



УКРАЇНА

(19) UA (11) 23097 (13) A

(51) G 01 H 5/00

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДМОВСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23 XII 1993 рПублікується
в редакції заявника

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ВІМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ЗВУКУ

(21) 95041560
(22) 06.04.95
(24) 30.06.98
(46) 30.06.98, Бюл. № 3
(72) Полонський Олександр Дмитрович
(73) Сумський державний університет

(57) Установка для измерения скорости звука, содержащая последовательно соединенные мультивибратор, пьезоэлектрический преобразователь и находящийся на фиксированном расстоянии от него отражатель, отличающаяся тем, что к выходу мультивибратора подключен импульсно-цифровой преобразователь, первый управляющий вход которого соединен с первым выходом генератора импульсов, а информационными шинами импульсно-цифровой преобразователь, вычитатель, умножитель и сумматор соединены последовательно, информационные выходы сумматора соединены с первыми информационными входами

параллельного интерфейса, управляющий выход которого соединен с вторым управляющим входом импульсно-цифрового преобразователя, первые информационные выходы параллельного интерфейса подключены к вторым информационным входам вычитателя и сумматора, а вторые – к вторым информационным входам умножителя, при этом управляющий выход импульсно-цифрового преобразователя соединен с первым входом распределителя импульсов, второй вход которого подключен к второму выходу генератора импульсов, причем первый, второй и третий выходы распределителя импульсов соединены соответственно с управляющими входами вычитателя, умножителя и сумматора, а четвертый выход – с управляющим входом микро-ЭВМ, системная магистраль которой соединена с совместными входами-выходами параллельного интерфейса и с контроллером дисплея соединенным с дисплеем.

Изобретение относится к технике ультразвукового контроля и может быть использовано для измерения скорости звука, в частности импульсно-циклическим методом, в жидких средах.

Известен измеритель скорости звука, содержащий последовательно подключенные импульсный генератор, акустические излучатель и приемник, усилитель сигналов и частотомер [Серавин Г.Н. Измерение ско-

рости звука в океане. Л., Гидрометеиздат, 1979, с. 17–19].

Однако, известный измеритель скорости звука не обладает требуемой точностью измерений из-за наличия дополнительной временной задержки сигнала в электронно-акустическом тракте.

Наиболее близким к заявляемому устройству по технической сущности и достигаемому результату является установка для

(19) UA (11) 23097 (13) A

измерения скорости звука, содержащая последовательно соединенные мультивибратор, пьезоэлектрический преобразователь и находящийся на фиксированном расстоянии от него отражатель [Авт. св. СССР № 1386853, кл. G 01 H 5/00].

В устройстве-прототипе период $T(t)$ следования импульсов на выходе мультивибратора зависит от расстояния l между пьезоэлектрическим преобразователем и отражателем, величины скорости звука $C(t)$ в исследуемой среде и неконтролируемой дополнительной задержки $\tau_d(t)$ сигнала в электроакустическом тракте

$$T(t) = \frac{2l}{C(t)} + \tau_d(t), \quad (1)$$

где t — время.

Частота $F(t)$, соответственно, равна

$$F(t) = \frac{1}{T(t)} = \frac{C(t)}{2l + C(t)\tau_d(t)}. \quad (2)$$

Учитывая, что $\tau_d(t) \ll T(t)$, а $F(t)\tau_d \ll 1$, из (1) и (2) можно получить рабочие уравнения для определения скорости звука

$$C(t) = \frac{2lF(t)}{1 - F(t)\tau_d(t)} \approx 2lF(t)[1 + F(t)\tau_d(t)], \quad (3)$$

$$C(t) = \frac{2l}{T(t) - \tau_d(t)} \approx \frac{2l}{T(t)} \left[1 + \frac{\tau_d(t)}{T(t)} \right]. \quad (4)$$

Таким образом, наличие неконтролируемой дополнительной временной задержки $\tau_d(t)$ сигнала в электроакустическом тракте приводит к появлению в уравнениях измерений (3) и (4) дополнительной относительной погрешности

$$\delta = [1 + F(t)\tau_d(t)] = [1 + \tau_d(t)/T(t)], \quad (5)$$

что отрицательно сказывается на точности измерений и является недостатком прототипа, ограничивающим его применение.

В основу настоящего изобретения поставлена задача создания установки для измерения скорости звука, а именно привносимыми изменениями в функциональную схему известного устройства по авт. св. СССР № 1386853, в которой бы осуществлялась минимизация влияния неконтролируемой дополнительной задержки

сигнала в электроакустическом тракте на точность измерения скорости звука.

В результате осуществления изобретения получен следующий технический эффект:

— сигнал с выхода мультивибратора преобразован с помощью импульсно-цифрового преобразователя в код текущего измерения, что дало возможность получить из кода предыдущего измерения код невязки на выходе вычитателя, а затем в умножителе, с учетом весового коэффициента, сформировать код коррекции, который преобразуется в сумматоре, с учетом кода предыдущего измерения, в код оценки текущего измерения и тем самым достигается минимизация влияния кода неконтролируемой дополнительной задержки сигнала в электроакустическом кольце на точность измерений.

Эта задача решается установкой для измерения скорости звука, содержащей последовательно соединенные мультивибратор, пьезоэлектрический преобразователь и находящийся на фиксированном расстоянии от него отражатель, где согласно изобретению, к выходу мультивибратора подключен импульсно-цифровой преобразователь, первый управляющий вход которого соединен с генератором импульсов, а к информационным выходам импульсно-цифрового преобразователя подключены последовательно соединенные информационными выходами друг с другом вычитатель, умножитель и сумматор, а информационные выходы сумматора соединены с первыми информационными входами параллельного интерфейса, управляющий выход которого связан со вторым управляющим входом импульсно-цифрового преобразователя, а первые информационные выходы параллельного интерфейса подключены ко вторым информационным входам вычитателя и параллельно сумматора, а вторые — ко вторым информационным входам умножителя, при этом управляющий выход импульсно-цифрового преобразователя соединен с первым входом распределителя импульсов, второй вход которого подключен ко второму выходу генератора импульсов, причем первый, второй и третий выходы распределителя импульсов соединены соответственно с управляющими входами вычитателя, умножителя и сумматора, а четвертый выход — с управляющим входом микроЭВМ, системная магистраль которой соединена с совмещенными входами-выходами параллельного интерфейса и с контроллером дисплея, связанным с дисплеем.

Совокупность всех существенных признаков предлагаемой конструкции установки для измерения скорости звука, включая

отличительные признаки, позволяет сформировать оптимальную оценку кода с минимальным влиянием неконтролируемой дополнительной временной задержки сигнала в электроакустическом тракте, обеспечивая при этом требуемую точность измерений.

Суть алгоритма оптимальной оценки заключается в следующем.

Сигнал $y(t)$ с выхода мультивибратора в момент времени t_{k+1} в результате импульсно-цифрового преобразования представляется кодом текущего измерения

$$Z(k+1) = X(k+1) + V_n(k+1), \quad (6)$$

где $X(k+1) = B/C(t_{k+1})$;

$B = 2 \alpha F_0$ — константа;

α — коэффициент импульсно-цифрового преобразования;

l — расстояние между пьезоэлектрическим преобразователем и отражателем;

F_0 — частота синхронизации;

$C(t_{k+1})$ — скорость звука в исследуемой среде в момент измерения t_{k+1} ;

$$V_n(k+1) = \alpha F_0 \tau_d(t_{k+1});$$

$\tau_d(t_{k+1})$ — задержка сигнала в электроакустическом тракте в момент измерения t_{k+1}

Уравнение наблюдений (6) дополним описанием, которое включает все возможные траектории кода без учета помех

$$X(k+1) = X(k) + V_o(k), \quad (7)$$

где $V_o(k)$ — последовательность импульсов с математическим ожиданием $M[V_o(k)] = 0$ и дисперсией $D[V_o(k)] = R_o$

В рассматриваемых уравнениях измерений (7) и (8) код $X(k)$ отражает физическую сущность измерений, который необходимо воспроизводить, а код $V_n(k)$, который зависит от величины задержки сигнала в электроакустическом тракте, с дисперсией $D[V_n(k)] = N_o$ и математическим ожиданием $M[V_n(k)] = 0$, необходимо минимизировать.

Воспроизведение кода $X(k)$ на фоне действующей помехи $V_n(k)$ наблюдений, т.е. выделение его из кода $Z(k)$ осуществляется на основе оценки $X(k)$ и обозначается $\hat{X}(k)$, имеющей математическое ожидание $M[\hat{X}(k)] = X(k)$; дисперсию $D[\hat{X}(k)] = P_o$. При этом случайные последовательности $V_n(k)$ и $V_o(k)$ не коррелированы с величиной $X(k)$.

Требуется, используя измеренные значения кода $Z(k)$ при $K = 0, N$, найти оценку $\hat{X}(k)$ кода, обеспечивая минимум квадрата ошибки

$$\epsilon(k) = X(k) - \hat{X}(k), \quad (8)$$

т.е. минимизировать функционал вида

$$I = M[\epsilon^2(k)] \rightarrow \min_{\hat{X}(k)} \quad (9)$$

Учитывая, что $D[V_n(k)] = N_o$, причем $N_o > 0$, означает, что ни одно значение $Z(k)$ не измеряется точно. В этом случае решение задачи оптимальной оценки кода определяется следующим рекуррентным уравнением

$$\hat{X}(k+1) = \hat{X}(k) + A(k+1)[Z(k+1) - \hat{X}(k)] \quad (10)$$

Весовой коэффициент $A(k+1)$ находится на основе априорных сведений о статистических параметрах измерений

$$A(k+1) = \frac{Q(k+1)}{Q(k+1) + N_o}, \quad (11)$$

Дисперсия $Q(k+1)$ ошибки априорной оценки $\hat{X}(k+1)$ находится как

$$Q(k+1) = P(k) + R_o \quad (12)$$

Дисперсия $P(k+1)$ апостериорной оценки $\hat{X}(k+1) = X(k+1) - \hat{X}(k+1)$ определяется по формуле

$$P(k+1) = [1 - A(k+1)]Q(k). \quad (13)$$

Измерение оценки кода $\hat{X}(k)$ осуществляется в такой последовательности.

По начальному значению дисперсии P_o оценки кода находится дисперсия ошибки априорной оценки

$$Q(1) = P_o + R_o, \quad (14)$$

а затем определяется весовой коэффициент

$$A(1) = \frac{Q(1)}{Q(1) + N_o}, \quad (15)$$

и дисперсия апостериорной оценки

$$P(1) = [1 - A(1)]Q(1), \quad (16)$$

после чего находится оценка кода

$$\hat{X}(1) = \hat{X}(0) + A(1)[Z(1) - \hat{X}(0)] \quad (17)$$

и цикл измерений повторяется.

В установившемся режиме $P(k+1) = P(k) = R_E$, где R_E — значение дисперсии апостериорной оценки, задаваемое с учетом требуемой точности измерений. Тогда в установившемся режиме весовой коэффициент определяется как

$$A_0 = R_E / N_0, \quad (18)$$

а оценка кода будет равна

$$\hat{X}(k+1) = \hat{X}(k) + A_0[Z(k+1) - \hat{X}(k)]. \quad (19)$$

Таким образом, получаемая оценка кода зависит лишь от априорных сведений о статистических параметрах измерений на основе вычисления весового коэффициента, который позволяет минимизировать величину невязки измерений в момент времени t_{k+1} и при этом скорость звука, определяемая как

$$C(k+1) = V / \hat{X}(k+1) \quad (20)$$

не зависит от величины неконтролируемой дополнительной задержки $t_d(k+1)$ сигнала в электроакустическом тракте, что обеспечивает точность измерений в реальном времени.

На чертеже представлена функциональная схема предлагаемой установки.

Установка для измерения скорости звука содержит мультивибратор 1, пьезоэлектрический преобразователь 2, находящийся на фиксированном расстоянии от него отражатель 3, импульсно-цифровой преобразователь 4, генератор импульсов 5, вычитатель 6, умножитель 7, сумматор 8, параллельный интерфейс 9, распределитель импульсов 10, дисплей 11, контроллер дисплея 12, микроЭВМ 13.

Выход мультивибратора 1 параллельно подключен ко входу пьезоэлектрического преобразователя 2 и к счетному входу импульсно-цифрового преобразователя 4. Информационные выходы импульсно-цифрового преобразователя 4 подключены к первым информационным входам вычитателя 5. Вторые информационные входы вычитателя 6 подключены к первым информационным выходам параллельного интерфейса 9 и параллельно — ко вторым информационным входам сумматора 8. Информационные выходы вычитателя 6 подключены к первым информационным входам умножителя 7, а вторые информационные входы — ко вторым информационным выходам параллельного интерфейса 9. Информационные выходы умножителя 7 подключены к первым инфор-

мационным входам сумматора 8, а информационные выходы сумматора 8 — к информационным входам параллельного интерфейса 9. Управляющий выход параллельного интерфейса 9 соединен с первым управляющим входом импульсно-цифрового преобразователя 4. Второй управляющий вход импульсно-цифрового преобразователя 4 соединен с первым выходом генератора импульсов 5. Управляющий выход импульсно-цифрового преобразователя 4 соединен с первым входом распределителя импульсов 10. Второй вход распределителя импульсов 10 соединен со вторым выходом генератора импульсов 5. Первый выход распределителя импульсов 10 подключен к управляющему входу вычитателя 6, второй выход — к управляющему входу умножителя 7, третий выход — к управляющему входу сумматора 8, четвертый выход — к управляющему входу микроЭВМ 13. МикроЭВМ 13 через системную магистраль соединена с совмещенными входами-выходами параллельного интерфейса 9 и с контроллером дисплея 12. Контроллер дисплея 12 через внутреннюю магистраль соединен с дисплеем 11.

Установка для измерения скорости звука работает следующим образом.

При включении питания на выходе мультивибратора 1 появляется импульсный сигнал $y(t)$. Одновременно с этим запускается микроЭВМ 13, которая через системную магистраль B_1 формирует сигнал E_1 на управляющем выходе параллельного интерфейса 9 и тем самым запрещается прохождение импульсов $y(t)$ с выхода мультивибратора 1 и импульсов на входы импульсно-цифрового преобразователя 4.

В результате на управляющем выходе импульсно-цифрового преобразователя 4 появляется сигнал E_2 , запрещающий прохождение импульсов $S_2(t)$ со второго выхода генератора импульсов 5 на второй вход распределителя импульсов 10, тем самым установка приводится в исходное состояние.

По командам ввода — вывода через системную магистраль B_1 контроллер дисплея 12 и внутреннюю магистраль B_2 с клавиатуры дисплея 11 вводятся начальные условия и статистические параметры измерений в память микроЭВМ 13. В микроЭВМ 13 вычисляется значение весового коэффициента $A(k+1)$, после чего по командам ввода — вывода через системную магистраль B_1 на первые информационные выходы параллельного интерфейса 9 записывается код $\hat{X}(k)$ предыдущей оценки, на вторые информационные выходы — код $A(k+1)$ весового коэффициента, а на управляющий выход — сигнал E_1 , разрешающий работу импульсно-

цифрового преобразователя 4. В результате разрешается прохождение импульсов $y(t)$ с выхода мультивибратора 1, а также импульсов $S_1(t)$ с первого выхода генератора импульсов 5 на входы импульсно-цифрового преобразователя 4. В момент времени t_{k+1} на информационных выходах импульсно-цифрового преобразователя 4 будет сформирован код текущего измерения $Z(k+1)$, а на управляющем выходе — сигнал E_2 , разрешающий прохождение импульсов $S_2(t)$ со второго выхода генератора импульсов 5 на вход распределителя импульсов 10, который включается в цикл измерений следующим образом.

По импульсу E_3 с первого выхода распределителя импульсов 10 формируется цикл работы вычитателя 6, в результате чего на его информационных выходах получается код невязки измерения $d_1(k+1) = [Z(k+1) - X(k)]$.

По окончании цикла вычитания на втором выходе распределителя импульсов 10 будет сформирован сигнал управления E_4 , разрешающий работу умножителя 7, по окончании работы которого будет сформирован код коррекции невязки измерения $d_2(k+1) = A(k+1)d_1(k+1)$.

По завершении операции умножения на третьем выходе распределителя импульсов 10 формируется сигнал E_5 , разрешающий работу сумматора 8 и по окончании цикла

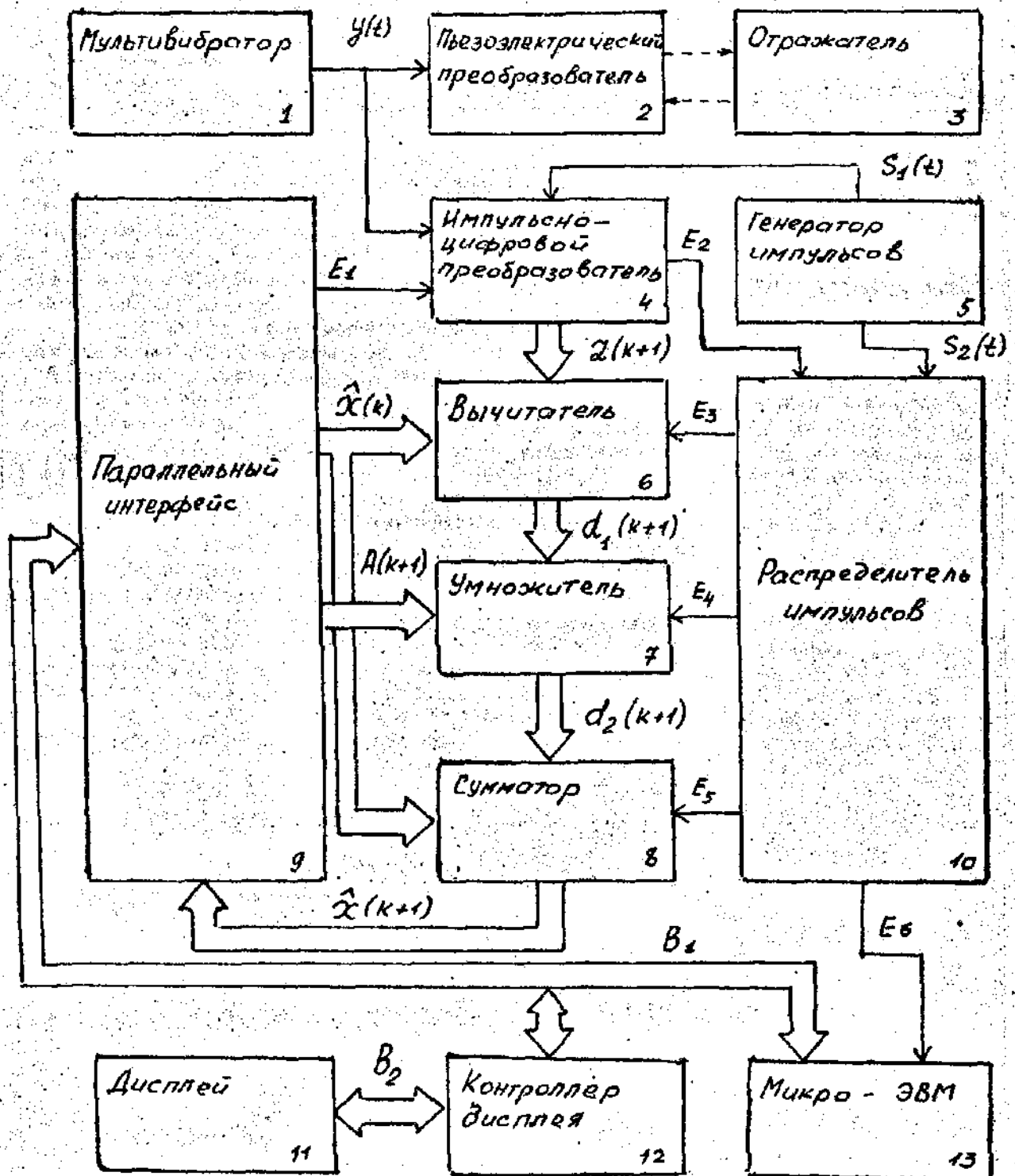
суммирования на информационных выходах сумматора 8, а, следовательно и на информационных входах параллельного интерфейса 9 формируется код текущей оценки измерения $\hat{X}(k+1) = \hat{X}(k) + d_2(k+1)$.

По завершению цикла суммирования на четвертом выходе распределителя импульсов 10 появляется импульс E_6 , по которому микроЭВМ 13 осуществляет перезапись с информационных входов параллельного интерфейса 9 оценки $\hat{X}(k+1)$ на его первые информационные выходы, а затем вычисляет скорость звука по формуле (20), где B — константа памяти микроЭВМ 13.

После вычислений по формуле (20) микроЭВМ 13 через системную магистраль B_1 , контроллер 12 дисплея и внутреннюю магистраль B_2 выдает на табло дисплея 11 информацию об измеряемой скорости звука.

Далее цикл измерений повторяется, а признаком его окончания будет теперь появление импульса E_6 с четвертого выхода распределителя импульсов 10 на управляющем входе микроЭВМ 13, по которому измеряется скорость звука и осуществляется переход на последующие измерения.

В результате в предлагаемой установке скорость звука в момент времени t_{k+1} не зависит от величины кода неконтролируемой задержки сигнала в электроакустическом тракте, что приводит к повышению точности измерений.



Упорядник

Техред М.Келемеш

Коректор О. Обручар

Замовлення 4520

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101