

08;12  
©1993

## СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ДЛЯ АНАЛИЗА АКУСТИЧЕСКИХ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

*В.В.Дубровский, А.И.Егоров*

Одним из методов численного спектрального анализа является метод дискретного преобразования Фурье (ДПФ). Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) позволяет существенно сократить время вычисления ДПФ, но при этом, однако, существует ограничение на длину  $L$  входной последовательности ( $L = 2^m$ , где  $m$  — целое), и возникает задача согласования реальной длины входной последовательности  $N$  с требуемой  $L$ . Обычно это достигается простым дополнением входной последовательности нулевыми отсчетами [1], причем  $L$  выбирают, исходя из требуемого частотного разрешения, которое составляет  $F/L$ , где  $F$  — частота квантования. В зависимости от применяемых окон спектр сигнала всегда в той или иной мере “размыт”, т.е. содержит линии, отличные по амплитудам и частотам от тех, которые реально были в сигнале.

Предлагаемый нами способ позволяет с помощью простых и не требующих существенных затрат машинного времени действий значительно повысить адекватность отображения в спектре информации о составляющих исследуемого сигнала.

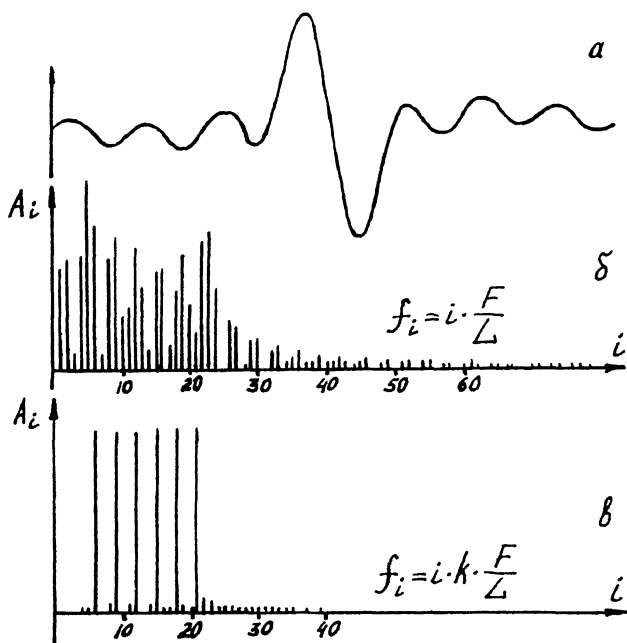
Суть способа состоит в следующем. Пусть  $\{X(n)\}$  — входная последовательность длиной  $N$ . Выбираем  $L$  из условия  $L \geq N$  и увеличиваем частоту дискретизации  $\{X(n)\}$  в  $k = L/N$  раз. При этом предполагаем, что между двумя соседними отсчетами функция, отображением которой является входная последовательность  $\{X(n)\}$ , ведет себя линейно.

После переквантования итоговая последовательность  $\{Y(m)\}$  связана с исходной выражением

$$Y(m) = X(j) + [X(j+1) - X(j)] \cdot (m \cdot k - j),$$

где  $m = 0, 1, 2, \dots$ , а  $j$  — целая часть от  $m \cdot k$ .

Способ наиболее эффективен при исследовании гармонических комплексов, т.е. сигналов, компоненты  $F_k$  которых



Пример работы алгоритма переквантования.

а) — выходной сигнал, б) — спектр при дополнении нулями, в) — спектр после процедуры переквантования.

образуют гармонический ряд ( $F_k = k \cdot 1/T$ , где  $T$  — период комплекса), при условии точного определения периода этого комплекса. В этом случае вопрос разрешения по частоте решается автоматически, и точность определения частот составляющих зависит не от  $L$ , а от точности выделения периода комплекса. Это позволяет из всех возможных  $L$  выбрать минимальное и тем самым увеличить скорость БПФ.

Для иллюстрации способа взята искусственная смесь гармоник 200, 300, ..., 700 Гц одинаковых амплитуд, из которой выделен один период повторения (рисунок, а) и для сравнения приведены спектры сигнала при дополнении входной последовательности нулевыми отсчетами (рисунок, б) и после процедуры переквантования (рисунок, в). В обоих случаях при одинаковой частоте квантования ( $F = 32$  кГц) использовалось прямоугольное окно. Из рисунка видно, что предложенный способ позволил существенно улучшить адекватность отображения в спектре частотных составляющих сигнала. Отметим также, что после процедуры переквантования ошибка в определении частот состав-

вляющих не превысила 1 Гц (при  $m = 9-10$ ), тогда как при дополнении последовательности нулями все частоты в спектре кратны 32 ( $m = 10$ ) или 64 Гц ( $m = 9$ ).

Описанный способ может быть применен, в частности, при исследовании речевых процессов, когда в течение одного квазипериода сигнала (периода основного тона) сигнал представляет совокупность гармоник частоты основного тона. Нами способ использовался при анализе вокализованных элементов речи. Проблема выделения периода основного тона является самостоятельной и может быть решена, например, в соответствии со способом, изложенным в [2].

### Список литературы

- [1] Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.: Мир, 1978. 848 с.
- [2] Егоров А.И., Кичигин П.Г., Кузаков А.М. А.С. 1583970 в Б.И. 29. 1988. МКИ G 10 L 5/00.

Иркутский вычислительный  
центр СО РАН  
Иркутск

Поступило в Редакцию  
13 июля 1993 г.

---