

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАСЩЕПЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПО СОБСТВЕННЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ КОЛЕБАНИЯМ

Кузнецов Ю.В., Баев А.Б., Щекатуров В.Ю.

Московский авиационный институт (государственный технический университет)
125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4
Тел.: (095) 158-40-47
E-mail: mai_k405@mtu-net.ru

Активное функционирование различных объектов, связанное с изменением их энергетического состояния, сопровождается побочными электромагнитными излучениями, охватывающими широкий диапазон частот. Хорошо известно, что импульсная характеристика объекта содержит информацию об этом объекте в полосе частот, которая определяется спектром возбуждающего импульса. Определение основных параметров импульсной характеристики позволяет проводить идентификацию объектов. Известно [1], что физический объект под действием возбуждающих импульсов излучает электромагнитные колебания, характер которых зависит от геометрических размеров и формы объекта. Причем такой сигнал можно разложить по собственным комплексным резонансам. Будем характеризовать объект совокупностью полюсов или собственных резонансных частот на комплексной плоскости и представим поздневременную часть временных отсчетов импульсной характеристики объекта следующим образом:

$$y_k = \sum_{t=1}^M |b_t| \cdot \exp[(\alpha_t + j\omega_t) \cdot k + j\phi_t] + n_k, \quad (1)$$

где $k = 0, \dots, N-1$ - номера отсчетов сигнала y_k , $|b_t|$ и ϕ_t - значения амплитуд и фаз, α_t и ω_t - значения коэффициентов затухания и частот собственных резонансных полюсов объекта соответственно, n_k - отсчеты шума, M - число доминирующих полюсов объекта. Заметим, что положение комплексных полюсов не зависит от ракурса объекта.

Оценку параметров модели (1) можно осуществлять различными методами. Наибольшее распространение получил метод Прони [2]. Этот метод хорошо зарекомендовал себя, но на практике он мало пригоден при работе с зашумленными данными. Метод модифицированного преобразования Фурье позволяет оценить комплексные резонансные частоты, сдвигая или наклоняя ось оценки на p -плоскости в сторону полюсов. Точность такой оценки резко падает с уменьшением амплитуды полюса и его добротности, в особенности если он расположен вблизи мощного полюса. Применяя спе-

циально разработанную функцию окна, можно улучшить разрешение и качество фильтрации шума.

Предлагаемый метод расщепления функций неплохо зарекомендовал себя при анализе зашумленных сигналов. Применение нелинейной обработки данных позволяет сократить время вычислений, так как, в отличие от других известных методов, не требует определения корней полинома и обращения матриц высокого порядка. Основная идея метода состоит в следующем: отсчеты принятого сигнала формируют в информационный вектор:

$$\bar{Y}_t = (y_t, y_{t+1}, \dots, y_{N-L+t-1})^T, \quad (2)$$

Базируясь на таких векторах, определяются две матрицы размером $(N-1) \times L$:

$$Y_0 = (\bar{Y}_{L-1}, \bar{Y}_{L-2}, \dots, \bar{Y}_0) \quad Y_1 = (\bar{Y}_L, \bar{Y}_L, \dots, \bar{Y}_1), \quad (3)$$

где L - это определяющий параметр. Можно показать, что каждый полюс на z -плоскости $\{z_t, t = 1, \dots, M\}$ есть число, понижающее ранг матрицы $Y_1 - zY_0$, либо одно из M собственных чисел матрицы $Y_0^+ Y_1$, при условии $M \leq L \leq N - M$. Индекс "+" означает псевдоинверсию Мура-Пенроуза. Поскольку $Y_0^+ Y_1$ имеет ранг $M \leq L$, то существует M ненулевых и $L-M$ нулевых собственных чисел. Важно отметить, что количество полюсов M может быть заранее оценено по числу наибольших сингулярных чисел матрицы Y_0^+ : $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_M \geq \dots \geq \sigma_{\min(N-L,L)}$, так как $\sigma_{M+1} = \dots = \sigma_{\min(N-L,L)} = 0$ при отсутствии шума.

В результате проведенного моделирования и натурального эксперимента удалось определить параметры модели при различных соотношениях сигнал/шум и различных порядках. Разработанные критерии поиска истинных полюсов позволяют идентифицировать сигнал (объект) по двум-трём наиболее сильным резонансам. В ходе работы были предложены различные методы борьбы с шумами. Перспективой развития данного направления можно считать составление банка данных объектов.

Список литературы

1. Baum, "The Singularity Expansion Method in Transient Electromagnetic Fields", ed. New York Springer-Verlag. ch. 3, 1976.
2. M. Van Blaricum and R. Mitra, "A Technique For Extracting The Poles And Residues Of a System Directly From Its Transient Response," IEEE Trans., vol. AP-23, Nov. 1975.