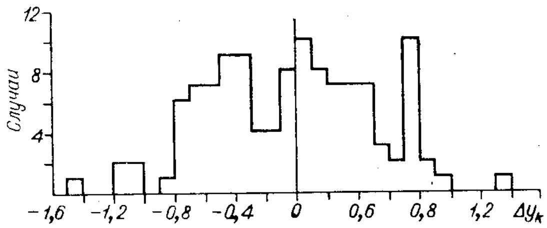


Рис. 2. Гистограмма абсолютной погрешности (для 160 отсчетов).

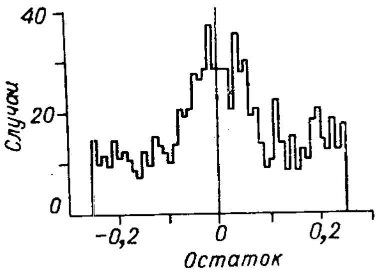


Рис. 3. Гистограмма остатков.

практики корреляционных устройств *. Быстродействие вычислительного устройства при использовании достаточно скоростных логических микросхем практически определяется быстродействием МОЗУ. Если же исходные данные поступают из аналого-цифрового канала, то быстродействие определяется элементной базой логических схем и может достигать миллиона подсуммирований.

Для качественной оценки погрешности вычисления корреляционной функции было проведено моделирование работы устройства на универсальной ЭВМ.

В качестве исходной функции взята синусоида, у которой с целью исключения повторений отсчетов частота принята медленно изменяющейся:

$$A(n)=\sin[\pi/15+(22/135\pi+\pi/252n)n],\ n=0,\ 1,\ 2,\ \ldots,\ 160.$$

Для этой функции вычислялась автокорреляционная функция в пределах 80 отсчетов. Для сравнения вычислялась та же функция автокорреляции обычным способом (с использованием умножения).

На рис. 2 приведена гистограмма значений абсолютных погрешностей вычисления корреляционной функции приближенным путем в 120 точках по сравнению с точным значением. Заметим, что абсолютное значение автокорреляционной функции при $\tau=0$ равно +40. Отсюда можно определить относительную погрешность предложенного метода, которая с большой степенью вероятности не превосходит $\pm 3\%$.

На рис. 3 представлена гистограмма величин остатков, передаваемых в следующий отсчет функции x_{i+k}. Здесь заметно проявление арксинусного закона распределения остатков.

Таким образом, предложенный алгоритм вычисления корреляционной функции и устройство, реализующее его, позволяют разработать коррелятор, отличающийся несложным аппаратурным решением и высоким быстродействием при сравнительно небольших погрешностях вычислений.

Использование таких корреляторов особенно предпочтительно при обработке многоканальной сейсмической, в частности вибросейсмической, информации, когда зондирующий сигнал является общим опорным сигналом для всех j каналов. В этом случае коррелятор будет включать в себя j узлов подсуммирования f_i и лишь один узел преобразования оператора x_{i+k}.

Поступило в редакцию
29 августа 1974 г.

УДК 519.27

А. П. ГИТНИК

(Калинин)

О РАСЧЕТЕ ДВУМЕРНОЙ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОГИБАЮЩЕЙ СТАЦИОНАРНОГО УЗКОПОЛОСНОГО НОРМАЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Двумерная функция распределения огибающей — одна из важных вероятностных характеристик узкополосного нормального случайного процесса. Для стационарного процесса в [1] было получено выражение для плотности распределения

* Жовинский В. Н., Арховский В. Ф. Корреляционные устройства. М., «Энергия», 1974.

$$w_2(r_1, r_2; R_0) = \frac{r_1 r_2}{\sigma^4\left(1-R_0^2\right)} e^{-\frac{r_1^2+r_2^2}{2\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}} I_0\left[\frac{R_0 r_1 r_2}{\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}\right] \quad (r_1 \geqslant 0, \quad r_2 \geqslant 0),$$

а также для интегральной функции распределения, которое можно записать в следующем виде:

$$F_2(r_1, r_2; R_0) = \left(1-R_0^2\right) \sum_{m=0}^{\infty} R_0^{2m} \left\{1 - P\left[\frac{r_1^2}{\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}, 2(m+1)\right]\right\} \times$$

$$\times \left\{1 - P\left[\frac{r_2^2}{\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}, 2(m+1)\right]\right\}, \tag{1}$$

где $P(\chi^2, n)$ — функция вероятности χ^2, табулированная в [2].

Однако расчет функции распределения $F^2(r_1, r_2; R_0)$ по формуле (1) вызывает определенные трудности, особенно при значениях R_0, близких к единице. В связи с этим заслуживает внимания способ вычисления функции распределения $F_2(r_1, r_2; R_0)$ с помощью обобщенной функции распределения Релея

$$P(u, v) = \int_0^u x e^{-\frac{x^2+v^2}{2}} I_0(vx)\, dx,$$

подробные таблицы которой приведены в [3, 4 и др.].

Будем исходить из следующего выражения:

$$F_2(r_1, r_2; R_0) = \int_0^{r_1}\int_0^{r_2} w_2(x_1, x_2; R_0)\, dx_1 dx_2 =$$

$$= \int_0^{r_2} \frac{x_2}{\sigma^2} e^{-\frac{x_2^2}{2\sigma^2}} \left\{\int_0^{r_1} \frac{x_1}{\sigma^2\left(1-R_0^2\right)} e^{-\frac{x_1^2+(R_0x_2)^2}{2\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}} I_0\left[\frac{R_0 x_2 x_1}{\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}\right] dx_1\right\} dx_2 =$$

$$= \int_0^{r_2} \frac{x_2}{\sigma^2} e^{-\frac{x_2^2}{2\sigma^2}} P\left(\frac{r_1}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}}, \frac{R_0 x_2}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}}\right) dx_2.$$

Применив к последнему интегралу формулу интегрирования по частям и учитывая, что

$$\frac{\partial P(u, v)}{\partial v} = -u e^{-\frac{u^2+v^2}{2}} I_1(uv),$$

получаем

$$F_2(r_1, r_2; R_0) = 1 - e^{-\frac{r_1^2}{2\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}} - e^{-\frac{r_2^2}{2\sigma^2}} P\left(\frac{r_1}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}}, \frac{R_0 r_2}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}}\right) -$$

$$- \frac{R_0 r_1}{\sigma^2\left(1-R_0^2\right)} e^{-\frac{r_1^2}{2\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}} \int_0^{r_2} e^{-\frac{x_2^2}{2\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}} I_1\left[\frac{R_0 r_1 x_2}{\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}\right] dx_2.$$

Вновь применим к интегралу формулу интегрирования по частям. Тогда, учитывая, что $\int I_1(z)dz = I_0(z)$, нетрудно после некоторых преобразований получить

$$F_2(r_1, r_2; R_0) = 1 - \left\{e^{-\frac{r_1^2+r_2^2}{2\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}} I_0\left[\frac{R_0 r_1 r_2}{\sigma^2\left(1-R_0^2\right)}\right] + \right.$$

$$+e^{-\frac{r_1^2}{2\sigma^2}}P\left(\frac{r_2}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}},\ \frac{R_0r_1}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}}\right)+e^{-\frac{r_2^2}{2\sigma^2}}P\left(\frac{r_1}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}},\ \frac{R_0r_2}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}}\right)\Biggr\}. \tag{2}$$

Если воспользоваться формулой симметрии [3]

$$P(u,\ v)+P(v,u)=1-e^{-\frac{u^2+v^2}{2}}I_0(uv),$$

то можно получить выражение для $F_2(r_1,\ r_2;\ R_0)$, не содержащее функции Бесселя $I_0(z)$:

$$F_2(r_1,\ r_2;\ R_0)=P\left(\frac{r_2}{\sigma},\ 0\right)-e^{-\frac{r_1^2}{2\sigma^2}}P\left(\frac{r_2}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}},\ \frac{R_0r_1}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}}\right)+$$

$$+e^{-\frac{r_2^2}{2\sigma^2}}P\left(\frac{R_0r_2}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}},\ \frac{r_1}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}}\right). \tag{3}$$

Заметим, что расчёты $F_2(r_1,\ r_2;\ R_0)$ по формуле (3) можно производить как вручную с использованием таблиц, так и на ЭВМ с использованием специальных процедур вычисления функции $P(u,\ v)$.

Представляет интерес поведение функции распределения $F_2(r_1,\ r_2;\ R_0)$ в предельных случаях: $R_0\to 0$ и $R_0\to 1$. При достаточно малых значениях R_0, используя разложения:

$$e^{-v}\approx 1-v;\ I_0(v)\approx 1+\frac{v^2}{4};\ P(u,\ v)\approx 1-e^{-\frac{u^2}{2}}\left(1+\frac{u^2v^2}{4}\right),$$

нетрудно получить, исходя из формулы (2), следующее выражение:

$$F(r_1,\ r_2;\ R_0)\approx\left(1-e^{-\frac{r_1^2}{2\sigma^2}}\right)\left(1-e^{-\frac{r_2^2}{2\sigma^2}}\right)+\frac{R_0^2r_1^2r_2^2}{4\sigma^4}e^{-\frac{r_1^2+r_2^2}{2\sigma^2}}.$$

При значениях R_0, достаточно близких к единице, используя асимптотическое представление [4]

$$P(u,\ v)\sim[1+\Phi(u-v)]/2,$$

где $\Phi(z)=\frac{2}{\sqrt{2\pi}}\int\limits_0^z e^{-\frac{t^2}{2}}dt$, можно получить, исходя из формулы (3), следующее представление функции распределения:

$$F_2(r_1,\ r_2;\ R_0)\sim 1-\frac{1}{2}\left\{\left[1+\Phi\left(\frac{r_2-r_1}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}}\right)\right]e^{-\frac{r_1^2}{2\sigma^2}}+\right.$$

$$\left.+\left[1+\Phi\left(\frac{r_1-r_2}{\sigma\sqrt{1-R_0^2}}\right)\right]e^{-\frac{r_2^2}{2\sigma^2}}\right\}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Р. Левин. Теоретические основы статистической радиотехники. Кн. 1-я. М., «Сов. радио», 1969.
2. Е. Е. Слуцкий. Таблицы для вычисления неполной гамма-функции и функции вероятности χ^2. М.—Л., Изд. АН СССР, 1950.

3. Л. С. Барк, Л. Н. Большев, П. И. Кузнецов, А. П. Черенков. Таблицы распределения Релея — Райса. М., Изд. АН СССР, 1964.
4. Г. Г. Абезгауз, А. П. Тронь, Ю. Н. Копенкин, И. А. Коровина. Справочник по вероятностным расчетам. М., Воениздат, 1970.

Поступило в редакцию
24 февраля 1975 г.

УДК 621.398

А. А. ГРЕШИЛОВ
(Москва)

КАНАЛ ПЕРЕДАЧИ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

В сообщении рассматривается канал передачи данных с амплитудного анализатора АИ-1024-4 через аппаратуру передачи данных (АПД) «Аккорд-1200ПП»* на ЭВМ «Минск-32»; разработано устройство управления и согласования (УУС) спектрометра и АПД. При помощи УУС информация, находящаяся в ЗУ анализатора, в виде электрических сигналов вводилась в АПД, минуя стандартный перфоввод аппаратуры «Аккорд».

В функции УУС входит:

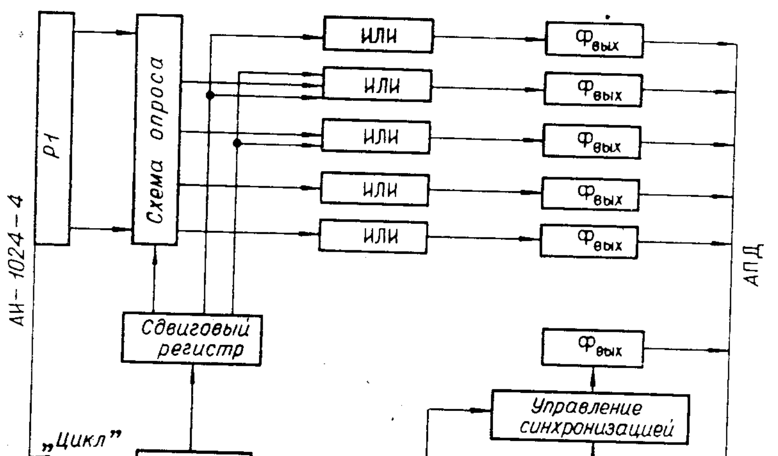
автоматический вывод информации из анализатора с добавлением служебных признаков, необходимых для правильного ввода цифровой информации в ЭВМ «Минск-22»;

обеспечение синхронизации вывода информации по сигналам от АПД;

согласование параметров сигналов обмена между УУС и АПД и между УУС и анализатором.

Структурная схема разработанного устройства согласования приведена на рисунке.

Кнопкой «Пуск АИ» открывается схема управления и пропускается сигнал «Старт» с АПД через формирователь (Ф) входа. Сигнал «Старт» устанавливает синхродорожку, производит сдвиг на «1» в регистре сдвига, через схему ИЛИ проводит запись служебного кода «+десятичный» и запускает программу вывода содержимого первого канала амплитудного анализатора. Выходы триггеров арифметического и вспомогательного регистров (Р1) устройства накопления и обработки информации анализатора подаются на схему опроса, которая управляется перепадами напряжения с регистра сдвига. Перепады напряжения со схемы опроса поступают на формирователи выхода и далее в АПД.



---

* Дивногорцев Г. П., Караченцева Н. Я., Яшин В. М. Передача данных в сетях вычислительных центров. Минск, «Наука и техника», 1971.