}{R_1 + \frac{R_x \cdot R_2}{R_2 + R_x}}, \quad (4)$$

где  $U_2$  - напряжение на третьей вторичной обмотке 6.

$$I_2 = \frac{U_k}{R_2 + \frac{R_1 \cdot R_x}{R_1 + R_x}}, \quad (5)$$

$U_k$  - напряжение на выходе усилителя 8 тока.

Падение напряжения  $U_{11}$ , вызываемое частью тока  $I_1$  на измеряемом объекте 11 ( $R_x$ ), равно:

$$U_{11} = \frac{U_2 \frac{R_x \cdot R_2}{R_2 + R_x}}{R_1 + \frac{R_x \cdot R_2}{R_2 + R_x}} = \frac{U_2 \cdot R_2 \cdot R_x}{R_x (R_1 + R_2) + R_1 \cdot R_2}. \quad (6)$$

Падение напряжения  $U_{12}$ , вызываемое частью тока  $I_2$  на измеряемом объекте 11 ( $R_x$ ), равно:

$$U_{12} = \frac{U_k \frac{R_x \cdot R_1}{R_1 + R_x}}{R_2 + \frac{R_1 \cdot R_x}{R_1 + R_x}} = \frac{U_k \cdot R_1 \cdot R_x}{R_x (R_1 + R_2) + R_1 \cdot R_2}. \quad (7)$$

Используя (6) и (7), можно найти часть тока  $I_{x1}$  и  $I_{x2}$

$$I_{x1} = \frac{U_2 \cdot R_2}{R_x (R_1 + R_2) + R_1 \cdot R_2}; \quad (8)$$

$$I_{x2} = \frac{U_k \cdot R_1}{R_x (R_1 + R_2) + R_1 \cdot R_2}. \quad (9)$$

Отсюда можно найти  $I_x$ :

$$I_x = I_{x1} + I_{x2} = \frac{U_2 \cdot R_2 + U_k \cdot R_1}{R_x (R_1 + R_2) + R_1 \cdot R_2}. \quad (10)$$

Используя выражение (10), можно записать

$$U_x = U_3 = \frac{U_2 \cdot R_2 + U_k \cdot R_1}{R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_x}}. \quad (11)$$

Из выражений (10) и (11) видно, что поддержание  $U_x$  равным  $U_3$  возможно за счет перераспределения частей тока  $I_{x1}$  и  $I_{x2}$ .

Предположим, что сопротивление  $R_x$  не изменяется, а сопротивление  $R_1$  в результате воздействия внешних факторов или старения изменилось на величину  $\Delta R_1$ . Это приведет к изменению тока  $I_x$  через сопротивление  $R_x$ , что вызовет изменение  $U_x$  на величину  $\Delta U_x$ . В результате усилитель 8 тока отработает разбаланс между сравниваемыми напряжениями  $U_3$  и  $U_x + \Delta U_x$  таким образом, чтобы падение напряжения на  $R_x$  вернулось к значению  $U_x$ . Это возможно за счет изменения в выражении (10) выходного

напряжения усилителя 8 тока  $\dot{U}_x$ , т.е. изменения составляющей тока  $\dot{i}_{x2}$ , что и происходит.

Таким образом, при неизменном значении  $R_x$  любое изменение  $R_1$ , а по аналогии и  $R_2$ , компенсируется с помощью напряжения компенсации  $\dot{U}_x$  на выходе усилителя 8 тока так, что величина  $\dot{i}_x$  не изменяется.

Поэтому напряжение на выходе компаратора тока не изменяется и результат измерения не искажается.

Предположим теперь, что изменилось значение  $R_x$  на величину  $\Delta R_x$ . По закону Ома:

$$\frac{\dot{i}_x}{R_x + \Delta R_x} = \dot{U}_x + \Delta \dot{U}_x,$$

т.е. падение напряжения на  $R_x$  будет отличаться от  $\dot{U}_x$ .

Таким же образом, как и в первом случае, усилитель 8 тока выработает напряжение компенсации  $\dot{U}_x$  такое, чтобы снова наступило равенство  $U_3 = \dot{U}_x$ .

Это возможно в случае, если изменится  $\dot{i}_x$  на величину  $\Delta \dot{i}_x$  такую, что выполнится условие  $\frac{\dot{i}_x + \Delta \dot{i}_x}{R_x + \Delta R_x} = \dot{U}_x$

что и обеспечивается усилителем 8 тока.

Таким образом выполняется закон Ома

$$\frac{\dot{U}_x}{R_x + \Delta R_x} = \dot{i}_x + \Delta \dot{i}_x$$

ток в первичной обмотке W5 компаратора токов 14 изменится, следовательно, момент равновесия моста будет соответствовать новому значению измеряемого сопротивления  $R_x + \Delta R_x$ .

Можно сделать вывод, что схема устройства не чувствительна к изменениям резисторов  $R_1$  и  $R_2$ , вызываемых их нестабильностью. В тоже время изменяя их величину, можно осуществлять перераспределение составляющих рабочего тока  $\dot{i}_{x1}$  и  $\dot{i}_{x2}$  соответственно от третьей вторичной обмотки 6 и усилителя 8 тока, тем самым уменьшать влияние шумов и искажений усилителя 8 тока.

#### Формула изобретения

- Трансформаторный мост для измерения малых сопротивлений, содержащий источник питания, первый вывод которого соединен с началом, а второй — с концом первичной обмотки трансформатора напряжения, при этом начало первой вторичной обмотки трансформатора напряжения соединено с первым зажимом для подключения измеряемого объекта, второй зажим для подключения измеряемого объекта соединен с началом первой входной обмотки индуктивного компаратора токов, конец которой соединен с общей шиной, концы второй вторичной обмотки трансформатора напряжения и второй входной обмотки индуктивного компаратора токов соединены с общей шиной, образцовую меру, подключенную между началом второй вторичной обмотки трансформатора напряжения и началом второй входной обмотки индуктивного компаратора токов, указатель равновесия, соединенный с выходной обмоткой индуктивного компаратора токов, один вывод которой и один вывод источника питания и указателя равновесия соединены с общей шиной, усилитель тока, первый вход которого соединен с концом первой вторичной обмотки трансформатора напряжения, а второй вход соединен с вторым зажимом для подключения измеряемого объекта, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения, в него введены третья вторичная обмотка трансформатора напряжения, первый и второй резисторы, причем начало третьей вторичной обмотки трансформатора напряжения соединено с общей шиной, а ее конец соединен с первым выводом первого резистора, второй вывод которого соединен с первым зажимом для подключения измеряемого объекта и с первым выводом второго резистора, второй вывод которого соединен с выходом усилителя тока.

Редактор О. Спесивых

Составитель В. Семенчук  
Техред М. Моргентал

Корректор И. Муска

Заказ 2264

Тираж 410

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101

