



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 201 041** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **H 04 R 1/44, 29/00, G 01 S 15/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

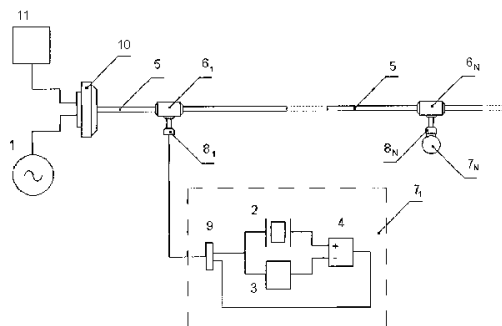
(21), (22) Заявка: 2000119380/28, 21.07.2000
(24) Дата начала действия патента: 21.07.2000
(43) Дата публикации заявки: 20.06.2002
(46) Дата публикации: 20.03.2003
(56) Ссылки: DE 3322765 A, 03.03.1987. US 5654937 A, 05.08.1997. US 5742559 A, 21.04.1998. US 4233677 A, 11.11.1980. US 4908800 A, 13.03.1990. US 4648078 A, 03.03.1987. RU 2042283 C1, 20.08.1995 RU 2104519 C1, 10.02.1998. RU 2050555 C1, 20.12.1995.
(98) Адрес для переписки:
141570, Московская обл., Солнечногорский р-н,
п/о Менделеево, ГП "ВНИИФТРИ"

(71) Заявитель:
Государственное предприятие "Всероссийский
научно-исследовательский институт
физико-технических и радиотехнических
измерений"
(72) Изобретатель: Некрасов В.Н.,
Савостин Ю.М.
(73) Патентообладатель:
Государственное предприятие "Всероссийский
научно-исследовательский институт
физико-технических и радиотехнических
измерений"

(54) ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ АНТЕННА

(57)
Изобретение относится к области гидроакустики. Предложена гидроакустическая антенна, содержащая многожильный кабель с подключенными N пьезопреобразователями, выходы которых подключены к N предварительным усилителям, а также генератор тестового сигнала, подключенный к входам N пьезопреобразователей гидроакустической антенны. Антенна дополнительно содержит N электрических эквивалентов, каждый из которых выполнен в виде неполяризованного элемента пьезопреобразователя, а каждый предварительный усилитель выполнен по схеме дифференциального усилителя, неинвертирующий вход которого подключен к пьезопреобразователю, а инвертирующий вход - к электрическому эквиваленту. Пьезопреобразователи, электрические эквиваленты и предварительные усилители

объединены в съемные модули, а в многожильный кабель вмонтированы унифицированные посадочные места с возможностью подключения к ним съемных модулей. В результате упрощается процедура контроля, а также получается возможность настройки гидроакустической антенны на ее штатном месте. 1 ил.



RU 2 201 041 C2

RU 2 201 041 C2



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 201 041** ⁽¹³⁾ **C2**
 (51) Int. Cl.⁷ **H 04 R 1/44, 29/00, G 01 S**
15/00

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

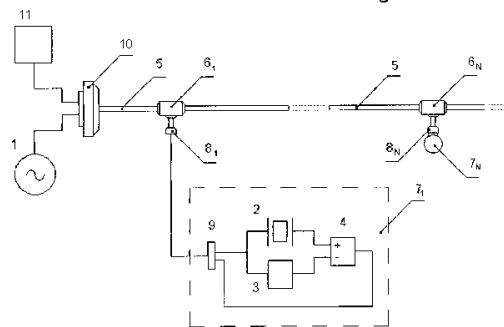
(21), (22) Application: 2000119380/28 , 21.07.2000
 (24) Effective date for property rights: 21.07.2000
 (43) Application published: 20.06.2002
 (46) Date of publication: 20.03.2003
 (98) Mail address:
 141570, Moskovskaja obl., Solnechnogorskij r-n,
 p/o Mendeleevo, GP "VNIIFTRI"

(71) Applicant:
 Gosudarstvennoe predpriyatie "Vserossijskij
 nauchno-issledovatel'skij institut
 fiziko-tehnicheskikh i radiotekhnicheskikh
 izmerenij"
 (72) Inventor: Nekrasov V.N.,
 Savostin Ju.M.
 (73) Proprietor:
 Gosudarstvennoe predpriyatie "Vserossijskij
 nauchno-issledovatel'skij institut
 fiziko-tehnicheskikh i radiotekhnicheskikh
 izmerenij"

(54) **UNDERWATER ACOUSTIC ANTENNA**

(57) Abstract:
 FIELD: hydroacoustics. SUBSTANCE:
 proposed antenna has multiconductor cable
 connected to N piezoelectric converters
 whose outputs are connected to N
 preamplifiers, and also test-signal
 generator connected to inputs of N
 piezoelectric converters of underwater
 acoustic antenna. The latter has in addition
 N electric equivalents, each of them being
 made in the form of nonpolarized component
 of piezoelectric converter; each
 preamplifier uses differential amplifier
 circuit arrangement whose noninverting input
 is connected to piezoelectric converter and
 inverting one, to electric equivalent.
 Piezoelectric converters, electric
 equivalents, and preamplifiers are

integrated into plug-in modules; unified
 seats are built in multiconductor cable for
 connecting plug-in modules to them. EFFECT:
 facilitated monitoring and adjusting of
 antenna on its installation site. 1 dwg



RU 2 201 041 C2

RU 2 201 041 C2

Изобретение относится к области гидроакустики и может быть использовано для проверки работоспособности различных рабочих средств измерений, выполненных на базе пьезопреобразователей, расположенных на их штатном месте в натуральных условиях, например гидроакустических антенн.

Известна гидроакустическая антенна [1], у которой проверку работоспособности пьезопреобразователей проводят в лабораторных условиях после демонтажа антенны на штатном месте.

Недостатком такой антенны является необходимость ее демонтажа для проверки работоспособности и последующего монтажа на штатное место после ее испытаний и настройки в лабораторных условиях.

Известна гидроакустическая антенна, содержащая многожильный кабель и N пьезопреобразователей с N соответствующими предварительными усилителями, выходы которых подключены к соответствующим сигнальным жилам кабеля. Кроме этого, в состав антенны входит генератор тестового сигнала, подключенный к входам N пьезопреобразователей гидроакустической антенны [2].

Данная гидроакустическая антенна [2] принята за прототип заявленной антенны.

Недостатком прототипа является невозможность контроля работоспособности гидроакустической антенны в натуральных условиях при небольших значениях изменений чувствительности ее пьезопреобразователей и невозможность замены неработоспособных пьезопреобразователей на штатном месте антенны.

Техническим результатом, получаемым от внедрения изобретения, является упрощение процедуры контроля, а также получение возможности настройки гидроакустической антенны на ее штатном месте.

Данный технический результат достигается за счет того, что гидроакустическая антенна, содержащая многожильный кабель с подключенными N пьезопреобразователями, выходы которых подключены к N предварительным усилителям, а также генератор тестового сигнала, подключенный к входам N пьезопреобразователей гидроакустической антенны, дополнительно содержит N электрических эквивалентов, каждый из которых выполнен в виде неполяризованного элемента пьезопреобразователя, а каждый из предварительных усилителей выполнен по схеме дифференциального усилителя, неинвертирующий вход которого подключают к пьезопреобразователю, а инвертирующий вход - к электрическому эквиваленту, при этом электрические эквиваленты и предварительные усилители объединены в съемные модули, а в многожильный кабель вмонтированы унифицированные посадочные места с возможностью подключения к ним съемных модулей.

Изобретение поясняется чертежом, на котором представлена функциональная схема гидроакустической антенны.

Гидроакустическая антенна включает в себя генератор тестового сигнала 1, пьезопреобразователь 2, электрический эквивалент 3 и дифференциальный предварительный усилитель 4.

Гидроакустическая антенна содержит многожильный кабель 5 с N посадочными местами b_1, \dots, b_N для подключения к антенне гидрофонов $7_1, \dots, 7_N$. Посадочные места имеют герморазъемы $8_1, \dots, 8_N$. Каждый гидрофон 7 включает в себя пьезопреобразователь 2, электрический эквивалент 3, дифференциальный предварительный усилитель 4 и герморазъем 9, являющийся ответным к герморазъему 8 посадочного места 6. Корпус каждого гидрофона 7 имеет присоединительные размеры, соответствующие присоединительным размерам посадочного места 6. Посадочные места 6 позволяют осуществлять механическое крепление гидрофонов 7 на многожильном кабеле 5, а герморазъемы 8 и 9 - передавать электрические сигналы из гидрофонов и в гидрофоны.

Антенна на конце имеет фланец 10, через который подключается генератор тестового сигнала 1, обрабатывающая и регистрирующая аппаратура 11. Выходные сигналы дифференциальных предварительных усилителей через герморазъемы 8 и 9 подаются в многожильный кабель 5 и далее на аппаратуру 11. С другой стороны, тестовый сигнал с генератора 1 через многожильный кабель 5, герморазъемы 8 и 9 подается на пьезопреобразователи 2 и электрические эквиваленты 3.

Возможность реализации способа контроля изменений чувствительности гидроакустического пьезопреобразователя в натуральных условиях основана на том, что на частотах менее десятой части от частоты первого резонанса пьезопреобразователя его чувствительность прямо пропорциональна модулю произведения частоты на комплексный электрический импеданс (далее по тексту импеданс) пьезопреобразователя [3].

Обозначим \tilde{z}_0, \tilde{z} - импедансы

пьезопреобразователя 3 при нормальных и натуральных условиях, \tilde{z}_+, \tilde{z}_- - входные

сопротивления (которые в общем случае комплексные) неинвертирующего и инвертирующего входов дифференциального предварительного усилителя, \tilde{z}_a - импеданс

электрического эквивалента пьезопреобразователя, $\tilde{k}_1, \tilde{k}_2, \tilde{k}$ -

комплексные коэффициенты передачи от генератора тестового сигнала 1 к неинвертирующему входу, к инвертирующему входу и к выходу дифференциального предварительного усилителя.

Представим комплексные импедансы, входные сопротивления и коэффициенты передачи в виде модуля и фазы

$$\tilde{z} = z e^{i\varphi}, \tilde{z}_0 = z_0 e^{i\varphi_0}, \tilde{z}_+ = z_+ e^{i\varphi_+},$$

$$\tilde{z}_- = z_- e^{i\varphi_-}, \tilde{z}_a = z_a e^{i\varphi_a},$$

$$k_+ = k_+ e^{i\phi_+}, \quad k_- = k_- e^{i\phi_-}, \quad k = k e^{i\phi}.$$

Таким образом, чувствительность E пьезопреобразователя

$$E \sim fz,$$

где f - частота.

Заранее, в лабораторных условиях можно определить $\tilde{z}_0, \tilde{z}_3, \tilde{z}_+, \tilde{z}_-$ и рассчитать

(или измерить) произведение fz_0 и \tilde{k}_- . Уже в

рабочих условиях, измеряя параметры выходного сигнала k и ϕ , можно рассчитать модуль и фазу коэффициента

передачи \tilde{k}_+ , а по ним - модуль импеданса

пьезопреобразователя в натуральных условиях z. Далее, рассчитав произведение fz и сравнив его с произведением fz_0 , можно делать выводы об изменении чувствительности пьезопреобразователя.

Будем считать дифференциальный предварительный усилитель идеальным, т.е. с выходным сигналом, в точности равным разности сигналов на неинвертирующем и инвертирующем входах. Тогда, если сигнал генератора синусоидальный

$$u(t) = u_0 \sin(\omega t),$$

где u_0 и $\omega = 2\pi f$ - амплитуда и круговая частота этого сигнала, то сигнал на выходе вычитающего устройства

$$u_{\text{вых}}(t) = u_0 \{k_+ \sin(\omega t + \phi_+) - k_- \sin(\omega t + \phi_-)\} = u_0 k \sin(\omega t + \phi).$$

Отсюда получаем выражения для модуля и фазы комплексного коэффициента передачи \tilde{k}

$$k = \sqrt{k_+^2 + k_-^2 - 2k_+ k_- \cos(\phi_+ - \phi_-)},$$

$$\text{tg}\phi = \frac{k_+ \sin\phi_+ - k_- \sin\phi_-}{k_+ \cos\phi_+ - k_- \cos\phi_-}.$$

Измерив k, ϕ и зная k_+, ϕ_+ , можно вычислить

$$k_+^2 = k^2 - k_-^2 + 2k k_- \cos(\phi_+ - \phi_-),$$

$$\phi_+ = \phi + \arcsin\left(\frac{k_-}{k_+} \sin(\phi_+ - \phi)\right),$$

знак перед косинусом разности необходимо выбирать из условия, чтобы значение k_+ было бы не отрицательным.

Рассмотрим коэффициент передачи \tilde{k}_+

$$\tilde{k}_+ = \frac{\tilde{z}_+}{z + \tilde{z}_+}.$$

Можно получить систему уравнений для определения z и ϕ

$$k_+^2 = \frac{\tilde{z}_+^2}{z^2 + \tilde{z}_+^2 + 2z\tilde{z}_+ \cos(\phi - \phi_+)}$$

$$\text{tg}\phi_+ = \frac{z \sin(\phi - \phi_+)}{z + \tilde{z}_+ \cos(\phi - \phi_+)}.$$

Решая полученную систему уравнений относительно z, получаем

$$z = \frac{\tilde{z}_+}{k_+} \sqrt{1 + k_+^2 - 2k_+ \cos\phi_+}.$$

В рабочем частотном диапазоне пьезопреобразователя выполняется условие $z_0 \ll z_+$, поэтому коэффициенты передачи k_+ и k_- будут практически равны 1, и при малых изменениях чувствительности тестовый сигнал на выходе вычитающего устройства будет отсутствовать. Для возможности контроля над изменением чувствительности необходимо выбирать частоту, на которой $z_0 \approx z_+$.

Для иллюстрации полученных результатов рассмотрим случай, когда в качестве электрического эквивалента 4 выбран конденсатор. Будем считать, что входные сопротивления дифференциального предварительного усилителя 5 являются чисто активными резисторами. Считая импеданс пьезопреобразователя чисто емкостным, получаем

$$\tilde{z} = \frac{1}{j\omega C},$$

$$\tilde{z}_0 = \frac{1}{j\omega C_0},$$

$$\tilde{z}_3 = \frac{1}{j\omega C_3},$$

$$\tilde{z}_+ = R_+,$$

$$\tilde{z}_- = R_-,$$

где j - мнимая единица, и, следовательно,

$$z = \frac{1}{\omega C},$$

$$z_0 = \frac{1}{\omega C_0},$$

$$z_3 = \frac{1}{\omega C_3}, \quad z_+ = R_+, \quad z_- = R_-,$$

$$\phi = -\frac{\pi}{2},$$

$$\phi_0 = -\frac{\pi}{2},$$

$$\phi_3 = -\frac{\pi}{2},$$

$$\phi_+ = 0,$$

$$\phi_- = 0.$$

Тогда

$$E \sim fz \sim \omega z \sim \frac{1}{C},$$

таким образом, изменение электрической емкости пьезопреобразователя 3 будет говорить об изменении его чувствительности. В этом случае

$$k_+ = \frac{\omega \tau_+}{\sqrt{1 + (\omega \tau_+)^2}},$$

$$k_- = \frac{\omega \tau_-}{\sqrt{1 + (\omega \tau_-)^2}},$$

$$\operatorname{tg} \Phi_{+} = \frac{1}{\omega \tau_{+}},$$

$$\operatorname{tg} \Phi_{-} = \frac{1}{\omega \tau_{-}},$$

где $\tau_{+} = R_{+}C$ и $\tau_{-} = R_{-}C_{0}$. Электрический эквивалент 4 выберем таким образом, чтобы выполнялось условие $R_{+}C_{0} = R_{-}C_{0} = \tau_{0}$, тогда суммарный коэффициент передачи

$$k^z = \frac{\omega^2 (\tau_{+}^2 - \tau_{-}^2)}{(1 + \omega^2 \tau_{+}^2)(1 + \omega^2 \tau_{-}^2)} = \frac{\omega^2 (\tau_{+}^2 - \tau_{0}^2)}{(1 + \omega^2 \tau_{+}^2)(1 + \omega^2 \tau_{0}^2)}.$$

При нормальных условиях $\tau = \tau_{0}$ и $k=0$. При малых изменениях чувствительности пьезопреобразователя 2 $k \neq 0$ только на частотах вне рабочего диапазона. Действительно, в рабочем частотном диапазоне $z_{0} \ll z_{+}$, следовательно, $\omega \tau_{0} \gg 1$ и $\omega \tau_{+} \gg 1$ и тогда $k=0-0=0$. Вне рабочего частотного диапазона выполняется условие $z_{0} \sim z_{+}$, следовательно, $\omega \tau_{0} \sim 1$ и $\omega \tau_{+} \sim 1$. В этом случае даже при малых изменениях $\tau = \tau_{0} + d\tau$

$$k^z = \frac{2\omega^2 d\tau}{(1 + \omega^2 \tau_{0}^2)^2},$$

отметим, что $d\tau = R_{+}(C - C_{0})$, т.е. величина выходного сигнала прямо пропорциональна изменению емкости, а следовательно, и изменению чувствительности.

Гидроакустическая антенна для реализации способа работает следующим образом.

Устанавливают гидроакустическую антенну на ее штатное место. Включают генератор тестового сигнала 1 и подают тестовый сигнал через многожильный кабель 5 в гидрофоны 7 и далее на пьезопреобразователи 2 и электрические эквиваленты 3. Вследствие этого выходные сигналы гидрофонов будут содержать на частоте тестового сигнала некоторый сигнал, амплитуда которого прямо пропорциональна изменению чувствительности пьезопреобразователя 2.

Если величина изменения

чувствительности какого-либо из гидрофонов 7 выходит за рамки допустимых величин, то гидрофон демонтируют, заменяют его другим или подстраивают коэффициент усиления дифференциального предварительного усилителя.

Таким образом, процедура контроля работоспособности пьезопреобразователей предельно упрощена по сравнению с прототипом. Надежность контроля, особенно в области малых величин изменений чувствительности, значительно повышена, поскольку регистрируется непосредственно изменение чувствительности каждого пьезопреобразователя антенны. Тем самым достигается поставленный в заявке технический результат.

Источники информации

1. Патент США 4420825, кл. 367-122 (G 01 S 3/80), 1983.
2. Патент ФРГ 3322765, кл. H 04 R 29/00, 1985 - прототип способа и устройства.
3. Павлов Л.Е., Сильвестров С.В. Измерение и контроль чувствительности пьезопреобразователей на низких частотах. - Измерительная техника, 1979, 11, с.68 и 69.

Формула изобретения:

Гидроакустическая антенна, содержащая многожильный кабель с подключенными N пьезопреобразователями, выходы которых подключены к N предварительным усилителям, а также генератор тестового сигнала, подключенный к входам N пьезопреобразователей гидроакустической антенны, отличающаяся тем, что дополнительно содержит N электрических эквивалентов, каждый из которых выполнен в виде неполяризованного элемента пьезопреобразователя, а каждый предварительный усилитель выполнен по схеме дифференциального усилителя, неинвертирующий вход которого подключен к пьезопреобразователю, а инвертирующий вход - к электрическому эквиваленту, при этом пьезопреобразователи, электрические эквиваленты и предварительные усилители объединены в съемные модули, а в многожильный кабель вмонтированы унифицированные посадочные места с возможностью подключения к ним съемных модулей.