

ЦИФРО-АНАЛОГОВОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УСЛОВНЫХ СРЕДНИХ

При некоторых исследованиях возникает необходимость оценить меру статистической зависимости между двумя случайными сигналами. Однако применяемые методы корреляционного анализа, основанные на измерении коэффициента корреляции между сигналами, подчас оказываются малоэффективными или вообще неприменимы. В таких случаях статистическая зависимость должна характеризоваться линией регрессии (1) и корреляционным отношением (2):

$$\Phi(x, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} y \omega(y/x, \tau) dy, \quad (1)$$

$$P_{yx}(\tau) = (\langle \Phi^2(x, \tau) \rangle)^{1/2} / \sigma_y. \quad (2)$$

Следует отметить, что применение методов регрессионного анализа сдерживается отсутствием специальной аппаратуры с достаточно высокой точностью измерения и сравнительной простотой практической реализации. Описанные в литературе аналоговые методы [1—4] вычисления линии регрессии имеют низкую точность, а чисто цифровые методы [4, 5] сложны в реализации, так как в качестве усредняющего устройства требуют алгебраического сумматора. В настоящей работе предлагается цифро-аналоговый регрессометр, в котором алгебраический симматор заменен аналоговым интегратором, что позволило значительно упростить схему регрессометра и добиться при этом необходимой точности измерения (рис. 1).

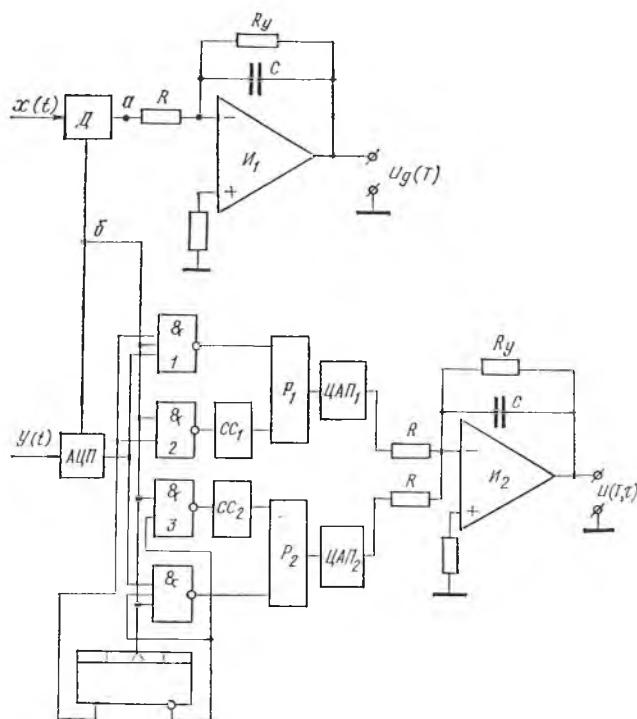


Рис. 1. Функциональная схема цифро-аналогового регрессометра:

Д — дискриминатор; АЦП — аналого-цифровой преобразователь; СС — схема сброса регистра в начальное состояние; Р — регистр; ЦАП — суммирующий цифро-аналоговый преобразователь; И — интегратор

Рассмотрим предлагаемый метод измерения линии регрессии. Для стационарных эргодических процессов $x(t)$ и $y(t)$ усреднение по ансамблю реализаций можно заменить усреднением по времени одной реализации, т. е. формулу (1) заменить формулой (3):

$$\Phi^*(x, \tau) = \frac{1}{T} \int_0^T y(t + \tau) \Big|_{x(t)=x} dt \cong \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y(t_i + \tau) \Big|_{x(t)=x}, \quad (3)$$

где $\Phi^*(x, \tau)$ — оценка линии регрессии; x — уровень дискриминации; t_i — корни уравнения $x(t) = x$.

Так как выборки процесса $y(t)$ представляют собой импульсы с амплитудой $y(t_i + \tau)$ и длительностью t_u , результат их усреднения интегратором представляет собой оценку линии регрессии лишь с точностью до множителя N — числа переходов процессом $x(t)$ уровня дискриминации x , который в зависимости от уровня дискриминации меняется в широких пределах. При использовании интегратора, выходное напряжение регрессометра

$$U(T, \tau) = \frac{1}{T} \int_0^T y(t_i + \tau) dt = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N y(t_i + \tau) t_u = \langle N \rangle t_u \Phi^*(x, \tau). \quad (4)$$

Чтобы избавиться от этого множителя, необходимо разделить (4) на постоянную составляющую импульсов с дискриминатора (5):

$$U_g(T) = \frac{1}{T} \int_0^T U_g(t) dt = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N U_g t_{ug} = \langle N \rangle U_g t_{ug}, \quad (5)$$

$$\frac{U(T, \tau)}{U_g(T)} = \frac{t_n}{U_g t_{ug}} \Phi^*(x, \tau) = k \Phi^*(x, \tau). \quad (6)$$

Так как t_u , U_g , t_{ug} — постоянные величины (рис. 2), то, подбирая их таким образом, чтобы $k=1$, получим, что результат деления будет представлять собой оценку линии регрессии. Таким образом, алгоритм нахождения точек линии регрессии является результатом деления постоянной составляющей выборок $y(t_i + \tau)$ процесса $y(t)$ на постоянную составляющую импульсов с дискриминатора.

Для того, чтобы повысить точность определения величины постоянной составляющей, необходимо удлинить импульсы, поступающие на интеграторы. Однако в некоторые моменты времени при этом возможно перекрытие импульсов, что приведет к потере части постоянной составляющей и ошибке в определении $\Phi^*(x, \tau)$. Чтобы устранить это при определении $U(T, \tau)$ в схеме имеются два одинаковых регистра P_1 и P_2 , в которые с помощью триггера, находящегося в счетном режиме, и системы клапанов 1—4 поочередно записываются выборки процесса $y(t)$. При этом длительность импульса t_u можно увеличить до предельного значения $1/f_B$, где f_B — верхний срез полосы частот, занимаемый процес-

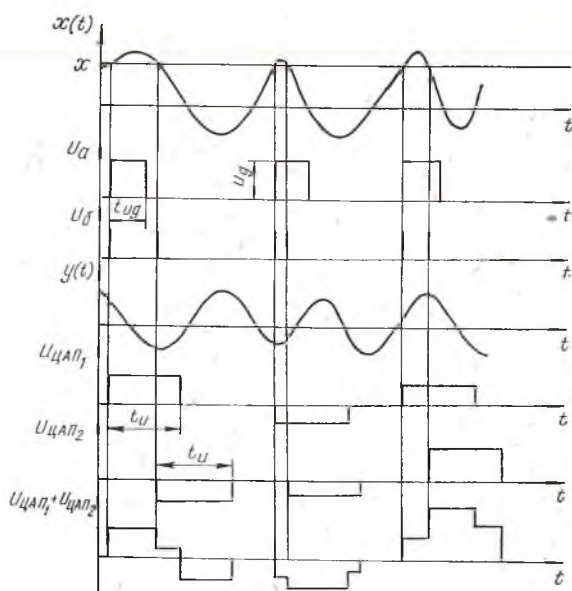


Рис. 2. Временные диаграммы напряжений в основных точках цифро-аналогового регрессометра

сом $x(t)$, что позволяет существенно уменьшить погрешность интегрирования. Схема сброса через время t_u устанавливает регистр в начальное состояние, которое соответствует нулевому напряжению на выходе ЦАП. Для устранения перекрытия импульсов, поступающих на интегратор И₁, они вырабатываются дискриминатором лишь при пересечении процессом $x(t)$ уровня дискриминации снизу. В интеграторах параллельно конденсатору C включено сопротивление R_y . При таком включении интегратор работает аналогично фильтру низких частот, что существенно облегчает методику измерения, так как отсутствует дрейф нуля интегратора.

На основании этой функциональной схемы изготовлен макет регрессометра и экспериментально проверен предложенный метод. Максимальная ошибка определения ординат линии регрессии при измерениях не превышала 5 %, причем, увеличивая постоянную времени интегрирования интеграторов, погрешность можно еще более уменьшить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирьянов Г. К.— Изв. вузов СССР. Радиофизика, 1967, т. 10, № 11.
2. Тюрин П. Г. Об экспериментальном нахождении линии регрессии стационарных процессов.— Труды I Всесоюзного симпозиума: Методы представления и аппаратный анализ случайных процессов.— М., 1968.
3. Демкин Л. П., Тюрин П. Г.— В сб.: Морское приборостроение. Сер. акустика, 1973, вып. 3.
4. Мирский Г. Я. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов.— М., 1972.
5. Чеголин П. М., Пойда В. Н. Методы, алгоритмы и программы статистического анализа.— Минск, 1971.

Поступила в редакцию
12.05.80

Кафедра радиофизики
и электроники СВЧ

УДК 621.793.184

И. Г. НЕКРАШЕВИЧ, В. А. ЛАПШИН

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ, ЭРОЗИОННЫМИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВАКУУМНОЙ ДУГИ

Основными характеристиками вакуумного дугового разряда являются электрическая мощность, выделяющаяся в дуговом промежутке, тепловая мощность, рассеиваемая на электродах и скорость разрушения электродов. Изучение этих характеристик актуально в связи с интенсивными исследованиями в нашей стране [1—3] и за рубежом [4—6] новых типов электродуговых устройств таких, как сильноточные коммутационные системы, электродуговые нагреватели газа и ускорители плазмы.

Следует отметить, что особенный интерес представляет выяснение взаимосвязи между электрическими характеристиками дугового разряда, скоростью эрозии электродов и их физическими свойствами, а также тепловыми потоками, рассеиваемыми в электродах. Решение этой задачи позволит уточнить представление об основных физических процессах, протекающих в дуге, правильно выбрать режим работы и материалы электродов при создании новых приборов и технологических процессов, в основе работы которых используется дуговой разряд.

Целью работы явилось изучение взаимосвязи катодного падения потенциала в вакуумной дуге со скоростью эрозии электродов и тепловыми потоками, поступающими в них. Для этого проводились измерения тока дуги и катодного падения потенциала, времени горения дуги, массы, температуры и скорости эрозии электродов.

Измерение катодного падения потенциала проводилось методом измерения напряжения на электродах вакуумной дуги при давлении остаточных газов в экспериментальной камере порядка 10^{-4} Па. При заданном токе дуги электрическая мощность, выделяющаяся в дуговом про-