

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗОВЫХ ПАРАМЕТРОВ В СПЕКТРАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ

В статье рассматривается методика определения базовых параметров для многопараметрических исследований. Приводится использование методики для восстановления спектра ступенчатого сигнала и его параметров.

Предлагается следующий алгоритм определения базовых параметров в спектральном анализе:

1. Строим матрицу исследования (строчки-наблюдения, столбцы-параметры исследования).

2. Методом главных компонент находим матрицу факторных нагрузок. Осуществляем варимаксное вращение в пространстве факторов (строчки в матрице факторных нагрузок – параметры исследования, столбцы-гипотетические переменные, факторы).

3. В каждой строчке матрицы факторных нагрузок, то есть для каждого параметра исследования, находим максимальную по модулю факторную нагрузку.

4. Определяем по каждому фактору попадание в этот фактор параметров с максимальной по модулю факторной нагрузкой (пункт 3). То есть тем самым определяем объединение параметров по факторам.

5. В объединившихся в каждом факторе параметрах выбираем один параметр с максимальной по модулю факторной нагрузкой. Число таких выбранных параметров будет равно, очевидно, числу факторов.

6. Строим для всех параметров исследования полиномиальные модели, аргументами в которых будут выбранные в пункте 5 параметры.

7. По построенным моделям для каждого параметра осуществляем определение вкладов параметров-аргументов (оценку количественной обусловленности параметров выбранными параметрами).

8. Сравниваем качественные групповые обусловленности, объединения параметров по факторам, с количественными обусловленностями параметров, полученными в пункте 7.

Если групповые и количественные обусловленности для всех параметров исследования не будут сильно отличаться по числу не совпадений, то выбранные в пункте 5 параметры могут быть приняты за базисные при описании данного многопараметрического объекта, матрица исследования которого была взята за основу в данном алгоритме. То есть тем самым осуществляем минимизацию количества пара-

метров исследования, потому что число факторов меньше числа параметров.

Рассмотрим использование метода для процесса в виде последовательности одиночных импульсов длительности  $\tau$  и периода  $T$ :

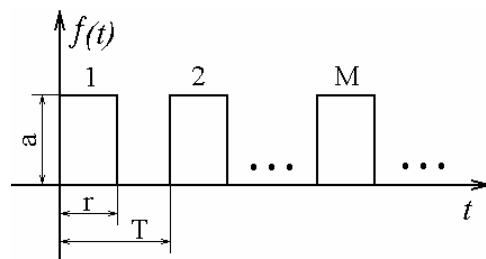


Рисунок 1. Последовательность одиночных импульсов.

Амплитудный и фазовый спектр последовательности при  $a=1$  [1]:

$$|A_k| = 2/k\pi * |\sin(k\tau\pi/T)|, \quad \varphi_k = -k\pi\tau/T, \quad (1)$$

$$a_k = a/k\pi * \sin(2k\tau\pi/T), \quad b_k = a/k\pi * (1 - \cos(2k\tau\pi/T)), \quad k=0, 1, 2, \dots$$

Считая, что  $a$ ,  $\tau$ ,  $T$  нормально распределены, построим матрицу исследования с параметрами – столбиками [2]:

$$a, \tau, T, a_k, k=0, 1, 2, \dots 60, b_k, k=1, 2, \dots 60.$$

Строчками в этой матрице будут генерации нормально распределенных значений  $a$ ,  $\tau$ ,  $T$  с соответствующими  $a_k$  и  $b_k$ .

При построении матрицы исследования было осуществлено 50 генераций.

Размер матрицы, очевидно,  $50 \times 124$ , потому что рассматривалось 60 гармоник.

Для определения базовых параметров на матрице исследования был проведен факторный анализ [4, 5].

На базовых параметрах 2, 3, 8, 16, 25, 34, 42, 49, 56, 63, 70, 80, 89, 98, 107, 113, 121 для всех параметров исследования были построены регрессионные модели (всего 124 модели) [3].

Вот некоторые из них:

**Модель a0 – нулевая гармоника :**

$$a_0 = -1,8379 + 1,5165 * x_3 - 0,1937 * x_3 * x_3 + 1,5045 + 1,4465 * x_8, \quad (2)$$

где \* – умножение.

Значимый по вкладу в модели (2) параметр 8-а (4), четвертая гармоника:

$$\text{вклад} = 1,0014300$$

Таблица 1. Характеристики модели.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛИ	ЗНАЧЕНИЯ
Коэффициент детерминации	0,98
Средняя абсолютная ошибка	0,02
Средняя ошибка в процентах	1,34

Модель а(9) – девятая гармоника :

$$a(9) = -0,2166 + 0,3482 * x^3 - 0,1362 * x^3 * x^3 - 0,2240 * x^8 + 0,1149 * x^8 * x^8 + 0,0027 - 0,8888 * x^{16} + 0,0018 - 0,4569 * x^{56}, \quad (3)$$

где \* – умножение.

Значимые по вкладу в модели (3) параметры:

– параметр 3-а, амплитуда сигнала: вклад = -0,2361769;

– параметр 8-а (4), четвертая гармоника: вклад = 0,1958641;

– параметр – 16, а (12), 12-ая гармоника: вклад = 0,8205599;

– параметр – 56-а (52), 52-ая гармоника: вклад = 0,2361670.

Таблица 2. Характеристики модели.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛИ	ЗНАЧЕНИЯ
Коэффициент детерминации	0,95
Средняя абсолютная ошибка	0,01
Средняя ошибка в процентах	19,7

По построенным регрессионным моделям на базовых параметрах-аргументах были определены все параметры процесса и спектральные характеристики.

По ним был построен модельный сигнал с параметрами:

$$T = 2,0, \tau = 1,0, a = 1,5$$

Цена деления по оси координаты:

$$(X) = 0,1021216$$

Цена деления по оси координаты:

$$(Y) = 0,0772259$$

X	Y
*****	y=1,504226565
*****	y=1,523529053
*****	y=1,531033278
*****	y=1,522669435
*****	y=1,541818023
*****	y=1,544518113
*****	y=1,530249715
*****	y=1,533422709
*****	y=1,448005676
**	y=-0,117475547
*	y=-0,057261195
0	y=0,005029482
0	y=0,025967160
0	y=0,005535156
0	y=-0,004041588

Для тех же параметров исходный сигнал:

Цена деления по оси координаты:

$$(X) = 0,1006285$$

Цена деления по оси координаты:

$$(Y) = 0,0765356$$

X	Y
*****	y=1,512402415
*****	y=1,524880528
*****	y=1,528721213
*****	y=1,530268669
*****	y=1,530712962
*****	y=1,530271173
*****	y=1,528596044
*****	y=1,523977399
*****	y=1,504142880
*	y=0,064777926
0	y=0,015869895
0	y=0,008943156
0	y=0,006523699
0	y=0,005601805
0	y=0,005501992

Как видно из графиков модельного и исходного сигналов, они имеют небольшие отличия в значениях ординат (тысячные и меньше).

То есть методика определения базовых параметров в случае детерминированного процесса оказалась справедливой на уровне спектральных характеристик.

**Список использованной литературы:**

1. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи. – М.: Высшая школа, 1981. – с ил.
2. Бендат Д.Ж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир, 1974.
3. Brandon D.B. Developing Mathematical Models for Computer Control, USA Journal, 1959, V.S, N7.
4. Харман Г. Современный факторный анализ. – М.: Статистика, 1972.
5. Иберла К. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980.