

Е.Н. Григоркин  
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. В.В. Терсин  
*Муромский институт Владимирского государственного университета*  
602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, д.23  
E-mail: *itpu@mivlgu.ru*

**Алгоритм обнаружения и измерения доплеровского смещения частоты неэквилидистантной последовательности фазокодоманипулированных сигналов**

При обнаружении неэквилидистантной пачки фазокодоманипулированных (ФКМ) сигналов, имеющих (неизвестное) доплеровское смещение частоты, длительность части сигнала, которую можно сжать без больших потерь, возникающих из-за набега фазы относительно опорного сигнала, ограничена сверху половиной периода максимальной частоты Доплера. При измерении длительности в дискретном времени (в дискретах) половина периода максимальной частоты Доплера равна наибольшему общему делителю (НОД) межимпульсных интервалов неэквилидистантной последовательности. Если максимальная частота Доплера достаточно велика, то вместо одного сжатого импульса получается эквилидистантная последовательность из нескольких импульсов, каждый из которых является результатом корреляционного сжатия некоторой части ФКМ сигнала.

Для того чтобы компенсировать фазовые набеги между импульсами каждой эквилидистантной последовательности, а также между самими эквилидистантными последовательностями, будем использовать дискретное преобразование Фурье прореженной периодической последовательности отсчетов с периодом 1 НОД, к которой можно свести полученную эквилидистантно-неэквилидистантную последовательность. Для каждой частоты сигнала преобразование Фурье представляет собой фильтр когерентного накопления с полосой, обратной длительности последовательности. Количество фильтров, перекрывающих весь диапазон однозначно измеряемых частот Доплера, равно длительности эквилидистантно-неэквилидистантной последовательности, измеренной в НОДах. С порогом сравнивается амплитуда сигнала на выходе того фильтра когерентного накопления, где она достигает максимального значения. Рассмотренный алгоритм корреляционно-фильтрового обнаружения неэквилидистантной последовательности ФКМ сигналов позволяет также оценить неизвестную частоту доплеровского смещения по номеру фильтра с максимальным значением амплитуды выходного сигнала. Для повышения точности измерений увеличим количество фильтров в 2 раза и используем квадратичную интерполяцию по трем отсчетам спектра: отсчету с максимальным значением и отсчетам соседним с ним слева и справа. Двукратное увеличение количества фильтров необходимо для того, чтобы на каждую спектральную линию попадало не менее 3-х отсчетов спектра.

Для сжатия сложного ФКМ сигнала будем использовать релейный и знаковый корреляторы. Релейный (линейный с нормировкой по мощности шума) коррелятор имеет знаковый (вещественный) опорный сигнал (копию) и комплексный входной сигнал. Стабилизация ложной тревоги на выходе релейного коррелятора осуществляется с помощью вычисления медианной оценки мощности выходного шума в скользящем окне размером 67 дискрет, симметрично расположенном по дальности относительно анализируемого элемента. Перед выполнением свертки в знаковом корреляторе комплексный вектор входных сигналов заменяется комплексным знаковым вектором с нулевым средним.

Оценка характеристик предлагаемого алгоритма обнаружения-измерения проводилась с помощью имитационного моделирования. Использовались неэквилидистантные последовательности из 4, 8, 12 и 16 ФКМ импульсов с базой 128 дискрет. Последовательности получены добавлением к минимальному и максимальному интервалам очередного интервала, минимизирующего уровень боковых лепестков спектра комплексной синусоиды. Предполагалось, что длительности межимпульсных интервалов, заданные в дискретах, имеют НОД, равный 16 и 32, а один дискрет, определяющий интервал разрешения РЛС по дальности, равен 0.833 Мкс. Усреднение производилось по 100 реализациям. Добавляемый к сигналу шум считался гауссовым с независимыми значениями.