

Союз Советских  
Социалистических  
Республик



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 834577

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 30.11.78 (21) 2691434/18-21

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 30.05.81. Бюллетень № 20

Дата опубликования описания 03.06.81

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

G 01 R 23/16

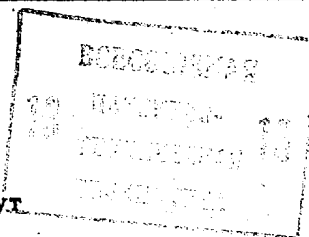
(53) УДК 621.  
.317.757  
(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

В. В. Губарев и В. Г. Кан

(71) Заявитель

Новосибирский электротехнический институт



## (54) СПОСОБ АНАЛИЗА СПЕКТРА СИГНАЛОВ

1

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для определения собственных и взаимных спектральных характеристик детерминированных и случайных сигналов.

Известны способы анализа основанные на периодической выборке мгновенных значений сигнала и весовом суммировании выборочных значений сигнала [1].

Однако точность их анализа недостаточна, так как они не позволяют выделять амплитуду и фазу гармоник периодических сигналов и находить оценки взаимных спектров.

Цель изобретения - повышение точности анализа.

Указанная цель достигается за счет того, что в способе анализа спектра сигналов, основанном на периодической выборке мгновенных значений исследуемого сигнала и весовом суммировании заданного числа выбираемых значений при перестройке частоты анализа путем изменения периода выборки, производят до-

2

полнительную периодическую выборку мгновенных значений исследуемого сигнала с тем же периодом выборки, но сдвинутой по отношению к исходной выборке на отрезок времени, обратно пропорциональный учетверенной частоте анализа, раздельно суммируют с заданным весом полученные выборки, при этом период исходной и дополнительной выборок устанавливают кратным величине, обратно пропорциональной частоте анализа.

На чертеже приведена структурная схема устройства, реализующего предлагаемый способ.

Оно содержит два идентичных канала, работающих синхронно и сдвигно для входных сигналов, каждый из которых состоит из дискретизаторов 1 и 2, сумматоров 3 и 4, сдвиговых регистров 5 и 6, преобразователя 7 и синхронизатора 8. Синхронизатор 8 настроен так, что на его выходе вырабатываются пары управляющих сигналов, второй из которых будет появляться после первого через ин-

тервал времени  $\nabla = 1/4 f = \Delta/4$ , где  $f$  - частота, на которой осуществляется анализ спектра. Период  $\Delta$  сигналов устанавливается равным  $1/f$  или  $K/f$ , где  $K \gg 2$  - целое число.

На выходе 9 синхронизатора 8 вырабатывается серия управляющих сигналов, определяемая видом преобразований, необходимых характеристик оценок преобразования Фурье исследуемых сигналов. Эти сигналы появляются после того, как с помощью сумматора просуммируется заданное число  $N$  выбираемых значений исследуемых сигналов в каждом сигнальном канале.

Число  $N$  может задаваться либо из конструктивных соображений либо как целая часть отношения интервала времени  $T$ , на котором анализируются исследуемые сигналы, к периоду выборки  $\Delta$ . В свою очередь,  $T$  может определять из требований необходимого разрешения по частоте или других требований по известным правилам.

Анализ спектра осуществляется следующим образом.

Перед началом анализа анализатор устанавливается в исходное состояние, при котором сумматоры 3 и 4, сдвиговые регистры 5 и 6, регистры преобразователя 7 обнулены, синхронизатор 8 настроен так, что период следования парных управляющих сигналов на выходе 9 равен  $\Delta$ . Значение коэффициента  $K$  выбирается, исходя из быстродействия элементов анализатора, интервала  $T$  анализа сигнала, предельных или целесообразных значений числа  $N$  суммируемых выборочных значений исследуемых сигналов. Если анализируемый сигнал узкополосный то коэффициент кратности  $K$  выбирается так, чтобы при заданном интервале анализа  $T$   $N = \frac{T}{\Delta} \gg 10$ .

В простейшем случае  $\Delta = 1/f$ . Затем задается число  $N$ . После этого анализатор готов к проведению анализа на частоте  $f$ .

Исследуемые сигналы  $X(t)$ ,  $Y(t)$  подаются на вход своих дискретизаторов 1 и 2, запускается синхронизатор 8. Момент появления первого управляющего сигнала первой пары сигналов на выходе 10 синхронизатора 8 принимается за начало отсчета времени  $t=0$ . После появления первого сигнала первой пары управляющих сигналов на выходе 10 синхронизатора 8 дискретизаторы 1 и 2 осуществляют выборку мгновенных зна-

чений сигналов в момент времени  $t=0$ . Поскольку для  $X(t)$  и  $Y(t)$  работа происходит аналогично, далее рассмотрим только сигнал  $X(t)$ .

5 Полученное выборочное значение  $X(0)$  посредством сумматора 3 суммируется с заданным весом  $h_0$  с содержимым второго каскада сдвигового регистра 5 (в данном случае оно равно нулю, так как перед началом анализа регистр был обнулен). Полученное значение суммы  $R(\Delta)_{1X} = h_0 X(0)$  записывается в первый каскад регистра 5, содержимое которого (в данном случае нуль) переписывается во второй каскад.

Через интервал времени  $\nabla$  после первого сигнала на выходе 10 синхронизатора 8 появляется второй сигнал первой пары управляющих сигналов. Дискретизатор 1 вырабатывает первое выборочное значение  $X(\nabla)$  дополнительной периодической выборки. Сумматор 3 получает сумму  $I_{1X}(\Delta) = h_0' X(\nabla)$  выбранного значения  $X(\nabla)$  с заданным весом  $h_0'$  и содержимого второго каскада регистра 5 (в данном случае нуль). Полученная сумма записывается в первый каскад регистра 5, из которого ранее полученная сумма  $R_{1X}(\Delta)$  переписывается во второй каскад.

30 Через интервал времени  $X$  после первого сигнала первой пары управляющих сигналов на выходе 10 синхронизатора 8 появляется первый сигнал второй пары управляющих сигналов. Дискретизатор 1 вырабатывает второе выборочное значение  $X(\Delta)$ , производится его взвешенное (с весом  $h_1$ ) суммирование со значением  $R_{1X}(\Delta)$ , содержащимся во втором каскаде регистра 5, запись полученного результата  $R_{2X}(\Delta) = R_{1X}(\Delta) + h_1 X(\Delta)$  в первый каскад регистра и перепись  $T_{1X}(\Delta)$  из первого каскада регистра во второй. Далее в момент времени  $t = \Delta + \nabla$  по второму сигналу второй пары управляющих сигналов на выходе 10 синхронизатора дискретизатор 1 производит выборку значения  $X(\Delta + \nabla)$ , которое с заданным весом  $h_1'$  суммируется со значением  $I_{1X}(\Delta)$ . Полученное на выходе сумматора 3 значение  $I_{2X}(\Delta) = I_{1X}(\Delta) + h_1' X(\Delta + \nabla)$  записывается в первый каскад регистра 5, а его содержимое переписывается во второй каскад.

55 Указанные операции выполняются  $N$  раз, в результате чего в первом каскаде регистра 5 будет значение суммы  $I_{NX}(\Delta)$  а во втором каскаде - значение суммы  $R_{NX}(\Delta)$ .

Полученные значения  $R_{Nx}(\Delta)$  и  $I_{Nx}(\Delta)$  принимаются за действительную и мнимую составляющие оценки преобразования Фурье исследуемого сигнала  $x(t)$  на участке  $[0, T]$

Аналогично синхронно получаются  $R_{iy}(\Delta)$  и  $I_{iy}(\Delta)$ , так что через  $N-1$  периодов парной выборки сигнала  $y(t)$  во втором и первом каскадах регистра преобразователя 7 будут содержаться значения  $R_{Ny}(\Delta)$  и  $I_{Ny}(\Delta)$ .

После этого по управляющим сигналам с синхронизатора 8 значения  $R_N(\Delta)$  и  $I_N(\Delta)$  передаются в преобразователь 7, где по сигналам с выхода 9 синхронизатора 8 производится их преобразование, необходимое для получения анализируемой спектральной характеристики. Например, если необходимо проанализировать на частоте  $f$  значение спектра мощности или энергии  $S_x(\omega)$  сигнала  $x(t)$ , то в преобразователе 7 находится  $S_{Nx}(\omega)$ .

При анализе фазового спектра  $\Phi_x(\omega)$  на частоте  $f$  находится  $\Phi_{Nx}(\omega)$ .

При анализе взаимных спектров  $S_{xy}(\omega)$  сигналов  $x(t)$  и  $y(t)$  в преобразователе 7 находится оценка  $S_{Nxy}(\omega)$ .

Весовые коэффициенты  $h_{ij}, h_i$  определяются согласно требуемой весовой функции или из конструктивных соображений, например из условия наиболее дешевой реализации сумматора.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет анализировать собственные и взаимные спектральные характеристики детерминированных и случайных сигналов, значительно расширив возможности способа - прототипа и обеспечи-

вая при этом уменьшение дисперсии оценок спектральных плотностей. Его реализация в технических устройствах позволит в несколько раз уменьшить объем оборудования и повысить быстродействие по сравнению с устройствами, основанными на использовании преобразования Фурье, в частности быстрого преобразования Фурье, за счет устранения умножителей и генераторов опорных гармонических сигналов и выбора соответствующего значения коэффициента кратности  $K$ .

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ анализа спектра сигналов, основанный на периодической выборке мгновенных значений исследуемого сигнала и весовом суммировании заданного числа выбираемых значений при перестройке частоты анализа путем изменения периода выборки, отличающийся тем, что, с целью повышения точности анализа, производят дополнительную периодическую выборку мгновенных значений исследуемого сигнала с тем же периодом выборки, но сдвинутым по отношению к исходной выборке на отрезок времени, обратно пропорциональный учетверенной частоте анализа, раздельно суммируют с заданным весом полученные выборки, при этом период исходной и дополнительной выборок устанавливают кратным величине, обратно пропорциональной частоте анализа.

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе  
1. Авторское свидетельство СССР № 253193, кл. G 01 R 23/16, 1969.

