

УДК 621.396.96:681.513.6

П.И. Горовой (4 курс, каф. ИСУ), А.Д.Котляров (5 курс, каф. ИСУ),
А.А. Андреев, к.т.н., доц.

МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

Задача обнаружения радиолокационных (РЛ) сигналов является классической и возникает в случаях, когда сигналы принимаются в присутствии помех. Решение этой задачи методами теории оптимальной фильтрации зависит от качества канала связи и даёт приемлемые характеристики при большом отношении отношения. Трудности возникают тогда, когда энергия сигнала сравнима или существенно меньше энергии помехи. Такая ситуация возникает достаточно часто на практике при испытаниях и эксплуатации летательных аппаратов (ЛА).

В данной работе проведено исследование и разработка методов обнаружения РЛ сигнала на фоне аддитивной, мультипликативной и комбинированной (аддитивной и мультипликативной) помех при низком отношении сигнал/шум в канале связи.

Существует множество методов, позволяющих обнаруживать сигналы заданной формы и частично известными параметрами для помех различного типа. Однако все известные методы базируются на априорных знаниях статистических характеристик сигналов и помех. Методы, рассматриваемые в данной работе, качественно отличаются от остальных методов обнаружения, используемых в радиолокации, базируются на свойствах дискретного преобразования Фурье (ДПФ) и не требуют для своей реализации полных априорных знаний относительно статистических характеристик сигналов и помех.

Из свойств ДПФ известно, спектр сигнала, являющегося четной или нечетной функцией времени, будет содержать только вещественную или мнимую составляющие, соответственно. Очевидно, что спектр смеси сигнала с помехой будет содержать как вещественную, так и мнимую составляющие спектра.

Для определенности предположим, что полезный РЛ сигнал, является нечетной функцией времени (например, имеет синусоидальную форму). Таким образом, на рассматриваемом временном интервале, равном длительности сигнала, можно сделать вывод о том, что вещественная часть спектра смеси содержит спектр четной составляющей помехи и может быть отброшена. При этом энергия помехи уменьшается, а энергия полезного сигнала остается неизменной. Далее осуществляется переход во временную область и циклический сдвиг смеси сигнала с помехой влево на k отсчетов, так чтобы сигнал стал четным. После перехода в частотную область и отбрасывании мнимой части спектра (нечетной составляющей спектра помехи), энергия помехи уменьшается, а энергия сигнала остается неизменной.

Описанные выше операции повторяются, пока $\left| E_{n-1} - E_n \right| > \varepsilon$, где E_n и E_{n-1} – энергия смеси сигнал/помеха при n -ой и $(n-1)$ -ой итерациях.

Кроме указанного метода выделения полезного сигнала из смеси сигнал и помеха в данной работе рассматривается метод сдвига, который аналогичен предыдущему, но в нем циклический сдвиг сигнала с помехой осуществляется не во временной области, а с помощью свойства ДПФ о сдвиге сигналов во времени. Этот метод позволяет без многократного перехода из частотной области во временную и обратно, получать спектр

сдвинутой во времени смеси сигнала с помехой и производить над ним аналогичные действия в частотной области.

Для исследования предлагаемых методов обнаружения сигналов на фоне помех были разработаны две программы на языке C++. Одна программа реализует метод ДПФ, вторая – метод сдвига.

Результаты работы программ следующие:

1. *Аддитивная смесь сигнала с помехой*

Начальное отношение сигнал/помеха 0,08

Конечное отношение сигнал/помеха 3,94

Энергия помехи уменьшается в 49,25 раза

2. *Мультипликативная смесь сигнала с помехой*

Начальное отношение сигнал/помеха 0,19

Конечное отношение сигнал/помеха 0,3

Энергия помехи уменьшается в 1,5 раза

3. *Комбинированная (аддитивно-мультипликативная) смесь сигнала с помехой)*

Начальное отношение сигнал/помеха 0,06

Конечное отношение сигнал/помеха 0,27

Энергия помехи уменьшается в 4,5 раза.

Следует отметить, что результат работы обеих программ одинаков, однако время выполнения программы, реализующей метод ДПФ, составляет около 5 минут, а время работы программы, реализующей метод сдвига, составляет около 10 секунд. Таким образом, использование программы, реализующей метод ДПФ, в практических приложениях нецелесообразно.

Разработанные методы, базирующиеся на свойствах дискретного преобразования Фурье, могут использоваться для обнаружения РЛ сигналов с прямоугольной огибающей, из смеси сигнала с помехой при испытаниях и эксплуатации СУ ЛА. При этом данные методы наиболее эффективны при обнаружении сигналов на фоне аддитивных помех.