

УДК 681.324

С.С. Сабонис (5 курс, каф. АиВТ), В.Д. Ярмийчук, к.т.н., доц.

## ФИЛЬТРАЦИЯ АНОМАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ

В последнее время широкое распространение получили системы передачи информации по различным каналам связи. Но при передаче сигналов по линиям связи на них воздействуют различные помехи, имеющие различную природу. Эти помехи могут исказить (изменять) полезный сигнал. Для устранения помех применяется фильтрация принимаемых сигналов. Такая фильтрация может быть проведена как аналоговыми схемами, так и цифровыми, в том числе, с применением ЭВМ.

Среди методов цифровой фильтрации можно выделить следующие:

- рекуррентные методы усреднения;
- фильтрация с использованием моделей (например, по Калману);
- фильтрация с использованием полиномов высоких порядков (Чебышева, Баттерворта, Бесселя);
- и другие.

Особенно трудно поддается фильтрации помеха типа “аномальный выброс” (кратковременное искажение сигнала в случайные моменты времени). В работе проведен анализ алгоритмов цифровой фильтрации; разработаны алгоритмы фильтрации аномальных выбросов (при этом рассмотрены рекуррентные алгоритмы усреднения, которые являются наиболее простыми и не требуют ни знания модели объекта, ни больших вычислительных затрат). Разработана программа, реализующая эти алгоритмы и имеющая удобный интерфейс; разработаны программные документы, такие как руководство пользователя и руководство программиста; проведены экспериментальные исследования алгоритмов.

Рассмотрим алгоритм фильтрации аномальных выбросов [1].

Введем обозначения:

$T_0$  – период квантования сигнала,

$y(k)$  – зашумленный сигнал в момент времени  $kT_0$ ,

$\hat{y}(k)$  – оценка среднего значения в момент времени  $kT_0$ ,

$K$  – коэффициент коррекции,

$\hat{\sigma}_y^2(k)$  – оценка дисперсии в момент времени  $kT_0$ ,

$\chi$  – коэффициент принятия измерения, зависящий от вида функции распределения (для нормального распределения  $\chi=3$ ).

Оценка среднего значения в рекуррентной форме:

$$\hat{y}(k) = \hat{y}(k-1) + \frac{1}{K} (y(k) - \hat{y}(k-1)) \quad (1)$$

Оценка дисперсии в рекуррентной форме:

$$\Delta y(k) = y(k) - \hat{y}(k)$$
$$\hat{\sigma}_y^2(k) = \hat{\sigma}_y^2(k-1) + \frac{1}{K} \left( (\Delta y(k))^2 - \hat{\sigma}_y^2(k-1) \right) \quad (2)$$

Все измерения, для которых выполняется:

$$|\Delta y(k)| = |y(k) - \hat{y}(k)| > \chi \hat{\sigma}_y(k) \quad (3),$$

считаются ошибочными. В алгоритме управления вместо ложного сигнала  $y(k)$  используется оценка среднего значения  $\hat{y}(k)$ .

При обнаружении аномального выброса накопленная оценка дисперсии может резко увеличиться, и произойдет необнаружение следующего выброса, поэтому в работе предлагается метод, в котором после обнаружения выброса накапливаемая оценка дисперсия  $\hat{\sigma}_y^2$  обнуляется. Этот метод наиболее эффективен при частом следовании выбросов.

Автором была выдвинута гипотеза, что коэффициент принятия измерения  $\chi$  не зависит от вида функции распределения помехи. Для подтверждения этой гипотезы было проведено имитационное моделирование в пакете MATLAB для следующих видов функции распределения: равномерного, нормального, показательного, Пуассона, хи-квадрат, треугольного. Как показали исследования, коэффициент принятия измерения для этих видов функции распределения одинаков и составляет 3,16.

Для проведения эксперимента на лабораторном стенде была спроектирована схема источника помехи типа “аномальные выбросы”. Программа, реализующая алгоритмы фильтрации, написана на языке C для MS-DOS.

В работе проведен сравнительный анализ работы различных типов фильтров (с бесконечной памятью, с постоянным коэффициентом коррекции, с конечной памятью, аномальных выбросов) при различных видах входных сигналов (постоянный, гармонический) и различных видах помех.

По результатам исследования даны рекомендации по выбору параметров  $K$  (коэффициента коррекции) и  $\chi$  (коэффициента принятия измерения) для различных видов помех. Так, для помехи типа “аномальные выбросы”  $\chi=1$ ,  $K=30$ , метод фильтрации с сохранением оценки дисперсии. А для флуктуационной помехи  $\chi=3$ ,  $K=10$ , метод фильтрации с обнулением оценки дисперсии.

В работе получен законченный программный продукт, который позволяет проводить исследования в лаборатории компьютерного управления технических систем.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Изерман Р. Цифровые системы управления. – М.: Мир, 1984