

МИНИМИЗАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ГАРМОНИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ КОНЕЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Зеленко В.В., Суходолов Ю.В., Шейников А.А.
Белорусский национальный технический университет

Аннотация:

Рассматривается возможность минимизации погрешностей, возникающих при гармоническом анализе диагностических сигналов конечной длительности с помощью цифровых средств измерения.

Проводится анализ целесообразности применения различных весовых окон для устранения искажений, обусловленных разрывами и скачками при периодизации диагностических сигналов конечной длительности.

Текст доклада:

Методика эксплуатационного контроля, основанная на спектральном анализе снимаемых сигналов напряжения, предполагает применение в составе измерительного комплекса средств на базе ЦВМ, позволяющих производить не только измерение, но также накопление и обработку диагностической информации.

При обработке сигналов напряжения конечной длительности возникают вопросы, которые необходимо учитывать в процессе гармонического анализа. В частности, конечный интервал наблюдения влияет на точность оценок параметров сигналов. Так, на практике обрабатываемый массив данных состоит из m отсчетов принятого сигнала. Следовательно, с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ) можно получить m отсчетов соответствующего периодического спектра.

При разложении в ряд Фурье конечный участок сигнала напряжения принимается за один период T , который повторяется с частотой $1/T$. Вследствие этого на границах периодов функции появляются разрывы или скачки, что существенно искажает спектр.

Для устранения этих искажений применяются так называемые весовые окна, размер которых равен размеру анализируемого участка. Умножение на весовое окно позволяет свести сигнал напряжения к нулю вблизи краев участка, что в значительной степени устраняет искажения спектра.

На практике применяются следующие окна: прямоугольное (окно Дирехле); треугольное (Фейера и Бартлетта); вида $\cos^u(X)$; Хэмминга; Блэкмана; Рисса (Бохнера, Паэна); Римана; Валле – Пуссена (Джексона, Парэна); Тьюки; Бомана; Пуассона; Хэннинга – Пуассона; Коши (Абея, Пуассона); Гаусса (Вейерштрасса); Дольфа – Чебышева; Кайзера – Бесселя; Барсилона – Темеша. Правильный выбор окна особенно важен при выделении с помощью ДПФ отдельных гармоник в сигнале. Для того, чтобы динамический диапазон обнаружимых сигналов был максимален, преобразование окна должно иметь узкий главный лепесток и очень низкий уровень боковых лепестков. Многие классические окна удовлетворяют этому критерию.

При выделении близких, но существенно отличающихся по амплитуде гармоник наилучшего результата можно достичь при использовании окна Кайзера – Бесселя в связи с легкостью вычисления коэффициентов и возможностью уменьшения уровня боковых лепестков за счет увеличения произведения длительности на полосу частот [1].

Однако применение окна Кайзера – Бесселя целесообразно только в случае необходимости обеспечения максимального спектрального разрешения по частоте. В большинстве же случаев при техническом диагностировании более важной задачей является правильная оценка значений амплитуд характерных гармонических составляющих.

Амплитудные искажения спектра обусловлены наличием широкополосного шума, попадающего в полосу пропускания окна.

В этом смысле окно ведет себя как фильтр, мощность сигнала на выходе которого пропорциональна мощности гармоник входного сигнала в полосе его пропускания. Таким образом, для обнаружения гармонического сигнала необходимо минимизировать накопленный шум за счет уменьшения полосы пропускания окна. Однако, из анализа видно, что в этом случае снижается спектральное разрешение по частоте в связи с увеличением уровня боковых лепестков при приближении параметров весового окна к прямоугольному (имеющему минимальную полосу пропускания).

Из рассмотренных особенностей ДПФ диагностических сигналов можно сделать вывод, что рациональным здесь является применение весовых окон, обеспечивающих одновременно приемлемое разрешение по частоте и амплитуде.

Одним из таких окон является треугольное окно (окно Барлетта). Целесообразность его применения на практике обусловлена простотой математических расчетов при спектральном анализе диагностических сигналов.

Литература

1. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов: пер. с англ. / Р. Лайонс. – 2-е изд. – М.: Бинном, 2006. – 656 с.