


 ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012104411/28, 08.02.2012

 (24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 08.02.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.02.2012

(45) Опубликовано: 10.09.2013 Бюл. № 25

 (56) Список документов, цитированных в отчете о
 поиске: RU 1140571 C, 27.10.1995. RU 2308053 C1,
 10.10.2007. RU 2258326 C1, 10.08.2005. RU
 2042283 C1, 20.08.1995. US 6208584 B1,
 27.03.2001. US 2008165617 A1, 10.07.2008.

Адрес для переписки:

 603022, г.Нижний Новгород, Окский съезд,
 2а, Филиал ОАО "Корпорация "Комета"-
 "КБ "Квазар"

(72) Автор(ы):

 Гушин Александр Антонович (RU),
 Земнюков Николай Евгеньевич (RU),
 Киселев Николай Константинович (RU),
 Милехин Анатолий Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

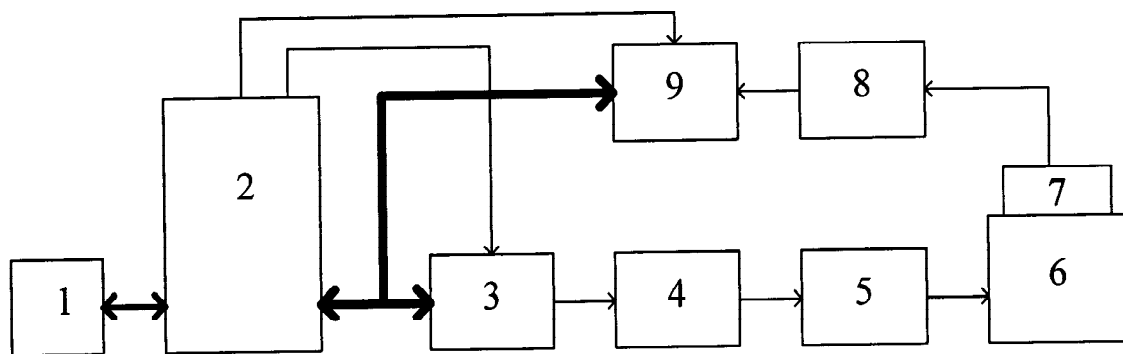
 Открытое акционерное общество
 "Корпорация космических систем
 специального назначения "Комета" (RU)

 (54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ И
 УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СПОСОБА

(57) Реферат:

Использование: в способе измерения мощности гидроакустического излучателя и устройстве для его осуществления. Сущность: измеряют колебательное ускорение излучающей поверхности излучателя под воздействием возбуждающего сигнала, для этого в состав излучателя введен акселерометр, а излучаемая мощность рассчитывается по формуле: $P_A = A^2 \cdot R_w / \omega^2$, где A - ускорение; ω - круговая частота тестового сигнала; R_w - сопротивление нагрузки излучателя со стороны жидкости. Устройство для осуществления способа включает микропроцессор 2, подключенный двунаправленной сигнальной шиной к интерфейсу связи 1, а двунаправленной шиной данных к цифровым входам данных ЦАП 3, тактовый вход которого подключен к первому

управляющему выходу микропроцессора 2, а выход подключен к цепочке из последовательно соединенных усилителя мощности 4, согласующего устройства 5 и гидроакустического излучателя 6, на излучающей поверхности которого механически закреплен акселерометр 7, выводы которого подключены к усилителю 8, выходом подключенного к входу АЦП 9, цифровые выходы которого соединены с двунаправленной шиной данных микропроцессора 2, второй управляющий выход которого соединен с тактовым входом АЦП 9. Технический результат: возможность использования для диагностики различных типов гидроакустических излучателей в реальных условиях их эксплуатации без привлечения дополнительных измерительных устройств. 2 н.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 2

RU 2 4 9 2 2 4 3 1 C 1

RU 2 4 9 2 2 4 3 1 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2012104411/28, 08.02.2012

(24) Effective date for property rights:
08.02.2012

Priority:

(22) Date of filing: 08.02.2012

(45) Date of publication: 10.09.2013 Bull. 25

Mail address:

603022, g.Nizhnij Novgorod, Okskij s"ezd, 2a,
Filial OAO "Korporatsija "Kometa"- "KB "Kvazar"

(72) Inventor(s):

Gushchin Aleksandr Antonovich (RU),
Zemnjukov Nikolaj Evgen'evich (RU),
Kiselev Nikolaj Konstantinovich (RU),
Milekhin Anatolij Grigor'evich (RU)

(73) Proprietor(s):

Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Korporatsija
kosmicheskikh sistem spetsial'nogo naznachenija
"Kometa" (RU)

(54) METHOD OF MEASUREMENT OF POWER OF UNDERWATER SOUND PROJECTOR AND DEVICE FOR IMPLEMENTATION OF METHOD

(57) Abstract:

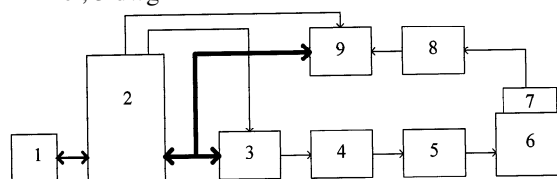
FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: vibrational acceleration of the emitting surface of the radiator under the influence of the excitation signal is measured, for this the accelerometer is integrated in the radiator, and the radiated power is calculated by the formula: $P_a = A^2 \cdot R_w / \omega^2$, where A is acceleration; ω is circular frequency of the test signal; R_w is load resistance of the radiator on the part of fluid. The device for implementation of the method comprises a microprocessor 2 connected by the bidirectional signal bus to the communication interface 1, and by the bidirectional data bus to the digital inputs of DAC 3, which clock input is connected to the first control output of the microprocessor 2, and the output is connected to a chain of serially connected power amplifier 4, matching device 5 and underwater sound projector 6 on which emitting surface the

accelerometer 7 is mechanically fixed, which outputs are connected to the amplifier 8, connected with the output to the input of the ADC 9, the digital outputs of which are connected to the bidirectional data bus of the microprocessor 2, the second control output of which is connected to the clock input of ADC 9.

EFFECT: ability to use to diagnose various types of underwater sound projectors in real conditions of their operation without use of additional measuring devices.

2 cl, 3 dwg



Фиг. 2

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для определения мощности гидроакустических излучателей разного типа, входящих в состав гидролокаторов, систем гидроакустической связи, телеметрии, комплексов гидроакустического телеуправления и т.д., в процессе их диагностики в реальных условиях эксплуатации.

Известен способ градуировки гидроакустических излучателей по чувствительности путем использования образцового измерительного гидрофона (приемника гидроакустических сигналов) [Л1, стр.38...40].

Образцовый гидрофон устанавливается в среде распространения (воде) на строго калиброванном расстоянии от контролируемого излучателя (не менее 1 м) и снабжен дополнительной измерительной аппаратурой. В процессе градуировки измеряется отклик образцового гидрофона на тестовый сигнал гидроакустического излучателя, по которому рассчитывается чувствительность излучателя S_u . Поскольку чувствительность излучателя есть отношение излучаемой гидроакустической мощности P_a к вызвавшему ее напряжению возбуждающего электрического сигнала U , то по найденному значению S_u и известному значению U можно определить мощность гидроакустического сигнала излучателя

$$P_a = S_u \cdot U.$$

Недостатком данного способа является то обстоятельство, что его можно использовать только для исходной градуировки гидроакустических излучателей и измерения их излучаемой мощности в стационарных условиях, при этом точность измерений снижается из-за возможных флуктуации водной среды между измерительным гидрофоном и контролируемым излучателем, в случаях, если при измерениях не обеспечен режим свободного поля для исключения появления отраженных сигналов.

Для диагностики гидроакустических излучателей в реальных условиях их эксплуатации с целью контроля мощности такой способ неприемлем. Кроме того, измерительная установка, реализующая такой способ, громоздка [Л1, с.159, рис.3.26].

Наиболее близким к изобретению в части способа по технической сущности и достигаемому результату является способ измерения мощности низкочастотного гидроакустического излучателя с внутренней воздушной полостью по патенту на изобретение RU №1140571. Особенностью такого способа является то, что измерительный гидрофон устанавливается во внутреннюю воздушную полость контролируемого излучателя, который погружают в жидкость. Измерительный гидрофон, находясь в воздушной полости внутри контролируемого излучателя, фиксирует воздушный акустический сигнал, который значительно слабее гидроакустического сигнала излучателя, поскольку воздух как среда распространения обладает существенно меньшими, чем вода, плотностью и упругостью, поэтому и чувствительность такого способа низкая.

Кроме того, способ применим только для гидроакустических излучателей больших размеров, имеющих внутри себя воздушные полости с объемом, достаточным для размещения измерительного гидрофона. Поскольку размеры излучающей поверхности излучателя соизмеримы с длиной волны излучаемого сигнала, то это в основном длинноволновые, т.е. низкочастотные излучатели диапазона до 1 кГц.

Прототипом устройства, в котором может быть реализован предлагаемый способ, является установка для автоматической градуировки гидроакустических излучателей с помощью образцового гидрофона [Л1, с.159, рис.3.26]. Эта схема воспроизведена на фиг.1.

Установка содержит:

- канал передачи, в котором сигнал генератора, проходя через предварительный усилитель, модулятор, усилитель мощности, схему согласования импедансов, поступает на контролируемый гидроакустический излучатель, излучающий акустический сигнал в воду;

- канал приема, в котором сигнал, принятый образцовым гидрофоном из воды, через усилители и фильтры, поступает на регистрирующие устройства;

- дополнительные приборы для измерения параметров электрических сигналов и устройства синхронизации.

Установка измеряет чувствительность контролируемого излучателя в диапазоне частот, но, как указывалось выше, позволяет косвенным путем рассчитать и акустическую мощность излучателя. Однако, она очень сложна и громоздка, использование такой установки для контроля работоспособности гидроакустических излучателей, установленных на объектах, в том числе и подвижных, в процессе их диагностики в реальных условиях эксплуатации, практически невозможно.

Технической задачей изобретения является разработка способа измерения мощности гидроакустического излучателя, который может быть использован для диагностики возможно большего числа разных типов гидроакустических излучателей в реальных условиях их эксплуатации без привлечения каких-либо дополнительных измерительных устройств, и создание устройства для реализации данного способа.

Решение технической задачи достигается за счет того, что в способе измерения мощности гидроакустического излучателя, заключающимся в том, что испытуемый излучатель погружают в жидкость, подают на излучатель тестовый (возбуждающий) синусоидальный сигнал заданной частоты (амплитуды), который заставляет вибрировать излучающую поверхность излучателя, измеряют установленным на излучающей поверхности излучателя акселерометром колебательное ускорение излучающей поверхности излучателя, колеблющейся под влиянием тестового сигнала, а мощность излучения P_A рассчитывают по формуле

$$P_A = A^2 \cdot R_w / \omega^2,$$

где A - среднеквадратическое значение ускорения в м/с^2 , измеренное акселерометром;

$\omega = 2\pi F$ (F - частота излучения в Гц, для конкретного излучателя она является заданной);

R_w - механическое сопротивление нагрузки на излучатель со стороны жидкости в кг/с , равное удельному волновому сопротивлению жидкости (для воды $1,5 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2\text{с}$), умноженному на площадь излучающей поверхности излучателя.

Если мощность находится в заданных пределах, делается вывод об исправности всего тракта передачи сигнала.

В устройство для осуществления способа измерения мощности гидроакустического излучателя, содержащее микропроцессор, подключенный двунаправленной сигнальной шиной к интерфейсу связи, а двунаправленной шиной данных к цифровым входам данных цифроаналогового преобразователя, тактовый вход которого подключен к первому управляющему выходу микропроцессора, а выход подключен к цепочке из последовательно соединенных усилителя мощности, согласующего устройства и гидроакустического излучателя, дополнительно введена цепочка из последовательно соединенных акселерометра, механически закрепленного на излучающей поверхности гидроакустического излучателя, усилителя и аналого-цифрового преобразователя, цифровые выходы которого соединены с

двунаправленной шиной данных микропроцессора, второй управляющий выход которого соединен с тактовым входом аналого-цифрового преобразователя.

Сущность предлагаемого технического решения поясняется фиг.2 и фиг.3. На фиг.2 представлена схема устройства, реализующего способ измерения мощности гидроакустического излучателя, где обозначено: 1 - интерфейс связи с внешними устройствами, задающими режимы работы излучателя и параметры излучаемых сигналов - как рабочих сигналов излучателя, так и тестового сигнала в режиме диагностики; 2 - микропроцессор, выполняющий функции управления устройством, обработки получаемых данных и формирования в цифровой форме подлежащих излучению сигналов, как рабочих, так и тестового; 3 - цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), преобразующий цифровой сигнал, формируемый микропроцессором, в соответствующий ему аналоговый сигнал; 4 - усилитель мощности аналогового сигнала, усиливающий аналоговый сигнал по электрической мощности, достаточной для обеспечения заданной гидроакустической мощности излучения; 5 - согласующее устройство, служащее для согласования выходного импеданса усилителя мощности с входным импедансом гидроакустического излучателя; 6 - гидроакустический излучатель; 7 - акселерометр; 8 - усилитель выходного сигнала акселерометра; 9 - аналого-цифровой преобразователь (АЦП), преобразующий сигнал акселерометра в цифровую форму для обработки его микропроцессором.

На фиг.3 представлен вариант конструкции пьезокерамического стержневого излучателя, наиболее распространенного типа гидроакустических излучателей, с акселерометром 7, где 10 - излучающая поверхность; 11 - пьезопакет; 12 - корпус; 13 - выводы пьезопакета; 14 - выводы акселерометра.

Предлагаемый способ измерения мощности гидроакустического излучателя, установленного на объекте в реальных условиях эксплуатации (для диагностики излучателя в целях проверки его работоспособности), осуществляется следующим образом. В режиме диагностики на излучатель 6 подается тестовый смодулированный электрический сигнал синусоидальной формы, с напряжением, равным максимальному напряжению сигнала в рабочем режиме и с частотой, равной несущей частоте сигнала в рабочем режиме. Акселерометр 7, жестко закрепленный на внутренней стороне вибрирующей излучающей поверхности 10 излучателя 6, измеряет колебательное ускорение A этой поверхности, которое при известной частоте излучения $F = \omega/2\pi$ и сопротивлении нагрузки излучателя со стороны воды R_w , однозначно определяет значение излучаемой мощности по приведенной выше формуле $P_A = A^2 \cdot R_w / \omega^2$.

Известно, что среднее за период значение мощности, излучаемое излучателем в среду распространения гидроакустического сигнала (воду) определяется соотношением

$$P_A = V^2 \cdot R_w, \quad (1)$$

где V - среднеквадратическое значение колебательной скорости излучающей поверхности излучателя;

R_w - активная составляющая механического сопротивления, которое испытывает излучающая поверхность со стороны воды.

Мгновенное значение излучаемой мощности

$$p_A(t) = v^2(t) \cdot R_w \quad (2)$$

В случае синусоидального воздействия для колебательной скорости излучающей

поверхности

$$v(t) = \sqrt{2} \cdot V \cdot \sin \omega t \quad (3)$$

Подстановка (3) в (2) дает

$$p_A(t) = 2 \cdot V^2 \cdot \sin^2 \omega t \cdot R_w \quad (4)$$

Ускорение излучающей поверхности

$$a(t) = dv/dt = \sqrt{2} \cdot \omega V \cdot \cos \omega t \quad (5)$$

Величина ωV [м/с²], является среднеквадратическим значением ускорения A .

Возводим равенство (5) в квадрат и умножаем на R_w , получаем:

$$a^2(t) \cdot R_w = 2 \cdot \omega^2 \cdot V^2 \cdot \cos^2 \omega t \cdot R_w = \omega^2 [2 \cdot V^2 \cdot \cos^2 \omega t \cdot R_w] \quad (6)$$

$$\text{т.е. } a^2(t) \cdot R_w = \omega^2 \cdot p_A(t) \quad (7)$$

$$\text{или } p_A(t) = a^2(t) \cdot R_w / \omega^2 \quad (8)$$

После подстановки в равенство (8) значение $a(t)$ из равенства (5) и с учетом того, что $\omega V = A$, найдем среднее значение излучаемой мощности за период

$$P_A = \frac{1}{T} \int_1^T p_A(t) dt = \frac{2R_w A^2}{\omega^2 T} \int_1^T \cos^2 \omega t \cdot dt$$

После интегрирования имеем формулу $P_A = A^2 \cdot R_w / \omega^2$, которая определяет связь между ускорением, измеряемым акселерометром, и излучаемой мощностью.

Устройство для осуществления способа измерения мощности гидроакустического излучателя содержит микропроцессор 2, подключенный двунаправленной сигнальной шиной к интерфейсу связи 1, а двунаправленной шиной данных к цифровым входам данных ЦАП 3, тактовый вход которого подключен к первому управляющему выходу микропроцессора 2, а выход подключен к цепочке из последовательно соединенных усилителя мощности 4, согласующего устройства 5 и гидроакустического излучателя 6, на внутренней стороне излучающей поверхности которого механически закреплен (приклеен) акселерометр 7, выводы которого подключены к усилителю 8, выходом подключенного к входу АЦП 9, цифровые выходы которого соединены с двунаправленной шиной данных микропроцессора 2, второй управляющий выход которого соединен с тактовым входом АЦП 9.

Как и устройство-аналог, предлагаемое устройство (фиг.2) содержит канал передачи, принципиально не отличающегося от канала передачи аналога. Разница лишь в том, что функции генератора переменной частоты и модулятора в предлагаемом устройстве выполняют интерфейс связи 1, ЦАП 3 и микропроцессор 2, синхронизирующий работу устройства.

Принципиальное отличие предлагаемого устройства заключается в том, что в канал приема введены акселерометр 7, усилитель выходного сигнала акселерометра 8 и АЦП 9. Акселерометр механически закреплен (приклеен) на внутренней стороне излучающей поверхности излучателя 6. Основу излучателя (фиг.3) составляет пакет из некоторого количества дисковых пьезоэлементов 11, обеспечивающих в сумме необходимую мощность излучения. Электрически пьезоэлементы в пакете соединены параллельно. Напряжение сигнала, подведенное к выводам пакета 13, возбуждает в нем механические колебания. Поскольку пьезопакет 11 жестко соединен с корпусом 12 излучателя, то по корпусу будут распространяться волны упругих деформаций. Конструкция корпуса выполнена так, что часть его обладает повышенной локальной упругостью и испытывает повышенную вибрацию под действием волн упругих деформаций, это верхняя часть корпуса 12. Ее поверхность, контактирующая с водой,

используется в качестве излучающей поверхности 10 излучателя. Акселерометр 7, измеряя колебательное ускорение излучающей поверхности 10 излучателя, выдает электрическое напряжение, пропорциональное этому ускорению. В режиме измерения излучаемой акустической мощности предлагаемое устройство работает следующим образом. Микропроцессор 2 формирует через определенные промежутки времени N-разрядные цифровые сигналы, соответствующие мгновенным значениям тестового синусоидального сигнала заданной частоты и амплитуды для возбуждения излучателя 6. Эти цифровые сигналы выводятся на параллельную двунаправленную N-разрядную шину микропроцессора 2, которая на время существования этих сигналов переключается на передачу.

Формируемые микропроцессором 2 цифровые сигналы с шины данных поступают на входной регистр ЦАП 3 и последовательно защелкиваются в нем тактовыми импульсами ЦАП 3, поступающими с микропроцессора 2. Результатом этого будет синусоидальный сигнал заданной амплитуды и частоты на выходе ЦАП 3, который поступает на усилитель мощности 4 с калиброванным коэффициентом передачи по напряжению, а с него на согласующее устройство 5, представляющее собой обычно повышающий трансформатор с известным значением коэффициента трансформации, и далее на гидроакустический излучатель 6. Акселерометр 7, закрепленный (фиг.2) на внутренней стороне излучающей поверхности излучателя 6, измеряет колебательное ускорение этой поверхности и выдает на своем электрическом выходе постоянное напряжение, пропорциональное среднеквадратическому значению этого ускорения. Это напряжение поступает на усилитель 8, а с него на АЦП 9. Тактовые импульсы, запускающие процесс преобразования в АЦП 9, поступают с микропроцессора 2 в промежутки времени между формируемыми микропроцессором 2 цифровыми сигналами возбуждения излучателя 6. Двунаправленная шина данных микропроцессора 2 переключается в эти промежутки времени на прием, значение ускорения, измеренное акселерометром 7 и преобразованное АЦП 9 в цифровую форму, заносится во внутреннюю память микропроцессора 2 для расчета, по приведенной выше формуле, значения излучаемой акустической мощности.

Таким образом, замена гидрофона, измеряющего в прототипе параметры воздушного акустического поля, на акселерометр, установленный на излучающую поверхность гидроакустического излучателя и измеряющего колебательное ускорение его излучающей поверхности, позволяет значительно расширить функциональные возможности, повысить чувствительность устройства, упростив ее конструкцию, так как современные акселерометры представляют собой интегральные микросхемы довольно малых размеров и массы. Например, размеры корпуса акселерометра типа ADXL210E фирмы Analog Devices - 5 мм-5 мм-2 мм и масса менее 1 грамма [Л2]. Место для такого акселерометра можно предусмотреть при конструировании даже малых по размеру высокочастотных (до десятков кГц и более) гидроакустических излучателей.

Известные способы и реализующие их устройства позволяют проводить частичную диагностику гидроакустических передающих устройств, выполняя контроль функционирования лишь их электронной части. Процесс преобразования электрической мощности в акустическую, выполняемый гидроакустическим излучателем, остается неконтролируемым. Предлагаемое техническое решение путем контроля акустической мощности тестового сигнала обеспечивает в реальных условиях эксплуатации полную диагностику функционирования передающего гидроакустического устройства практически любой конструкции, на излучателе

которой можно установить акселерометр.

Литература

1. Боббер Р.Дж. Гидроакустические измерения. М., Мир, 1974.
2. Data sheet ADXL210Еф. Analg Devices.

5

Формула изобретения

1. Способ измерения мощности гидроакустического излучателя, заключающийся в том, что испытуемый излучатель погружают в жидкость, подают на излучатель тестовый возбуждающий синусоидальный сигнал заданной частоты и амплитуды, заставляющий вибрировать излучающую поверхность излучателя, отличающийся тем, что измеряют колебательное ускорение излучающей поверхности излучателя, а мощность излучения P_A рассчитывают по формуле $P_A = A^2 \cdot R_w / \omega^2$, где A - среднеквадратическое значение ускорения; $\omega = 2\pi F$, где F - частота излучения; R_w - сопротивление нагрузки излучателя со стороны жидкости.

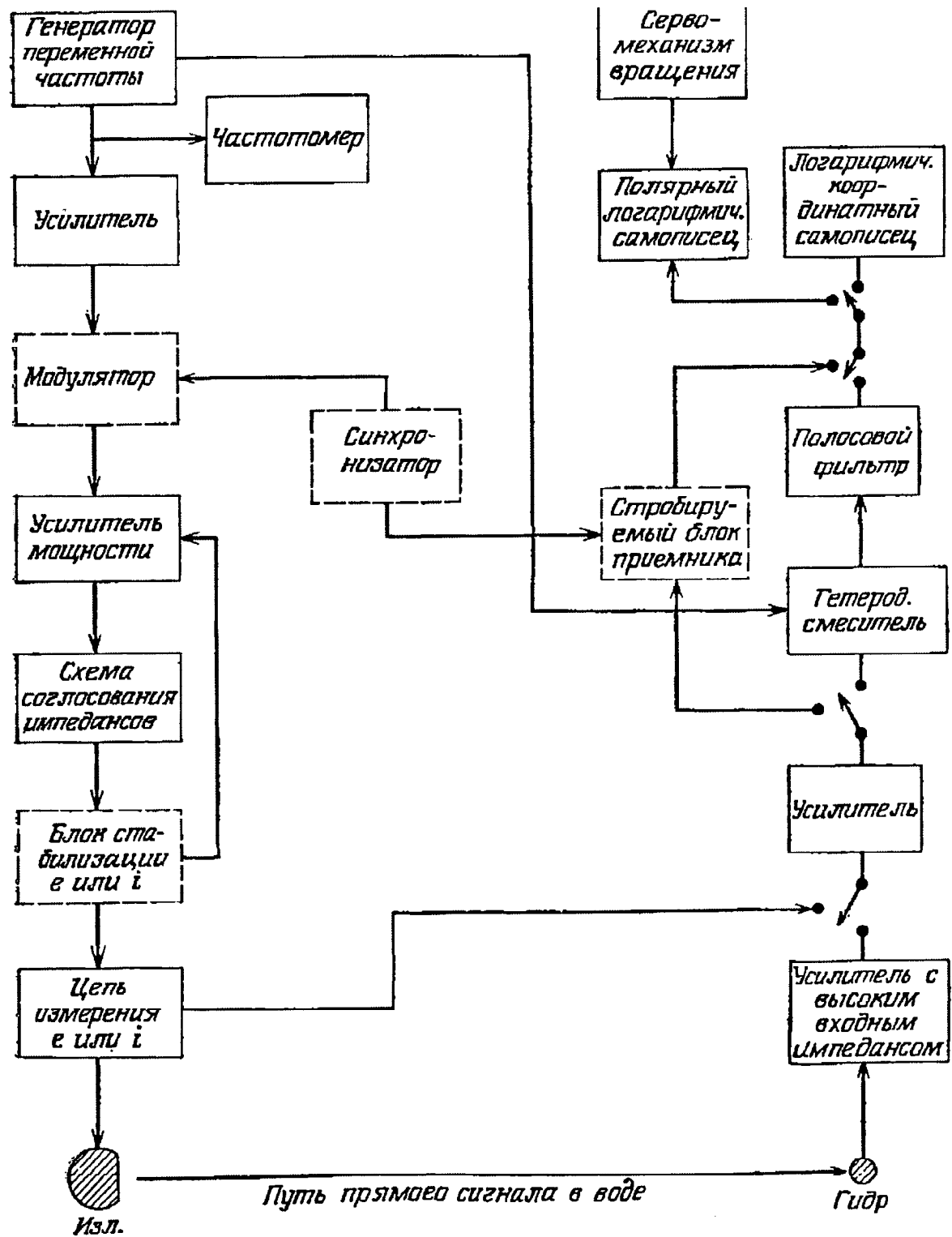
2. Устройство для осуществления способа измерения мощности гидроакустического излучателя, содержащее микропроцессор, подключенный двунаправленной сигнальной шиной к интерфейсу связи, а двунаправленной шиной данных к цифровым входам данных цифроаналогового преобразователя, тактовый вход которого подключен к первому управляющему выходу микропроцессора, а выход подключен к цепочке из последовательно соединенных усилителя мощности, согласующего устройства и гидроакустического излучателя, отличающееся тем, что в него дополнительно введена цепочка из последовательно соединенных акселерометра, механически закрепленного на излучающей поверхности гидроакустического излучателя, усилителя и аналого-цифрового преобразователя, цифровые выходы которого соединены с двунаправленной шиной данных микропроцессора, второй управляющий выход которого соединен с тактовым входом аналого-цифрового преобразователя.

35

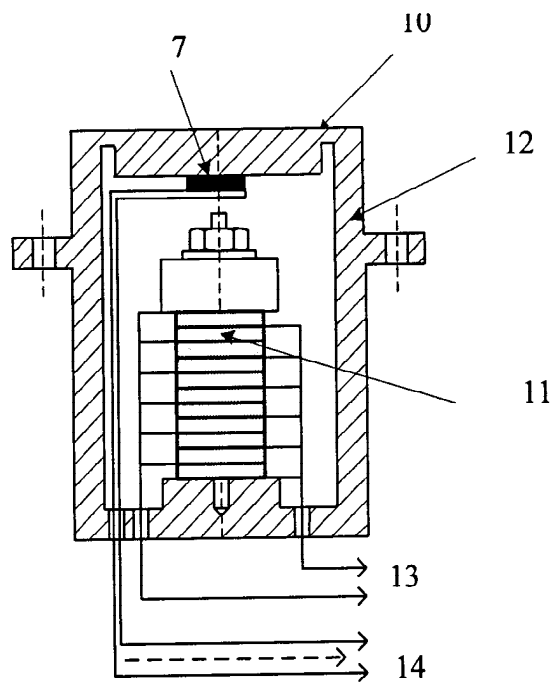
40

45

50



Фиг. 1



Фиг.3