

Союз Советских
Социалистических
Республик



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е
ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 27.04.79 (21) 2760852/18-21

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 15.02.81. Бюллетень № 6

Дата опубликования описания 17.02.81

(11) 805195

(51) М. Кл.³

G 01 R 23/20

(53) УДК 621.317.

.799(088.8)

(72) Авторы
изобретения

В.Н. Мухаметов, А.Е. Леусенко и А.Н. Морозевич

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

ВСЕСОЮЗНАЯ
ПАТЕНТНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

(54) ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ КОЭФФИЦИЕНТА ГАРМОНИК

Изобретение относится к электро-
измерениям и может быть использовано
для измерения коэффициента гармоник.

Известно устройство для измерения
коэффициента гармоник, которое содер-
жит формирователь, умножитель частоты,
ключ, аналого-цифровой преобразователь,
два задатчика ортогональных функций,
два множительных устройства, два счетчика,
три схемы переноса, два сумматора, устрой-
ство извлечения корня, измеритель отно-
шения кодов и блок управления [1].

Недостатками устройства являются
большое время вычисления коэффициента
гармоник и невысокая точность за счет
погрешности определения частоты и
амплитуды первой гармоники.

Известен также цифровой измеритель
нелинейных искажений, содержащий последо-
вательно включенные формирователь,
умножитель частоты, ключ, аналого-
цифровой преобразователь, информаци-
онный вход которого подключен ко входу
формирователя и является входом
устройства, а управляющий вход - к
выходам задатчиков ортогональных функ-
ций, выходы которых подключены к пер-
вым входам множительных устройств,
выходы которых через соответствующие

схемы переноса подключены к первому
и второму входам квадратора, третий
вход которого подключен к выходу
аналого-цифрового преобразователя и
вторым входам множительных устройств,
а выход ко входу сумматора, выход ко-
торого подключен к входу третьей схе-
мы переноса, блок управления, подклю-
ченный входом к выходу формирователя,
а выходом - к управляющим входам клю-
ча, трех схем переноса, сумматора,
измерителя отношения кодов, устрой-
ства извлечения корня, последователь-
но включенные второй сумматор и чет-
вертая схема переноса, выход которой
подключен ко входу измерителя отно-
шения кодов, а второй вход второго
сумматора соединен с выходом квадра-
тора [2].

Недостатком устройства является
погрешность вычислений, обусловлена
погрешностью определения периода вход-
ного сигнала.

При вычислении амплитуды первой
гармоники входного сигнала обычно
используется математическое выраже-
ние

$$A_1 = \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi/\omega} U(t) \sin(\omega t) dt \quad (1)$$

Однако при неточном измерении частоты входного сигнала возникает ошибка определения амплитуды входного сигнала $\delta A_1 = \frac{\Delta A_1}{A_1}$, величина которой зависит от величины $\delta\omega$ и от формы входного сигнала.

Для синусоидального сигнала ($K_r = 0$) эта зависимость имеет вид

$$\delta A_1 = \frac{\sin(2\pi \cdot \delta\omega)}{2\pi \cdot \delta\omega} \cdot \frac{2}{2 + \delta\omega} \quad (2)$$

где $\delta\omega$ - относительная погрешность измерения частоты входного сигнала.

Из приведенного соотношения видно, что при неточном определении значения амплитуды первой гармоники в устройстве возникает погрешность вычисления K_r . График зависимости значений приведенной погрешности

$$\gamma_{K_r} = \frac{\Delta K_r}{K_{r \max}} = \frac{\Delta K_r}{100}$$

вычисления K_r от $\delta\omega$ в виде распечатки значений $\gamma_{K_r} = f(\delta\omega)$, полученных на мини ЭВМ "Электроника 1001" приведен на рис. 3. Из графика видно, что для достижения заданной величины γ_{K_r} требуется обеспечить погрешность $\delta\omega$ настройки устройства на частоту входного сигнала на один-два порядка меньше, чем γ_{K_r} . В известных устройствах такая задача не может быть решена для широкого частотного диапазона входного сигнала при существующих требованиях к точности получения K_r .

Цель изобретения - повышение точности вычисления коэффициента гармоник.

Цель достигается тем, что в устройстве, содержащее три сумматора и последовательно включенные формирователь, умножитель частоты, ключ, аналого-цифровой преобразователь, первый квадратор, четвертый сумматор, блок деления и блок извлечения квадратного корня, при этом второй вход аналого-цифрового преобразователя соединен с входом устройства и с входом формирователя, выход которого подключен к блоку управления, выходы которого подключены к соответствующим управляющим входам ключа, первого квадратора, блока деления, блока извлечения корня квадратного, первого, второго, третьего и четвертого сумматоров, дополнительно введены цифровой фильтр, два квадратора, два масштабирующих блока, вход первого из которых соединен с выходом аналого-цифрового преобразователя и с входом цифрового фильтра, выход которого через последовательно соединенные второй квадратор и первый сумматор подключен к одному из входов третьего сумматора, второй вход которого через последовательно соединенные третий квадратор и второй сумматор подключен к выходу первого масштабирующего блока, а выход,

третьего сумматора через второй масштабирующий блок соединен с вторым входом блока деления, при этом управляющие входы цифрового фильтра, двух квадраторов и двух масштабирующих блоков соединены с соответствующими выходами блока управления.

Масштабирующий блок представляет собой цифровое устройство умножения входного кода на постоянный коэффициент K .

Цифровой фильтр представляет собой арифметическое устройство, реализующее известную зависимость

$$y_i = \sum_{j=0}^m \alpha_j x_{i-j} - \sum_{j=1}^m \beta_j y_{i-j}$$

где x_i - входные цифровые коды;
 y_i - выходные цифровые коды;
 α_j, β_j - коэффициенты фильтра, определяющие вид его амплитудно-частотной характеристики;
 m - порядок фильтра;
 i - номер входного (выходного) цифрового кода,

и может быть выполнен по известной структуре.

На фиг. 1 представлена структурная схема цифрового измерителя коэффициента гармоник; на фиг. 2 - амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра; на фиг. 3 - график зависимости относительной погрешности вычисления коэффициента гармоник от относительной погрешности измерения частоты.

Устройство содержит четыре сумматора 1-4, формирователь 5, умножитель 6 частоты, ключ 7, аналого-цифровой преобразователь 8, три квадратора 9-11, блок 12 деления, блок 13 извлечения корня квадратного, блок 14 управления, цифровой фильтр 15, два масштабирующих блока 16 и 17.

Устройство функционирует следующим образом.

В исходном положении элементы памяти сумматоров 1-4 находятся в нулевом состоянии. Исследуемый сигнал U_x поступает на вход формирователя 5, который вырабатывает импульсы в моменты перехода U_x через нулевое значение, и на второй вход аналого-цифрового преобразователя 8. Выходные импульсы формирователя поступают на вход умножителя 6 частоты следования импульсов и вход блока 14 управления. Блок 14 управления открывает ключ 7 на время одного периода исследуемого сигнала. За это время через ключ 7 с выхода умножителя 6 частоты на вход преобразователя 8 приходит N импульсов (где N - коэффициент умножения умножителя частоты). Эти импульсы запускают преобразователь 8 в моменты времени $t_i = \frac{2\pi}{NT}$ ($i=1, N$). Коды мгновенных значений напряжения исследуемого сигнала с выхода преобразователя 8 поступают на вход перво-

го квадратора 9. Возведенные в квадрат коды мгновенных значений суммируются в четвертом сумматоре 4. Одновременно эти же коды с выхода преобразователя 8 поступают на вход первого масштабирующего блока 16, где они умножаются на постоянный коэффициент $K_{1МБ} = K_1$. С выхода первого масштабирующего блока 16 увеличенные в K_1 раз коды мгновенных значений входного сигнала поступают на вход третьего квадратора 11. Возведенные в квадрат коды суммируются на втором сумматоре 2. Одновременно коды мгновенных значений входного сигнала поступают на вход цифрового фильтра 15. Частотная характеристика цифрового фильтра 15 задается под воздействием сигналов с блока 14 управления таким образом, что для первой (основной) гармонической составляющей коэффициент передачи цифрового фильтра 15 равен K_1 , а для второй, третьей и т.д. гармонических составляющих входного сигнала коэффициент передачи цифрового фильтра 16 равен K_2 , т.е. цифровой фильтр 15 является заграждающим фильтром (фиг.2). Заданную ширину полосы подавления Ω вблизи первой гармоники можно обеспечить путем задания соответствующих коэффициентов α_j, β_j цифрового фильтра. Введение достаточно широкой полосы Ω позволяет обеспечить нечувствительность устройства к настройке на частоту входного сигнала в интервале $(\omega_1 - \frac{\Omega}{2}, \omega_1 + \frac{\Omega}{2})$. Преобразованные цифровым фильтром 15 коды поступают на вход второго квадратора 10, с выхода которого возведенные в квадрат коды поступают на вход первого сумматора 1 и суммируются в нем. За один период исследуемого сигнала в четвертом сумматоре 4 и во втором сумматоре 2 фиксируются коды, пропорциональные квадрату действующего значения (т.е. мощности) исследуемого сигнала

$$P_{4\Sigma}^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_X^2(t_i) = P_X^* \quad (3)$$

где $P_{4\Sigma}^*$ - код, хранящийся в четвертом сумматоре 4;

P_X^* - оценка полной мощности входного сигнала U_X .

$$P_{2\Sigma}^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (K_1 \cdot U_X(t_i))^2 = K_1^2 \cdot P_X^* = K_1^2 \cdot P_{1X}^* + P_{2X}^* \cdot K_1^2 \quad (4)$$

где $P_{2\Sigma}^*$ - код, хранящийся во втором сумматоре 2;

P_{1X}^* - оценка мощности первой гармонической составляющей входного сигнала U_X ;

P_{2X}^* - оценка мощности всех высших гармонических составляющих сигнала, начиная со второй.

К этому же моменту времени в первом сумматоре 1 фиксируется код, про-

порциональный величине $P_{1\Sigma}^*$, определяемой соотношением

$$P_{1\Sigma}^* = K_1^2 \cdot P_{1X}^* + K_2^2 \cdot P_{2X}^* \quad (5)$$

После образования кодов $P_{1\Sigma}^*, P_{2\Sigma}^*, P_{4\Sigma}^*$ по сигналам, поступающим с блока 14 управления, коды $P_{1\Sigma}^*$ и $P_{2\Sigma}^*$ поступают на суммирующий и вычитающий входы третьего сумматора 3 соответственно. В результате в третьем сумматоре 3 формируется код, пропорциональный мощности всех высших гармонических составляющих сигнала, начиная со второй

$$P_{3\Sigma}^* = P_{1\Sigma}^* - P_{2\Sigma}^* = (K_2^2 - K_1^2) \cdot P_{2X}^* \quad (6)$$

Код третьего сумматора 3 по сигналу с блока 14 управления поступает на вход второго масштабирующего блока 17, в котором этот код умножается на постоянный коэффициент $K_{2МБ} = \frac{1}{K_2^2 - K_1^2}$. Код сформированный на выходе второго масштабирующего блока 17, определяется из соотношения

$$P_{2МБ}^* = \frac{1}{K_2^2 - K_1^2} (K_2^2 - K_1^2) \cdot P_{2X}^* = P_{2X}^* \quad (7)$$

По очередному сигналу с блока 14 управления коды с выхода четвертого сумматора 4 и второго масштабирующего блока 17 поступают на соответствующие входы блока деления 12. Код на выходе блока деления 12 пропорционален отношению мощности высших гармоник, начиная со второй, к полной мощности сигнала

$$K_{Б.ДЕЛ.} = \frac{P_{2МБ}^*}{P_{4\Sigma}^*} = \frac{P_{2X}^*}{P_X^*} \quad (8)$$

Полученный код с выхода блока 12 деления поступает на вход блока 13 извлечения корня квадратного. Код, сформированный на выходе блока извлечения корня квадратного, равен коэффициенту гармоник исследуемого сигнала

$$K_{11} = \sqrt{K_{Б.ДЕЛ.}} = \sqrt{\frac{P_{2X}^*}{P_X^*}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\infty} U_i^2}{\sum_{i=1}^{\infty} U_i^2}} = K_r \quad (9)$$

Предлагаемое устройство уменьшает погрешность измерений в 5 раз в частотном диапазоне от 1 Гц до 10 кГц.

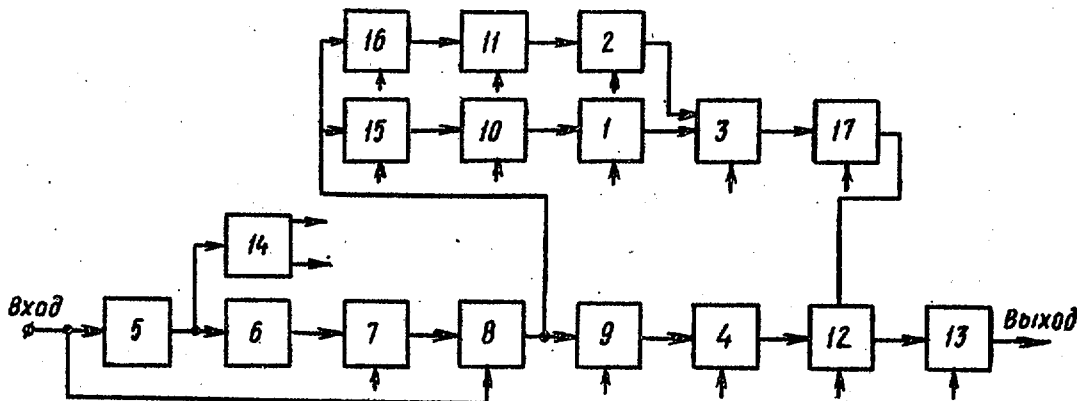
Формула изобретения

Цифровой измеритель коэффициента гармоник, содержащий три сумматора и последовательно включенные формирователь, умножитель частоты, ключ, аналого-цифровой преобразователь, первый квадратор, четвертый сумматор, блок деления и блок извлечения корня квадратного, при этом второй вход аналого-цифрового преобразователя соединен с входом устройства и

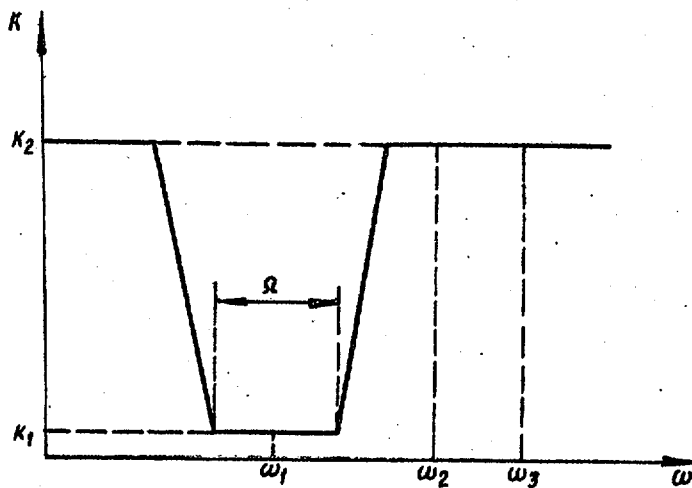
входом формирователя, выход которого подключен к блоку управления, выходы которого подключены к соответствующим управляющим входам ключа, первого квадратора, блока деления, блока извлечения корня квадратного, первого, второго, третьего и четвертого сумматоров, отличающа-
 5 и я тем, что, с целью повышения точности измерений в него введены цифровой фильтр, два квадратора, два масштабирующих блока, вход первого из которых соединен с выходом аналого-цифрового преобразователя и с входом цифрового фильтра, вы-
 10 ход которого через последовательно соединенные второй квадрататор и первый сумматор подключен к одному из

входов третьего сумматора, второй вход которого через последовательно соединенные третий квадрататор и второй сумматор подключен к выходу первого масштабирующего блока, а выход третьего сумматора через второй масштабирующей блок соединен с вторым входом блока деления, при этом управляющие
 5 входы цифрового фильтра, двух квадраторов и двух масштабирующих блоков соединены с соответствующими выходами блока управления.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе
 1. Авторское свидетельство СССР № 379882, кл. G 01 R 23/20, 1973.
 2. Авторское свидетельство СССР № 516969, кл. G 01 R 23/20, 1975.



Фиг.1



Фиг.2

DX= 0.000001 DK= 0.001381*
 DX= 0.000101 DK= 0.010102*****
 DX= 0.000201 DK= 0.014236*****
 DX= 0.000301 DK= 0.017415*****
 DX= 0.000401 DK= 0.020097*****
 DX= 0.000501 DK= 0.022472*****
 DX= 0.000601 DK= 0.024628*****
 DX= 0.000701 DK= 0.026628*****
 DX= 0.000801 DK= 0.028472*****
 DX= 0.000901 DK= 0.030210*****
 DX= 0.001001 DK= 0.031862*****
 DX= 0.001101 DK= 0.033439*****
 DX= 0.001201 DK= 0.034939*****
 DX= 0.001301 DK= 0.036402*****
 DX= 0.001401 DK= 0.037797*****
 DX= 0.001501 DK= 0.039148*****
 DX= 0.001601 DK= 0.040454*****
 DX= 0.001701 DK= 0.041725*****
 DX= 0.001801 DK= 0.042958*****
 DX= 0.001901 DK= 0.044162*****
 DX= 0.002001 DK= 0.045339*****
 DX= 0.002101 DK= 0.046492*****
 DX= 0.002201 DK= 0.047612*****
 DX= 0.002301 DK= 0.048711*****
 DX= 0.002401 DK= 0.049795*****
 DX= 0.002501 DK= 0.050856*****
 DX= 0.002601 DK= 0.051896*****
 DX= 0.002701 DK= 0.052919*****
 DX= 0.002801 DK= 0.053924*****
 DX= 0.002901 DK= 0.054905*****
 DX= 0.003001 DK= 0.055886*****
 DX= 0.003101 DK= 0.056847*****
 DX= 0.003201 DK= 0.057791*****
 DX= 0.003301 DK= 0.058728*****
 DX= 0.003401 DK= 0.059646*****
 DX= 0.003501 DK= 0.060559*****
 DX= 0.003601 DK= 0.061454*****
 DX= 0.003701 DK= 0.062340*****
 DX= 0.003801 DK= 0.063221*****
 DX= 0.003901 DK= 0.064079*****
 DX= 0.004001 DK= 0.064940*****
 DX= 0.004101 DK= 0.065790*****
 DX= 0.004201 DK= 0.066629*****
 DX= 0.004301 DK= 0.067464*****
 DX= 0.004401 DK= 0.068286*****
 DX= 0.004501 DK= 0.069102*****
 DX= 0.004601 DK= 0.069908*****
 DX= 0.004701 DK= 0.070705*****
 DX= 0.004801 DK= 0.071503*****
 DX= 0.004901 DK= 0.072289*****
 DX= 0.005001 DK= 0.073073*****
 *

ФИГ. 3

Составитель Л. Муранов
 Редактор М. Недолуженко Техред Н. Граб Корректор Г. Назарова
 Заказ 10872/66 Тираж 743 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
 филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4