

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Д. С. МЕЛҚОНЯՆ, Д. К. РОСТОМЯՆ

ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК  
 ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА, НАБЛЮДАЕМОГО  
 В ПРИСУТСТВИИ ШУМОВ

При экспериментальном исследовании переходных процессов в динамических системах (например, для расчета параметров системы) действие помех часто делает практически невозможным определение характеристик переходного процесса на основании единственного опыта. В таких случаях прибегают к помощи метода накопления (усреднения) и необходимых для его реализации специализированных вычислительных устройств [1, 2], когда регистрируется ряд реакций исследуемой системы на детерминированные воздействия определенного типа, производится их наложение и выделяется средняя реакция.

Применение метода усреднения основано на принятии следующих допущений: 1) сигнал помехи обладает свойством аддитивности и его математическое ожидание равно нулю, 2) кривая переходного процесса не меняется от одной реализации к другой.

В настоящей заметке рассматривается принцип получения усредненных переходных процессов для более сложного случая, когда в результате подачи входных воздействий на систему ее параметры меняются, вследствие чего меняется от одной реализации к другой и кривая переходного процесса.

Для уяснения предлагаемого принципа усреднения разделим опыты по регистрации кривых переходных процессов на  $m$  серий, в каждой из которых на систему подается одна и та же последовательность из  $n$  входных непериодических функций  $x_{jk}$ , где  $j = 1, \dots, m$  — номер серии,  $k = 1, \dots, n$  — номер опыта в серии. То есть для входных функций справедливо соотношение

$$x_{(j+1)k} = x_{jk}, \quad (j=1, \dots, m-1; k=1, \dots, n) \quad (1)$$

Серия может строиться таким образом, чтобы в зависимости от номера опыта варьировались как форма входных непериодических функций, так и интервалы времени между ними. Однако необходимо, чтобы

$$t_{j(k-1)} - t_{jk} \leq T_k, \quad (2)$$

где  $T_k$  — время, за которое практически затухает переходный процесс,

вызванный подачей функции  $x_{jk}$ .

В отношении исследуемой системы принимается: 1) система обладает свойством детерминированности и перед каждой из серий приводится в некоторое контролируемое начальное состояние; 2) закон по которому меняются параметры системы от одного опыта к другому, постоянен для каждой серии.

На этом основании, с учетом равенства (1), можно считать

$$y_{jk} = y_k, \quad (j=1, \dots, m; k=1, \dots, n) \quad (3)$$

где  $y_k$  — детерминированная составляющая выходной функции системы (переходной процесс) в  $k$ -ом опыте. То есть детерминированная составляющая переходного процесса зависит только от номера опыта и повторяется в каждой серии.

Выходная функция системы, следовательно, определяется как

$$z_{jk} = y_k + \xi_{jk}, \quad (4)$$

где  $\xi_{jk}$  — помеха.

Из соотношений (3) и (4) следует, что детерминированная составляющая процесса для каждого опыта может быть выделена путем наложения реализаций по сериям опытов в соответствии с равенством

$$y_{k(\text{ном})} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m z_{jk} = y_k + \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \xi_{jk}, \quad (k=1, \dots, n) \quad (5)$$

где  $y_{k(\text{ном})}$  — измеренная в результате наложения реакции кривая переходного процесса в  $k$ -ом опыте.

Если считать, что функции  $\xi_{jk}$  (при  $j=\text{const}$ ;  $k=\text{var}$ ) являются реализациями некоторого случайного процесса  $\xi_j(t)$ , то при описанных условиях отношение напряжений переходной составляющей процесса и помехи улучшается в  $\sqrt{m}$  раз.

Одной из областей, где в ряде случаев целесообразно использование рассмотренного способа усреднения, является исследование вызванных потенциалов (ВП) мозга. Хорошо известно, что метод усреднения в его обычном виде является основным приемом для выделения из спонтанной электрической активности мозга закономерных составляющих (переходных процессов), вызванных специфическими стимулами [3]. При этом, однако, не учитывается возможность изменения параметров системы, генерирующей ВП, в процессе ее стимуляции. Приводимые ниже данные показывают, что процесс изменения параметров системы может оказывать существенное влияние на ВП.

По данным экспериментов, описанных в работе [4], построены кривые (рис. 1) для двух объектов, которые показывают изменение максимальной амплитуды ( $A$ ) вызванного потенциала в зависимости от номера опыта ( $k$ ). Значения  $A$  получены путем усреднения данных согласно рассмотренному способу по результатам пяти серий опытов.

Кривые показывают закономерное уменьшение амплитуды ВП в процессе стимуляции.

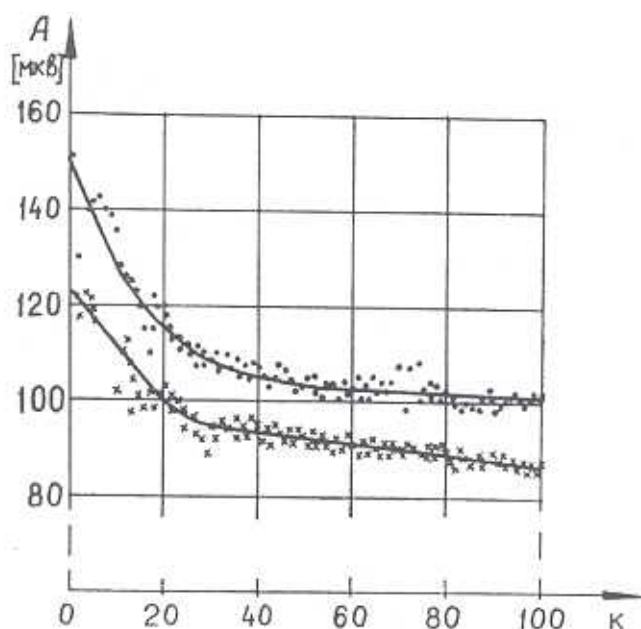


Рис. 1. Кривые зависимости усредненной максимальной амплитуды ( $A$ ) кривой вызванного потенциала от номера опыта ( $k$ ). Точками и крестами показаны усредненные значения параметра  $A$ , полученные на основании пяти серий экспериментов

Таким образом, в данном случае рассмотренный способ усреднения не только приводит к существенному уточнению характеристик усредненного переходного процесса, но и позволяет исследовать закономерности изменения параметров системы под влиянием входных воздействий.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели  
АН АрмССР

Поступило 23.X.1974.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бендат Дж., Пирсол А. Изменение и анализ случайных процессов. Изд-во «Мир», М., 1974.
2. Clynes M. CAT computer. Instruments and Control Systems, 35, 8, 1962.
3. Кожеников В. А., Мещерский Р. М. Современные методы анализа электроэнцефалограммы. Медгиз, М., 1963.
4. Ростомян Д. К., Сеферян Е. С., Татевосян Т. Г. Об одном методе анализа динамики изменения вызванного потенциала. «Биологический журнал Армении», 26, 10, 1973.