

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012107506/28, 28.02.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.02.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.02.2012

(45) Опубликовано: 27.11.2013 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 945805 A1, 23.07.1982. RU 2376608 C1, 20.12.2009. SU 1150557 A1, 15.04.1985. RU 2379696 C1, 20.01.2010. DE 3116696 A1, 11.11.1982. DD 149422 A1, 08.07.1981. US 3964315 A1, 22.06.1976. US 20050007127 A1, 13.01.2005. V. I. Ivanov и др. Bridge circuits with pulse supply with extended functional capabilities // Izmeritelnaya Tekhnika, No. 4, pp.40-45, April, 2009.

Адрес для переписки:

305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94, ЮЗГУ, ОЗиОИС

(72) Автор(ы):

**Передельский Геннадий Иванович (RU),  
Овчинников Олег Леонидович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Юго-Западный государственный университет" (ЮЗГУ) (RU)**

## (54) МОСТОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ ДВУХПОЛЮСНИКОВ

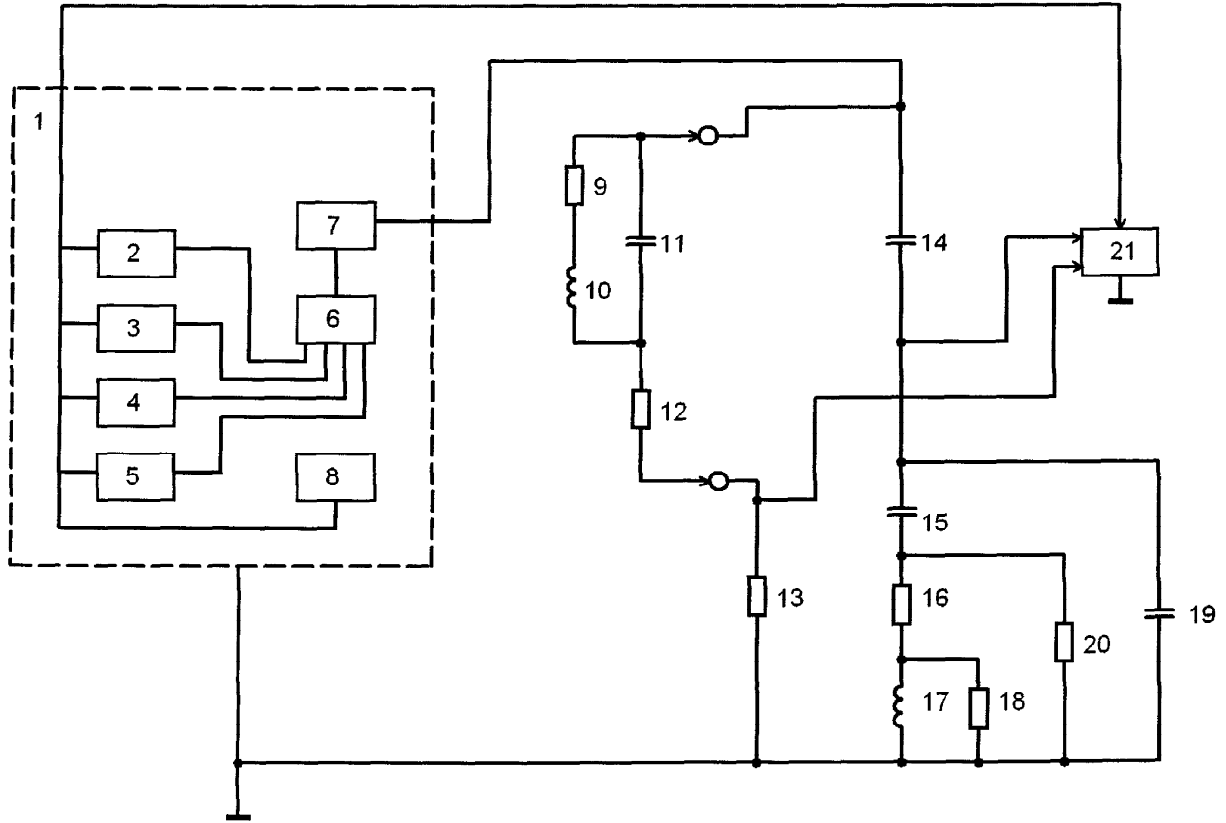
(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике. Мостовой измеритель параметров двухполюсников содержит последовательно соединенные генератор, мостовую цепь и нуль-индикатор. Первый выход генератора подключен ко входу четырехплечей мостовой цепи, который образует общий вывод двух параллельно включенных ветвей моста, первую ветвь образуют последовательно соединенные две клеммы для подключения двухполюсников объектов измерения и одиночный резистор первого плеча отношения мостовой цепи, первая клемма подключена к первому выходу генератора импульсов. Объект измерения состоит из последовательно соединенных первого резистора и катушки индуктивности, параллельно которым включен конденсатор, а также последовательно с трехэлементной цепью

включен второй резистор. Свободный вывод одиночного резистора заземлен, а общий вывод его и второй клеммы для подключения объектов измерения образует первый вывод выхода моста. Вторая ветвь моста образована последовательно соединенными одиночным конденсатором второго плеча отношения моста и двухполюсником элементов уравнивания мостовой цепи, состоящим из последовательно соединенных первого конденсатора, первого резистора и катушки индуктивности, параллельно которой включен второй резистор, свободный вывод одиночного конденсатора подключен к первому выходу генератора, свободный общий вывод катушки индуктивности и второго резистора заземлен, общий вывод одиночного конденсатора и двухполюсника элементов уравнивания моста образует второй вывод выхода моста. Также в устройство введены дополнительный

конденсатор и дополнительный резистор, при чем дополнительный конденсатор включен между вторым выводом выхода моста и «землей», а дополнительный резистор - между

общим выводом первого конденсатора и первого резистора второй ветви моста и «землей». Технический результат - уменьшение погрешности измерения. 1 ил.



Фиг.1

RU 249997 C2

RU 249997 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012107506/28, 28.02.2012

(24) Effective date for property rights:  
28.02.2012

Priority:

(22) Date of filing: 28.02.2012

(45) Date of publication: 27.11.2013 Bull. 33

Mail address:

305040, g.Kursk, ul. 50 let Oktjabrja, 94, JuZ  
GU, OZiOIS

(72) Inventor(s):

**Peredel'skij Gennadij Ivanovich (RU),  
Ovchinnikov Oleg Leonidovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovanija "Jugo-Zapadnyj  
gosudarstvennyj universitet" (JuZGU) (RU)**(54) **BRIDGE METER OF PARAMETERS OF DIPOLES**

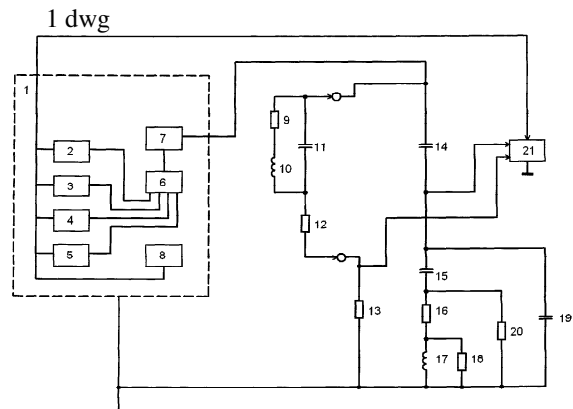
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: bridge meter of dipole parameters comprises serially connected generator, bridge circuit and zero indicator. The first output of the generator is connected to the inlet of the four-arm bridge circuit, which forms a common outlet of two parallel connected branches of the bridge, the first branch is formed by serially connected two terminals for connection of dipoles of measurement objects and a single resistor of the first arm of the bridge circuit ratio, the first terminal is connected to the first outlet of the pulse generator. The object of measurement comprises serially connected the first resistor and an inductance coil, in parallel to which the capacitor is switched, and the second resistor is connected in series with the three-element circuit. The free output of the single resistor is grounded, and the common output from it and the second terminal for connection of objects of measurement forms the first output of the bridge outlet. The second branch of the bridge is formed by serially connected single capacitor of the second arm of the bridge ratio and dipole of balance elements of the bridge circuit, comprising serially connected first capacitor, first resistor and inductance coil, in parallel to which there is the second resistor

connected, the free output of the single capacitor is connected to the first outlet of the generator, the free common output of the inductance coil and the second resistor is grounded, the common output of the single capacitor and the dipole of bridge balancing elements forms the second output of the bridge outlet. Besides, the device comprises an additional capacitor and an additional resistor. The additional capacitor is connected between the second output of the bridge outlet and "earth", and the additional resistor - between the common output of the first capacitor and the first resistor of the second branch of the bridge and "earth".

EFFECT: reduced error of measurement.



Фиг. 1

Изобретение относится к контрольно-измерительной технике, автоматике и промэлектронике. В частности, оно позволяет определять параметры четырехэлементных двухполюсников или параметры датчиков с четырехэлементной схемой замещения.

5 Известен мостовой измеритель параметров многоэлементных пассивных двухполюсников (а.с. СССР №1247762, G01R 17/10. БИ №28, 1986), содержащий последовательно соединенные генератор импульсов с изменением напряжения в течение их длительности по закону степенных функций, четырехплечую мостовую  
10 электрическую цепь и нуль-индикатор.

Недостатком его является повышение погрешности измерения за счет составляющей погрешности от паразитных емкостей, которые образуют незаземленные регулируемые уравнивающие элементы относительно «земли». В  
15 указанном измерителе, в принципе, невозможно заземлить все регулируемые уравнивающие элементы, поэтому названные паразитные емкости и соответствующая составляющая погрешности измерения здесь обязательно присутствуют. От нестабильности паразитных емкостей возникает также  
20 дополнительная составляющая погрешности, т.к. они существенно изменяются с течением времени (от старения) и особенно сильно с изменением температуры. На незаземленные регулируемые элементы уравнивания в более сильной степени оказывают вредное влияние электрические помехи и наводки. Кроме того, для  
25 уменьшения вредного влияния внешних электромагнитных полей и наводок уравнивающие элементы нередко экранируют, тогда в случае незаземленности этих элементов возникает вопрос, с какой вершиной электрического моста лучше соединять экраны. При этом каждый из имеющихся вариантов соединения экранов не является безупречным. Если же названные элементы заземлены, то очевидно, что  
30 экраны следует соединять с землей. В случае регулирования незаземленных уравнивающих элементов посредством использования электронных ключей и управляющих электрических сигналов с блока управления возникают дополнительные  
35 трудности и необходимость использования развязывающих элементов, например трансформаторов или оптронных пар. При заземленных уравнивающих элементах такие трудности отсутствуют. В мостовых устройствах при прочих равных  
условиях отдают предпочтение мостовым цепям со всеми заземленными регулируемыми элементами уравнивания.

Известен мостовой измеритель параметров пятиэлементных пассивных двухполюсников (а.с. СССР №1147986, G01R 17/10. БИ №12, 1985), содержащий  
40 последовательно соединенные генератор импульсов с изменением напряжения в течение их длительности по закону степенных функций, мостовую электрическую цепь и нуль-индикатор.

Недостатком его является повышение погрешности измерения за счет составляющей погрешности от паразитных емкостей, которые образуют  
45 незаземленные регулируемые уравнивающие элементы относительно «земли».

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к заявляемому устройству является выбранный в качестве прототипа мостовой измеритель параметров трехэлементных пассивных двухполюсников (а.с. СССР  
50 №945805, G01R 17/10. БИ №27, 1982), содержащий последовательно соединенные генератор импульсов сложной формы, мостовую электрическую цепь и нуль-индикатор.

Недостатком его является повышение погрешности измерения за счет

составляющей погрешности от паразитных емкостей, которые образуют незаземленные регулируемые уравнивающие элементы относительно «земли».

Задача, на решение которой направлено изобретение, состоит в уменьшении погрешности измерения за счет исключения составляющих погрешности от паразитных емкостей относительно «земли» регулируемых уравнивающих элементов и нестабильности этих паразитных емкостей. Названные паразитные емкости отсутствуют, потому что в измерителе используются только заземленные регулируемые уравнивающие элементы.

Это достигается тем, что в мостовой измеритель параметров двухполюсников, содержащий генератор питающих импульсов, который состоит из формирователей импульсов с изменением напряжения в течение их длительности по закону  $K_0 t^0$ ,  $K_1 t^1$ ,  $K_2 t^2$  и  $K_3 t^3$ , где  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  - постоянные коэффициенты, а  $t$  - текущее время, из коммутатора, из усилителя мощности и блока синхронизации, выход каждого формирователя импульсов соединен с соответствующим входом коммутатора, выход его подключен к входу усилителя мощности, выход которого образует первый выход генератора импульсов относительно "земли", выход блока синхронизации соединен с входом (входом синхронизации) каждого формирователя импульсов, а также выход его образует второй выход (выход синхронизации) генератора импульсов относительно "земли", общая шина генератора импульсов заземлена; первый выход генератора импульсов подключен к входу четырехплечей мостовой цепи, который образует общий вывод двух параллельно включенных ветвей моста, первую ветвь образуют последовательно соединенные две клеммы для подключения двухполюсников объектов измерения и одиночный резистор первого плеча отношения мостовой цепи, первая клемма подключена к первому выходу генератора импульсов, двухполюсник объекта измерения, в частности, состоит из последовательно соединенных первого резистора и катушки индуктивности, параллельно которым включен конденсатор, а также последовательно с трехэлементной цепью включен второй резистор, свободный вывод одиночного резистора заземлен, а общий вывод его и второй клеммы для подключения двухполюсников объектов измерения образует первый вывод выхода мостовой цепи, вторая ветвь мостовой цепи образована последовательно соединенными одиночным конденсатором второго плеча отношения моста и двухполюсником элементов уравнивания мостовой цепи, состоящим из последовательно соединенных первого конденсатора, первого резистора и катушки индуктивности, параллельно которой включен второй резистор, свободный вывод одиночного конденсатора подключен к первому выходу генератора импульсов, свободный общий вывод катушки индуктивности и второго резистора заземлен, общий вывод одиночного конденсатора и двухполюсника элементов уравнивания моста образует второй вывод выхода мостовой цепи; нуль-индикатор, первый вход которого (дифференциальный вход) соединяется с двумя выводами выхода мостовой цепи, второй его вход (вход синхронизации) соединен со вторым выходом генератора импульсов, общая шина нуль-индикатора заземлена, введены дополнительный конденсатор и дополнительный резистор, они введены в двухполюсник с уравнивающими элементами мостовой цепи, дополнительный конденсатор включен между вторым выводом выхода моста и "землей", а дополнительный резистор - между общим выводом первого конденсатора и первого резистора второй ветви моста и "землей".

Сущность изобретения поясняется чертежом (Фиг.1). Мостовой измеритель параметров двухполюсников содержит генератор питающих импульсов 1,

представленный блоками 2-8, который может формировать последовательности прямоугольных, линейно изменяющихся, квадратичных и кубичных импульсов. Формирователь импульсов 2 обеспечивает формирование прямоугольных импульсов, изменяющихся по закону  $K_0t^0$ ; формирователь импульсов 3 обеспечивает формирование линейно изменяющихся импульсов, изменяющихся по закону  $K_1t^1$ ; формирователь импульсов 4 обеспечивает формирование квадратичных импульсов, изменяющихся по закону  $K_2t^2$ ; формирователь импульсов обеспечивает формирование кубичных импульсов, изменяющихся по закону  $K_3t^3$ , где  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  - постоянные коэффициенты, а  $t$  - текущее время. Коммутатор 6 обеспечивает выбор одного из четырех видов импульсов, формируемых с помощью формирователей импульсов 2-5, и далее сигнал с его выхода подается на вход усилителя мощности 7, с выхода которого усиленный по мощности сигнал поступает на первый выход генератора питающих импульсов 1. С выхода блока 8 синхронизации сигнал синхронизации поступает на входы формирователей импульсов 2-5, а также на второй выход генератора питающих импульсов 1. Генератор 1 имеет два выхода, первый выход относительно «земли» является выходом питающих сигналов и подключен к первому выводу генераторной диагонали моста, заземленный вывод первого выхода генератора соединен со вторым выводом генераторной диагонали, второй выход генератора импульсов является выходом синхронизации. В первой ветви мостовой цепи последовательно включены двухполюсник объекта измерения, состоящий из последовательно соединенных первого резистора 9(R9) и катушки индуктивности 10(L10), параллельно которым включен конденсатор 11(C11). Последовательно с вышеупомянутой трехэлементной цепью включен второй резистор 12(R12) и одиночный резистор первого плеча отношения 13(R13). Во второй ветви мостовой цепи последовательно включены одиночный конденсатор второго плеча отношения 14(C14) и двухполюсник элементов уравнивания. Двухполюсник элементов уравнивания состоит из последовательно соединенных первого конденсатора 15(C15), первого резистора 16(R16) и катушки индуктивности 17(L17), параллельно которой включен второй резистор 18 (R18). Вторая емкость 19(C19) подключена параллельно имеющейся цепи из последовательно соединенных первого конденсатора 15(C15), первого резистора 16(R16) и катушки индуктивности 17(L17). Третий резистор 20(R20) подключен параллельно имеющейся цепи из последовательно соединенных первого резистора 16(R16) и катушки индуктивности 17(L17). Общий выход двухполюсника объекта измерения и одиночного конденсатора 14(C14) второго плеча отношения образует первый вывод генераторной диагонали мостовой цепи. Общий вывод одиночного резистора 13(R13) первого плеча отношения и двухполюсника элементов уравнивания заземлен и образует второй вывод генераторной диагонали мостовой цепи. В первой ветви мостовой цепи общий вывод двухполюсника объекта измерения и одиночного резистора 13(R13) первого плеча отношения образует первый вывод измерительной диагонали мостовой цепи. Во второй ветви мостовой цепи общий вывод одиночного конденсатора 14(C14) второго плеча отношения и двухполюсника элементов уравнивания образует второй вывод измерительной диагонали мостовой цепи. Первый и второй выводы измерительной диагонали образуют относительно «земли» дифференциальный выход четырехплечей мостовой цепи, который соединен с дифференциальным входом нуль-индикатора 21. Общая шина нуль-индикатора 21 заземлена, а второй вход нуль-индикатора 21 - вход синхронизации соединен со вторым выходом генератора 1.

Мостовой измеритель параметров двухполюсников работает следующим образом. В исходном состоянии напряжения на входе и выходе четырехплечей мостовой цепи равны нулю. Подадим на мост с генератора последовательность импульсов прямоугольной формы. При воздействии очередного импульса в установившемся

5

режиме в ветвях мостовой цепи устанавливаются неизменяющиеся напряжения, разность которых определяет напряжение в измерительной диагонали мостовой цепи (выходное напряжение моста). Оно зависит от значений емкостей 14(C14), 15(C15), 19(C19) и от значений сопротивлений 9(R9), 12(R12), 13(R13). Первое условие

10

$$(C_{15} + C_{19})R_{13} - C_{14}(R_9 + R_{12}) = 0 \quad (1)$$

Однократной регулировкой значения заземленного конденсатора 19(C19) плоская вершина импульсного сигнала неравновесия приводится к нулю, тем самым выполняется первое условие равновесия моста (1). Равновесие моста здесь и в

15

дальнейшем отмечается по нуль-индикатору 21 (осциллографу), при этом подача сигнала синхронизации со второго выхода генератора на второй вход нуль-

индикатора 21 обеспечивает устойчивость его показаний. Далее подаем на мост последовательность импульсов линейно изменяющегося напряжения. При воздействии

20

очередного такого импульса на выходе моста, после окончания переходного процесса, устанавливается импульсный сигнал неравновесия с плоской вершиной. Второе

условие равновесия моста

25

$$R_{13}[(C_{15} + C_{19})(R_{16} + R_{20})C_{11}R_9 + C_{15}C_{19}R_{16}R_{20}] - C_{14}[(R_{16} + R_{20})(C_{11}R_9R_{12} + L_{10}) + C_{15}R_{16}R_{20}(R_9 + R_{12})] = 0 \quad (2)$$

Выполнить его можно регулировкой сопротивления регулируемого заземленного резистора 20(R20). Однократной регулировкой значения этого резистора приводим плоскую вершину импульсного сигнала неравновесия к нулю, т.е. выполняем второе

30

условие равновесия (2), при этом первое условие (1) не нарушается, т.к. регулируемый здесь параметр 20(R20) в него не входит. После этого подаем на мост с генератора

последовательность квадратичных импульсов. При воздействии очередного импульса, после окончания переходного процесса, на выходе моста устанавливается импульсный сигнал неравновесия с плоской вершиной. Третье условие равновесия моста

35

$$(C_{15} + C_{19})C_{11}R_{13}[L_{10}(R_{16} + R_{20}) + C_{15}C_{19}R_{13}R_{20}(C_{11}R_9R_{16} + L_{17}) - C_{14}[L_{10}C_{11}R_{12}(R_{16} + R_{20}) + L_{17}C_{15}R_{20}(R_9 + R_{12}) + (C_{11}R_9R_{12} + L_{10})(C_{15}R_{16}R_{20} + L_{17})] = 0 \quad (3)$$

40

Однократной регулировкой заземленной индуктивности 17(L17) приводим плоскую вершину импульсного напряжения неравновесия к нулю и выполняем третье условие равновесия (3), при этом первые два условия равновесия (1), (2) не нарушаются, т.к. регулируемый здесь параметр 17(L17) в них не входит. После этого подаем на мост с

45

генератора последовательность кубичных импульсов. При воздействии очередного импульса, после окончания переходного процесса, на выходе моста устанавливается импульсный сигнал неравновесия с плоской вершиной. Четвертое условие равновесия моста

50

$$C_{11}\{L_{10}L_{17}C_{14}R_9(R_{16} + R_{18} + R_{20}) + C_{15}C_{19}R_{20}[L_{10}R_{13}R_{16}R_{18} + L_{17}R_9R_{13}(R_{16} + R_{18})]\} - C_{14}C_{15}R_{20}[L_{10}C_{11}R_{12}R_{16}R_{18} + L_{17}(C_{11}R_9R_{12} + L_{10})(R_{16} + R_{18})] = 0 \quad (4)$$

Однократной регулировкой сопротивления регулируемого резистора 18(R18) приводим плоскую вершину импульсного напряжения неравновесия к нулю и выполняем четвертое условие равновесия (4), при этом первые три условия равновесия (1)-(3) не нарушаются, т.к. регулируемый здесь параметр 18(R18) в них не

Из приведенного вытекает, что мостовая цепь (Фиг.1) обладает свойством отдельного независимого уравнивания, и уравнивание следует проводить в приведенной выше последовательности 19(C19), 20(R20), 17(L17), 18(R18). Из четырех уравнений [четыре условия равновесия (1)-(4)] берется отсчет искомого четырех параметров: 9(R9), 10(L10), 11(C11), 12(R12). Значения параметров элементов 13(R13), 14(C14), 15(C15), 16(R16) являются постоянными и известными. Все регулируемые уравнивающие элементы - 19(C19), 20(R20), 17(L17), 18(R18) заземлены. Значения их параметров являются известными.

Таким образом, данный мостовой измеритель параметров двухполюсников позволяет реализовать отдельное уравнивание мостовой цепи при выполнении однократных регулировок значений уравнивающих параметров, что упрощает и ускоряет проведение измерений. Все регулируемые элементы уравнивания заземлены, что исключает составляющие погрешности от паразитных емкостей незаземленных уравнивающих элементов мостовой цепи и от нестабильности этих паразитных емкостей.

#### Формула изобретения

Мостовой измеритель параметров двухполюсников, содержащий генератор питающих импульсов, который состоит из формирователей импульсов с изменением напряжения в течение их длительности по закону  $K_0t^0$ ,  $K_1t^1$ ,  $K_2t^2$  и  $K_3t^3$ , где  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  - постоянные коэффициенты, а  $t$  - текущее время, из коммутатора, из усилителя мощности и блока синхронизации, выход каждого формирователя импульсов соединен с соответствующим входом коммутатора, выход его подключен к входу усилителя мощности, выход которого образует первый выход генератора импульсов относительно «земли», выход блока синхронизации соединен с входом (входом синхронизации) каждого формирователя импульсов, а также выход его образует второй выход (выход синхронизации) генератора импульсов относительно «земли», общая шина генератора импульсов заземлена; первый выход генератора импульсов подключен к входу четырехплечей мостовой цепи, который образует общий вывод двух параллельно включенных ветвей моста, первую ветвь образуют последовательно соединенные две клеммы для подключения двухполюсников объектов измерения и одиночный резистор первого плеча отношения мостовой цепи, первая клемма подключена к первому выходу генератора импульсов, двухполюсник объекта измерения, в частности, состоит из последовательно соединенных первого резистора и катушки индуктивности, параллельно которым включен конденсатор, а также последовательно с трехэлементной цепью включен второй резистор, свободный вывод одиночного резистора заземлен, а общий вывод его и второй клеммы для подключения двухполюсников объектов измерения образует первый вывод выхода мостовой цепи, вторая ветвь мостовой цепи образована последовательно соединенными одиночным конденсатором второго плеча отношения моста и двухполюсником элементов уравнивания мостовой цепи, состоящим из последовательно соединенных первого конденсатора, первого резистора и катушки индуктивности, параллельно которой включен второй резистор, свободный вывод



одинокного конденсатора подключен к первому выходу генератора импульсов, свободный общий вывод катушки индуктивности и второго резистора заземлен, общий вывод однокного конденсатора и двухполюсника элементов  
5 уравнивания моста образует второй вывод выхода мостовой цепи; нуль-индикатор, первый вход которого (дифференциальный вход) соединяется с двумя выводами выхода мостовой цепи, второй его вход (вход синхронизации) соединен с вторым выходом генератора импульсов, общая шина нуль-индикатора заземлена, отличающийся тем, что введены дополнительный конденсатор и дополнительный  
10 резистор, они введены в двухполюсник с уравнивающими элементами мостовой цепи, дополнительный конденсатор включен между вторым выводом выхода моста и «землей», а дополнительный резистор - между общим выводом первого конденсатора и первого резистора второй ветви моста и «землей».

15

20

25

30

35

40

45

50