ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ С. М. КИРОВА

Том 282 1974

К ВОПРОСУ ИЗМЕРЕНИЯ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

В. А. ЗАХАРЕНКО, А. В. ШМОЙЛОВ

(Представлена научным семинаром кафедры электрических станций)

При оценке работы сложных систем, в частности энергетических, при построении и анализе функционирования автоматических устройств управления, при исследовании математических моделей реальных физических процессов требуется использовать характеристики случайных процессов.

В таких случаях вероятностный подход к поставленным задачам дополняет или заменяет детерминированный подход, связанный с преодолением серьезных математических трудностей. Поэтому разработка и исследование методов устройств измерения параметров случайных процессов является актуальной задачей, которой в последние годы посвящено много работ [1÷9].

Наиболее часто используемой для практических целей вероятностной характеристикой служит математическое ожидание. Математическое ожидание используется и как самостоятельный параметр случайного процесса, и как необходимая математическая операция при определении средней мощности, дисперсии, корреляционной функции, которые в основном используются для анализа недетерминированных величин.

При оценке математического ожидания стационарных эргодических процессов используются два метода. Либо один и тот же процесс рассматривается в различные моменты времени с целью накопления совокупности наблюдаемых величин, либо в один и тот же момент времени наблюдается совокупность случайных величин. Эргодическая теорема математической статистики утверждает, что для стационарных процессов оба метода равноценны. То есть для стационарного эргодического процесса вероятностные характеристики могут быть получены с вероятностью, близкой к единице, в результате некоторого осреднения по времени одной реализации $x(t)$ достаточно большой (теоретически бесконечной) длительности [6].

Математическое ожидание характеризует средние значения случайного процесса. Таким образом, для стационарного эргодического случайного процесса $X(t)$ математическое ожидание $M[X(t)]$ определяется как

$$M[X(t)] \approx \frac{1}{T}\int_0^T x(t)dt, \qquad (1)$$

где

T — период осреднения, $x(t)$ — реализация процесса.

Алгоритм (1) можно реализовать аппаратурно устройствами аналогового или дискретного типа [1÷3]. При дискретном анализе часть информации теряется. Кроме того, это приводит к труднооценимым статистическим ошибкам [2]. В этой связи аналоговый способ измерения наиболее предпочтителен.

Структура аналогового устройства (рис. 1), определяющего среднее значение случайного процесса, вытекает непосредственно из выражения (1). Для этого необходимо случайный процесс $X(t)$ в определенном масштабе подать на интегратор, проинтегрировать, поделить на время осреднения и зафиксировать результат.

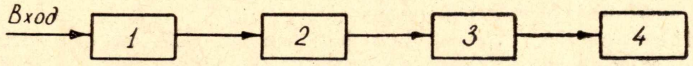

Рис. 1. Блок-схема устройства осреднения: 1 — входной блок; 2 — интегратор; 3 — устройство деления; 4 — устройство индикации

Специфика анализа статистических данных для задач электроэнергетики требует осреднения на длительных периодах времени, а это приводит к проблеме построения качественного интегратора на длительных временных интервалах. Интеграторы, выполненные на базе операционных усилителей современных аналоговых вычислительных машин, не удовлетворяют этим требованиям. Простая аппаратурная реализация операции деления также связана с техническими трудностями.

Учитывая сказанное, нами предлагается следующий алгоритм вычисления математического ожидания:

$$M[X_0(t+\Delta t)]=M[X_0(t)]+\frac{M[X_t(\Delta t)]-M[X_0(t)]}{n}, \qquad (2)$$

где

$M[X_0(t+\Delta t)]$ — математическое ожидание стационарного эргодического случайного процесса за период осреднения, равный $t+\Delta t$;

$M[X_0(t)]$ — то же самое за период осреднения, равный t;

$M[X_t(\Delta t)]$ — математическое ожидание за период осреднения Δt, начиная с момента t;

$n=\frac{t+\Delta t}{\Delta t}$ — количество интервалов.

Алгоритм (2) в реализации позволяет либо применять существующие интеграторы, либо существенным образом увеличить время интегрирования. Деление при измерении $M[X_t(\Delta t)]$ заменяется на масштабный коэффициент, определенный величиной Δt. Деление на n в сравнении с делением на T в алгоритме (1) осуществляется довольно просто.

С применением данного алгоритма нами в настоящее время отрабатывается структура и отдельные элементы прибора. В частности, разработана схема качественного интегрирования в течение получаса, устройство считывания результата измерений.

Выводы

1. Проблемы анализа работы сложных энергосистем выдвигают задачи построения приборов статистического анализа.

2. Предлагается один метод построения прибора для определения среднего случайного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Балл. Аппаратурный корреляционный анализ случайных процессов. «Энергия», 1968.

2. Дж. Бендат, А. Пирсол. Измерение и анализ случайных процессов. «Мир», 1971.

3. Г. Я. Мирский. Аппаратурное определение характеристик случайных процессов. «Энергия», 1967.

4. И. М. Маркович. Режимы энергетических систем. «Энергия», 1969.

5. Ф. Ланге. Корреляционная электроника. Судпромгиз, 1963.

6. В. С. Пугачев. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управлениия. Физматгиз, 1962.

7. В. Ф. Нестерук, А. Н. Порфирьева. Об одном методе определения корреляционной функции нормальных случайных процессов. Известия вузов, «Приборостроение», 1962, № 6.

8. В. И. Чайковский. Методы экспериментального определения корреляционных функций. Известия вузов, «Радиотехника», 1960, № 5.

9. С. Карлин. Основы теории случайных процессов. «Мир», 1971.