

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО БЛОКА ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ И СКОРОСТИ РЛС БЛИЖНЕГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ С НЕПРЕРЫВНЫМ ПИЛООБРАЗНЫМ ЛЧМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Мицкевич А. С.

Карпушкин Э. М. – к.т.н., доцент

В работе описан алгоритм работы частотного метода измерения дальности и скорости цели блока цифровой обработки сигналов для РЛС ближнего радиуса действия с непрерывным пилообразным ЛЧМ излучением.

Радиолокационная станция (РЛС, радар) – устройство, предназначенное для измерения координат и геометрических параметров объектов с помощью радиоволн. В большинстве современных конструкций РЛС используются блоки цифровой обработки, и моделирование алгоритмов работы таких блоков является одним из важнейших этапов проектирования РЛС. Для радара ближнего радиуса действия чаще всего используют непрерывное излучение, что позволяет обнаруживать цели на очень малых дальностях, получить хорошую разрешающую способность по дальности и скорости и уменьшить мощность излучаемого сигнала.

Блок цифровой обработки сигнала РЛС с непрерывным излучением, который представляет собой измеритель дальности и скорости цели, проектируется с учётом вида применяемой модуляции. Чаще всего используется ЛЧМ модуляция по пилообразному или треугольному закону.

Общий принцип работы измерителей дальности и скорости, построенных с применением частотного метода, заключается в нахождении частоты биений – разностной частоты между частотой принятого и излученного сигналов в момент времени  $\Delta t$ . Т. к. отражённый сигнал задержан относительно излученного на время  $\Delta t$ , пропорциональное двойному расстоянию до цели, то за время  $\Delta t$  частота излучаемого сигнала изменится на  $\Delta f$ . Частота биений – это результат смещения двух сигналов в смесителе, она соответствует переносу спектра сигнала на промежуточную частоту (операция умножения). Достоинствами частотного метода является возможность использовать маломощный передатчик и способность измерять очень малые дальности. Недостатки: необходимость использовать две антенны, что усложняет конструкцию РЛС и ухудшает чувствительность приёмника вследствие просачивания в приёмный тракт через антенну излучения передатчика, подверженного случайным изменениям.

Частотный метод можно использовать с одним ЛЧМ импульсом треугольной формы. Однако для пилообразного сигнала невозможно извлечь информацию о скорости цели из одного импульса. Это связано с тем, что, двигаясь, цель добавляет к отражённому сигналу сдвиг по частоте  $f_D$  (эффект Доплера-Белопольского), и частота биений будет содержать информацию и о дальности (задержка по времени), и о скорости (доплеровский сдвиг) одновременно (рисунок 1).

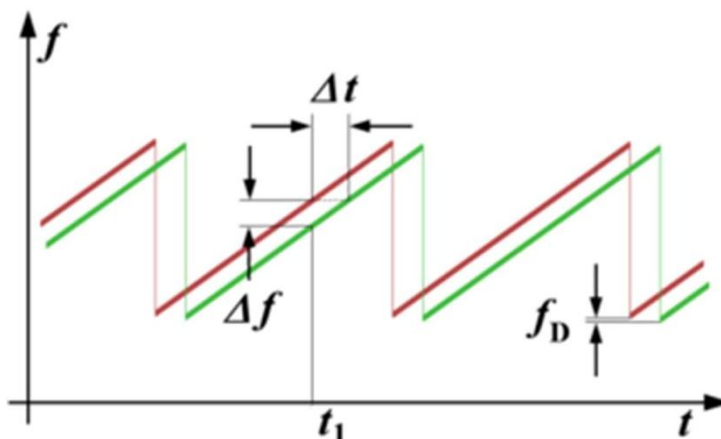


Рисунок 1. Излученный (красный) и принятый (зелёный) пилообразные сигналы.

Но если из-за движения цели задержка по времени отражённого сигнала изменяется достаточно медленно, то вместо частоты отражённого сигнала будет меняться только его фаза. Узнав, как изменяется фаза от импульса к импульсу, можно вычислить частоту доплера, а затем – скорость цели. Поэтому для решения задачи извлечения скорости из частоты биений на практике вместо одного импульса анализируют пачку из  $N$  импульсов, к которым применяют двойное преобразование Фурье.

Блок-схема алгоритма извлечения информации о дальности и скорости представлена на рисунке 2. Работает он следующим образом: принятый сигнал дискретизируют в течение времени, достаточного для получения заданного разрешения по дальности. Т.о. создаётся выборка из  $M \times N$  отсчётов сигнала во временной

области. Для упрощения преобразований данные представляются в виде матрицы. Её размер  $M \times N$ , где  $N$  – количество отсчётов одного импульса,  $M$  – количество импульсов в пачке. В строки матрицы записывают результат применения первого дискретного преобразования Фурье к отсчётам одиночного импульса. Созданная матрица будет содержать информацию о дальности и времени для одной пачки – матрица «Дальность-Время». Для извлечения информации о скорости к каждому столбцу матрицы «Дальность-Время» применяют дискретное преобразование Фурье (второе) и получают матрицу «Скорость-Дальность».

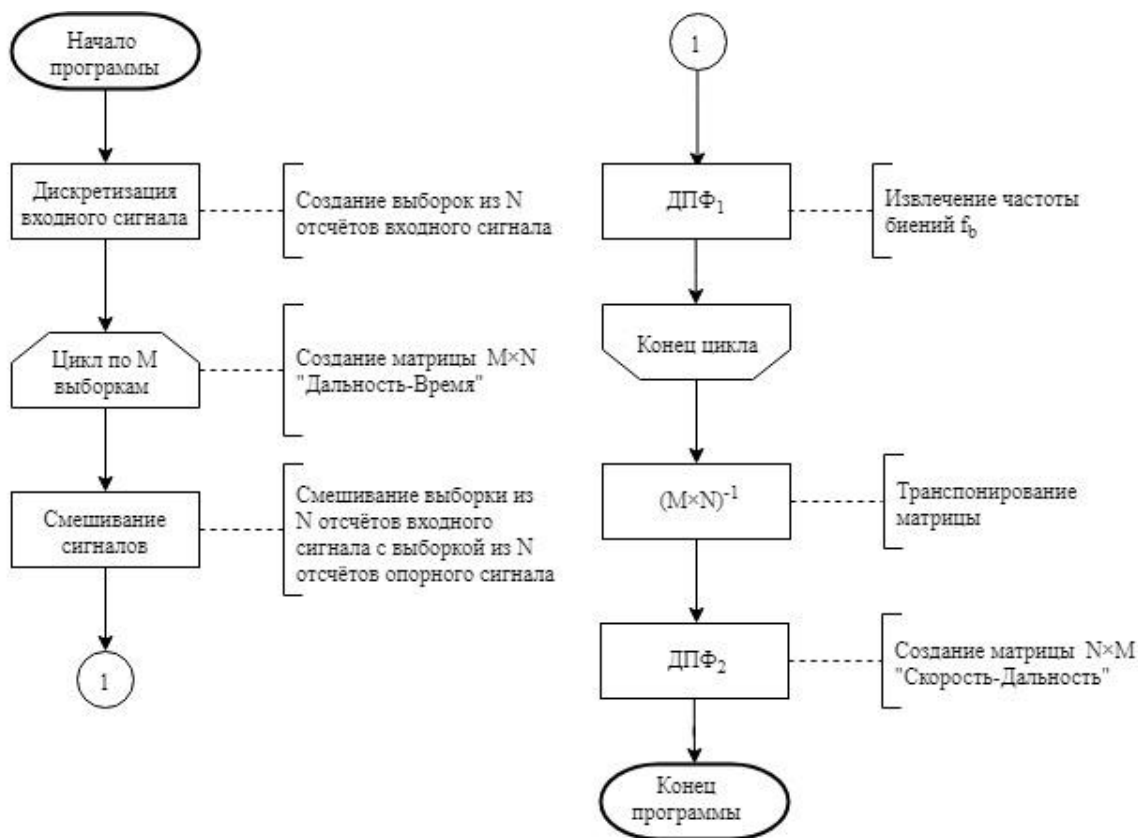


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма работы частотного метода измерения дальности и скорости.

Т. о., моделирование цифрового блока измерения дальности и скорости РЛС с непрерывным излучением заключается в последовательном преобразовании сигнала в соответствии с физическими процессами, происходящими в приёмном тракте РЛС, что позволяет упростить конструкцию РЛС за счёт замены некоторых блоков на математические преобразования.

Список использованных источников:

16. WANG Zong-bo, Javier Carretero Moya, Alvaro Blanco del Campo, Javier Gismero Menoyo, GAO Mei-guo, "Range-Doppler image processing in linear FMCW radar and FPGA based real-time implementation", Journal of Communication and Computer, ISSN 1548-7709, USA, Apr. 2009, Volume 6, No.4 (Serial No.53).
17. Gregory L. Charvat, "Small and Short-Range Radar Systems", (2014), International Standard Book Number-13: 978-1-4398-6600-9, p. 69-71.
18. Bassem R. Mahafza, "Radar systems analysis and design using MatLAB", (2003), 3 ed., International Standard Book Number-13: 978-1-4398-8496-6.