



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2012106963/28, 27.02.2012**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.02.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **27.02.2012**(45) Опубликовано: **20.08.2013** Бюл. № 23(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **SU 960657 A1, 23.09.1982. SU 769449 A2, 07.10.1980. SU 1298685 A1, 23.03.1987. SU 1827641 A1, 15.07.1993. US 0006441601 B1, 27.08.2002.**

Адрес для переписки:

**350040, г.Краснодар, ул. Ставропольская,
149, Кубанский государственный
университет, отдел интеллектуальной
собственности**

(72) Автор(ы):

**Богатов Николай Маркович (RU),
Григорьян Леонтий Рустемович (RU),
Митина Ольга Евгеньевна (RU),
Сахно Мария Александровна (RU),
Омельченко Анатолий Николаевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Кубанский государственный университет"
(ФГБОУ ВПО "КубГУ") (RU)**

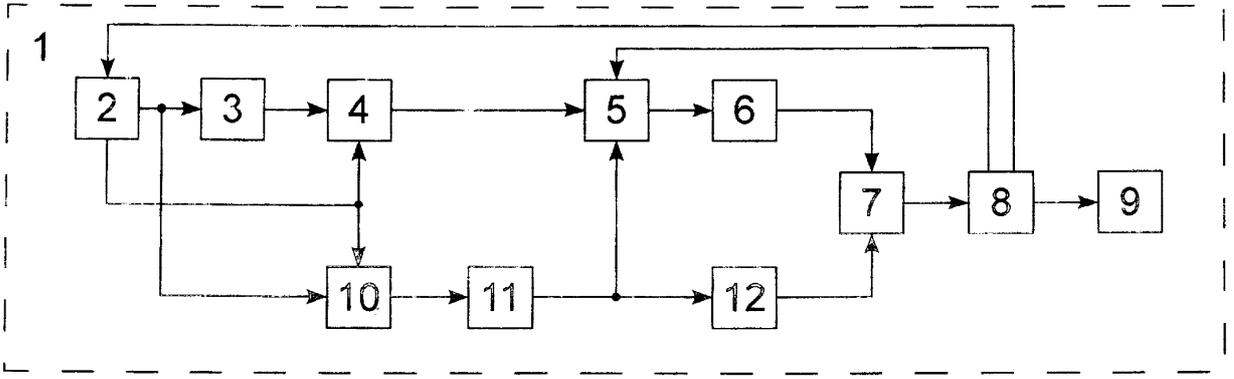
(54) ИЗМЕРИТЕЛЬ ФАЗОВЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ МАСШТАБНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для определения фазовых погрешностей масштабных преобразователей, предназначенных для работы в широком частотном и динамическом диапазонах входных сигналов. Предлагаемый измеритель фазовых погрешностей состоит из управляемого источника испытательных сигналов, исследуемого масштабного преобразователя, первого и второго

преобразователей частоты, первого и второго усилителей-ограничителей, фазового детектора микроконтроллера, жидкокристаллического индикатора и снабжен дополнительным масштабным преобразователем и управляемым коммутатором сигналов. Введение дополнительных элементов и связи между всеми элементами обеспечивают технический результат, заключающийся в повышении точности измерения фазовых погрешностей масштабного преобразователя. 1 ил.

RU 2490660 C1



RU 2490660 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01R 35/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2012106963/28, 27.02.2012

(24) Effective date for property rights:
27.02.2012

Priority:

(22) Date of filing: 27.02.2012

(45) Date of publication: 20.08.2013 Bull. 23

Mail address:

350040, g.Krasnodar, ul. Stavropol'skaja, 149,
Kubanskij gosudarstvennyj universitet, otdel
intellektual'noj sobstvennosti

(72) Inventor(s):

**Bogatov Nikolaj Markovich (RU),
Grigor'jan Leontij Rustemovich (RU),
Mitina Ol'ga Evgen'evna (RU),
Sakhno Marija Aleksandrovna (RU),
Omel'chenko Anatolij Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Kubanskij
gosudarstvennyj universitet" (FGBOU VPO
"KubGU") (RU)**

(54) SCALE CONVERTER PHASE ERROR METER

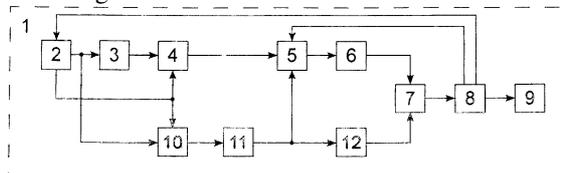
(57) Abstract:

FIELD: instrument making.

SUBSTANCE: proposed meter comprises test signal controlled source, tested scale converter, first and second frequency inverters, first and second limiting amplifiers, microcontroller phase detector and LC indicator. Besides, it includes extra scale converter and controlled signal switch.

EFFECT: higher accuracy of measurements.

1 dwg



RU 2 490 660 C1

RU 2 490 660 C1

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для определения фазовых погрешности масштабных преобразователей, предназначенных для работы в широком частотном и динамическом диапазонах входных сигналов.

5 Прямое измерение фазовой погрешности масштабных преобразователей фазочувствительными устройствами (фазометрами) путем сравнения фаз входного и выходного сигналов контролируемого масштабного преобразователя
затруднительно, так как фазометры имеют существенную фаза-амплитудную погрешность. Отделить ее от фазовой погрешности масштабного преобразователя в
10 общем случае не представляется возможным [Клаассен К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. М.: Постмаркет. - 2002. - 352 с.].

Известно компенсационное устройство, содержащее образцовый и
15 контролируемый делитель напряжения, фазовращатель и схемы сравнения фаз, фазовые сдвиги контролируемых делителей измеряют по отношению к образцовому делителю напряжения с помощью фазовращателя [Кушнир Ф.В., Савченко В.Г., Верник С.М. Измерения в технике связи. М.: Связь. - 1976. - 332 с.].

Отсутствие образцовых фазонесдвигающих делителей напряжения для широкого
20 частотного диапазона не позволяет измерять малые фазовые сдвиги широкополосных делителей напряжения в широком диапазоне частот, что отражается на точности измерений.

Известно устройство для измерения сдвига фаз гармонических сигналов, содержащее формирователь импульсов, второй блок деления, блок
25 дифференцирования, первый и второй блоки выборки и хранения, первый блок деления, первый и второй компараторы, тригонометрический преобразователь, источник опорного напряжения, усилитель с регулируемым коэффициентом передачи, сумматор с соответствующими связями (патент РФ №2103698, МПК G01R 25/00).
30 Основной недостаток связан с тем, что данное устройство решает только задачу определения зависимости фазового сдвига четырехполюсников от частоты исследуемого сигнала, причем в килогерцовом диапазоне, где возможно измерение фазовых соотношений по мгновенным выборкам исследуемых сигналов.

Если масштабные преобразователи работают в частотном диапазоне, где измерение
35 фазовых сдвигов возможно только с преобразованием частоты исследуемых сигналов, то собственная фаза-амплитудная погрешность преобразователя частоты является доминирующей, на уровне которой оценить собственную фазовую погрешность масштабного преобразователя практически невозможно.

40 В качестве наиболее близкого аналога взят фазометр [авторское свидетельство СССР №960657, МПК G01R 25/00]. Он содержит аттенюаторы, преобразователи частоты, избирательные усилители, усилители-ограничители, фазовые детекторы, элемент И, пересчетные элементы, реверсивный счетчик, цифровой регистрирующий блок, блок управления, кварцевый генератор, управляемые генераторы, делитель. В
45 устройстве для исключения фаза-амплитудной погрешности преобразователей частоты, процесс измерения осуществляется с изменением частоты управляемого генератора (гетеродина) от $\omega_{Г1} = \omega_{ОП} - \omega_{Р}$ до $\omega_{Г2} = \omega_{ОП} + \omega_{Р}$, где: $\omega_{ОП}$ - частота опорного сигнала, $\omega_{Г}$ - частота гетеродинного сигнала, $\omega_{Р}$ - частота разностного сигнала, и
50 поскольку знак фаза-амплитудной погрешности преобразователей частоты не меняется (так как при изменении частоты управляемого генератора никаких изменений амплитуд сигнала не происходит), то сравнивая результаты двух измерений можно отделить фазовый сдвиг от собственной погрешности фазометра.

Однако при исследовании масштабного преобразователя кроме необходимости исключения фазовой погрешности преобразователей частоты возникает задача минимизации погрешности измерения фазового сдвига уже на промежуточной частоте, вследствие большого неравенства амплитуд входного и выходного сигналов масштабного преобразователя.

Таким образом, к недостаткам прототипа относятся недостаточная точность измерения фазовых погрешностей масштабных преобразователей.

Техническим результатом заявляемого изобретения является повышение точности измерения фазовых погрешностей масштабных преобразователей.

Технический результат достигается тем, что предлагаемый измеритель фазовых погрешностей состоит из управляемого источника испытательных сигналов, исследуемого масштабного преобразователя, первого преобразователя частоты, второго преобразователя частоты, первого и второго усилителя-ограничителей, фазового детектора, микроконтроллера, жидкокристаллического индикатора. Устройство снабжено дополнительным масштабным преобразователем и управляемым коммутатором сигналов.

Первый выход управляемого источника испытательных сигналов соединен со входом исследуемого масштабного преобразователя и сигнальным входом второго преобразователя частоты. Второй выход управляемого источника испытательных сигналов соединен с гетеродинными входами первого и второго преобразователя частоты. Выход исследуемого масштабного преобразователя соединен с сигнальным входом первого преобразователя частоты, выход которого через управляемый коммутатор сигналов подключен к входу первого усилителя-ограничителя, выход которого подсоединен к входу фазового детектора. Вход дополнительного масштабного преобразователя подключен к выходу второго преобразователя частоты, а его выходы подключены к входу управляемого коммутатора сигналов и к входу второго усилителя-ограничителя, выход которого подключен к входу фазового детектора. Выход первого преобразователя частоты соединен с входом управляемого коммутатора сигналов, выход которого подсоединен к входу первого усилителя-ограничителя.

Отличие предлагаемого измерителя фазовых погрешностей масштабного преобразователя от прототипа заключается в том, что в него дополнительно введены управляемый коммутатор сигналов и дополнительный масштабный преобразователь. Эти дополнительные элементы позволяют производить измерение фазовой погрешности, сравниваемых по фазе сигналов, предварительно выровненных по амплитуде за счет организации коммутационного алгоритма, обеспеченного имеющимися соответствующими соединениями, и соответственно исключить собственную фазовую погрешность измерителя, а, следовательно, повысить точность и достоверность измерения фазовой погрешности.

На чертеже представлена функциональная схема измерителя фазовых погрешностей масштабного преобразователя.

Измеритель фазовых погрешностей масштабного преобразователя 1 состоит из управляемого источника испытательных сигналов 1, первым выходом соединенный с исследуемым масштабным преобразователем 3. Первый преобразователь частоты 4 сигнальным входом соединен с исследуемым масштабным преобразователем 3, а затем последовательно с управляемым коммутатором сигналов 5, первым усилителя-ограничителя 6, фазовым детектором 7, микроконтроллером 8, жидкокристаллическим индикатором 9.

Управляемый источник испытательных сигналов 2 своим вторым выходом подключен к гетеродинному входу первого преобразователя частоты 4 и к гетеродинному входу второго преобразователя частоты 10, сигнальный вход которого подключен к первому выходу управляемого источника испытательных сигналов 2, а выход подключен к входу дополнительного масштабного преобразователя 11, выход которого подключен к входу управляемого коммутатора сигналов 5 и к входу второго усилителя-ограничителя 12, выход которого подключен к входу фазового детектора 7. Микроконтроллер 8 своими выходами подключен к входам управляемого источника испытательных сигналов 2 и управляемого коммутатора сигналов 5.

Измеритель фазовых погрешностей масштабного преобразователя работает следующим образом.

С первого выхода управляемого источника испытательных сигналов 2 измерителя фазовых погрешностей масштабного преобразователя 1 поступает опорный сигнал на исследуемый масштабный преобразователь 3, с выхода которого поступает сигнал на сигнальный вход первого преобразователя частоты 4, на гетеродинный вход преобразователя частоты 4 поступает гетеродинный сигнал со второго выхода управляемого источника испытательных сигналов 2. С выхода первого преобразователя частоты 4 сигнал разностной частоты поступает на первый вход управляемого коммутатора сигналов 5, на второй вход которого поступает сигнал с выхода дополнительного масштабного преобразователя 11, на вход которого с выхода второго преобразователя частоты 10 поступает сигнал разностной частоты, формируемый вторым преобразователем частоты 10, на сигнальный вход которого поступает опорный сигнал с первого выхода управляемого источника испытательных сигналов 2, а на гетеродинный вход поступает гетеродинный сигнал со второго выхода управляемого источника испытательных сигналов 2. С выхода управляемого коммутатора сигналов 5 сигналы поступают на первый усилитель-ограничитель 6, с выхода которого на первый вход фазового детектора 7. На другой вход фазового детектора 7 сигнал с выхода второго усилителя-ограничителя 12, на вход которого поступает сигнал с выхода дополнительного масштабного преобразователя 11. С выхода фазового детектора 7 сигнал, пропорциональный разности фаз поступает на вход микроконтроллера 8, с выхода которого, сигнал поступает на вход жидкокристаллического индикатора 9.

Измерение фазовых погрешности происходит за 2 цикла, каждый из которых состоит из 2 тактов и формируются по сигналам от микроконтроллера 8, поступающим на входы управляемого источника испытательных сигналов 2 и управляемого коммутатора сигналов 5.

В первом цикле измерения сигналы на входе исследуемого масштабного преобразователя 3, на гетеродинном входе первого преобразователя частоты 4 и на входе дополнительного масштабного преобразователя 11 имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} U_{\text{оп}}(t) &= U_{\text{оп}} \sin(\omega_{\text{оп}} t + \varphi_{\text{оп}}) \\ U_{\text{Г}}(t) &= U_{\text{Г}} \sin(\omega_{\text{Г}} t + \varphi_{\text{Г}}) \\ U_{\text{Р}}(t) &= U_{\text{Р}} \sin(\omega_{\text{Р}} t + \varphi_{\text{Р}}) \end{aligned} \quad (1)$$

где: $U_{\text{оп}}$ - амплитуда опорного сигнала, $\omega_{\text{оп}}$ - частота опорного сигнала, $\varphi_{\text{оп}}$ - начальная фаза опорного сигнала, $U_{\text{Г}}$ - амплитуда гетеродинного сигнала, $\omega_{\text{Г}}$ - частота гетеродинного сигнала, $\varphi_{\text{Г}}$ - начальная фаза гетеродинного сигнала, $U_{\text{Р}}$ - амплитуда разностного сигнала, $\omega_{\text{Р}}$ - частота разностного сигнала, $\varphi_{\text{Р}}$ - начальная

фаза разностного сигнала. Частота гетеродинного сигнала ω_{Γ} на втором выходе источника испытательных сигналов 2 устанавливается равной:

$$\omega_{\Gamma} = \omega_{\text{ОП}} - \omega_{\text{Р}} \quad (2)$$

Тогда, в первом такте первого цикла измерения на выходе фазового детектора 7 имеем:

$$\Phi_1 = \Phi_{\text{ИМП}} + \Phi_{\text{ПЧ}} + \Delta\Phi_{\text{ПЧ}} - \Phi_{\text{Д}} + \Delta\Phi_{\text{f}} + \Delta\Phi_{\text{У}} \quad (3)$$

где: $\Phi_{\text{ИМП}}$ - измеряемый фазовый сдвиг исследуемого масштабного преобразователя; $\Phi_{\text{ПЧ}}$ - фазовый сдвиг преобразователя частоты 4, обусловленный отличием амплитуды сигналов на сигнального и гетеродинного входах; $\Delta\Phi_{\text{ПЧ}}$ - разность фазовых сдвигов преобразователей частоты при начальных уровнях сигналов на сигнальном и гетеродинном входе с учетом начальных фаз Φ_{Γ} и $\Phi_{\text{ОП}}$; $\Phi_{\text{Д}}$ - фазовый сдвиг дополнительного масштабного преобразователя 10; $\Delta\Phi_{\text{f}}$ - разность фазовых сдвигов усилителей-ограничителей, обусловленная неидентичностью их фазочастотных характеристик; $\Delta\Phi_{\text{У}}$ - разность фазовых сдвигов усилителей-ограничителей, обусловленная неидентичностью из фаза-амплитудных характеристик.

Во втором такте первого цикла измерения с выхода дополнительного масштабного преобразователя 11 сигнал поступает на вход усилителя-ограничителя 12 и через управляемый коммутатор сигналов 5 на вход усилителя-ограничителя 6, и результат измерения на выходе фазового детектора 7 равен:

$$\Phi_2 = \Delta\Phi_{\text{f}} + \Delta\Phi_{\text{У}} \quad (4)$$

Сравниваем результаты в обоих тактах за первый цикл измерения, имеем:

$$\Phi_{\text{Ц1}} = \Phi_1 - \Phi_2 = \Phi_{\text{ИМП}} + \Phi_{\text{ПЧ}} + \Delta\Phi_{\text{ПЧ}} - \Phi_{\text{Д}} \quad (5)$$

Во втором цикле измерения частота гетеродинного сигнала ω_{Γ} на втором выходе источника испытательных сигналов 2 устанавливается равной:

$$\omega_{\Gamma} = \omega_{\text{ОП}} + \omega_{\text{Р}} \quad (6)$$

Тогда, в первом такте второго цикла результат измерения на выходе фазового детектора 7 будет вычислен по формуле:

$$\Phi_3 = -\Phi_{\text{ИМП}} + \Phi_{\text{ПЧ}} + \Delta\Phi_{\text{ПЧ}} - \Phi_{\text{Д}} + \Delta\Phi_{\text{f}} + \Delta\Phi_{\text{У}} \quad (7)$$

Во втором такте второго цикла с выхода дополнительного масштабного преобразователя 11 сигнал поступает на вход усилителя-ограничителя 12 и через управляемый коммутатор сигналов 5 на вход усилителя-ограничителя 6, и результат измерения на выходе фазового детектора 7 будет определен как равный:

$$\Phi_4 = \Delta\Phi_{\text{f}} + \Delta\Phi_{\text{У}} \quad (8)$$

Сравнивая результаты в обоих тактах второго цикла измерения имеем:

$$\Phi_{\text{Ц2}} = \Phi_3 - \Phi_4 = -\Phi_{\text{ИМП}} + \Phi_{\text{ПЧ}} + \Delta\Phi_{\text{ПЧ}} - \Phi_{\text{Д}} \quad (9)$$

Сравнивая результаты измерения первого и второго циклов измерения получаем:

$$\Delta\Phi_{\text{Ц}} = \Phi_{\text{Ц1}} - \Phi_{\text{Ц2}} = 2\Phi_{\text{ИМП}} \quad (10)$$

Находим измеряемый фазовый сдвиг исследуемого масштабного преобразователя 3:

$$\Phi_{\text{ИМП}} = \frac{1}{2}\Delta\Phi_{\text{Ц}} \quad (11)$$

Таким образом, введение в схему измерения дополнительного масштабного преобразователя, позволяющего выровнять уровни исследуемых сигналов и управляемого коммутатора сигналов, реализующего коммутационный алгоритм работы измерителя фазовой информации, через соответствующие связи позволяет исключить фаза-амплитудную и фазочастотную погрешности усилителей-

ограничителей и тем самым повысить точность измерения фазовых сдвигов масштабного преобразователя. Одновременно введение соответствующих циклов измерения в измерительный процесс позволяет исключить собственную фазовую погрешность дополнительного масштабного преобразователя. В целом указанные отличия позволяют решить задачу измерения фазовой погрешности масштабных преобразователей независимой от погрешности фазаизмерительного устройства.

Предлагаемое техническое решение является новым, обладает изобретательским уровнем и промышленно применимо, т.е. удовлетворяет критериям, предъявляемым к изобретениям.

Формула изобретения

Измеритель фазовых погрешностей, состоящий из управляемого источника испытательных сигналов, исследуемого масштабного преобразователя, первого и второго преобразователей частоты, первого и второго усилителя-ограничителей, фазового детектора, микроконтроллера, жидкокристаллического индикатора, отличающийся тем, что устройство снабжено дополнительным масштабным преобразователем и управляемым коммутатором сигналов, при этом первый выход управляемого источника испытательных сигналов соединен со входом исследуемого масштабного преобразователя и сигнальным входом второго преобразователя частоты, второй выход управляемого источника испытательных сигналов соединен с гетеродинным входами первого и второго преобразователей частоты, выход исследуемого масштабного преобразователя соединен с сигнальным входом первого преобразователя частоты, выход которого через управляемый коммутатор сигналов подключен к входу первого усилителя-ограничителя, выход которого подсоединен к входу фазового детектора, вход дополнительного масштабного преобразователя подключен к выходу второго преобразователя частоты, а его выходы подключены к входу управляемого коммутатора сигналов и к входу второго усилителя-ограничителя, выход которого подключен к входу фазового детектора, который своим выходом последовательно соединен с микроконтроллером и жидкокристаллическим индикатором, кроме того микроконтроллер своими управляемыми выходами соединен с управляемым источником испытательных сигналов и управляемым коммутатором сигналов.