Бирюков, 01.03.2018, Тел.: 37-55, 46-62

Алгоритм расчета энергетических потерь, возникающих при нелинейном уплотнении навигационных сигналов

Энергетические потери – это доля мощности составного сигнала (группового сигнала), которая не может быть использована в навигационной аппаратуре потребителя (НАП). Для вычисления этих потерь можно использовать следующий метод [Бирюков?]. На вход коррелятора подаются по очереди два сигнала равной мощности: суммарный сигнал (линейная сумма компонент) и составной сигнал (та же линейная сумма компонент, но с последующим амплитудным ограничением). Затем сравниваются отклики коррелятора на эти сигналы. Энергетические потери вычисляются по формуле

, (6)

где  – отклик коррелятора на составной сигнал;

 – отклик коррелятора на суммарный сигнал;

горизонтальная черта означает статистическое усреднение.

Энергетические потери в общем случае являются случайной величиной, поскольку навигационные сигналы не являются строго ортогональными. Поэтому термин энергетические потери на практике всегда означает средние потери.

Чтобы при вычислении потерь исключить статистическую обработку и одновременно обеспечить точность вычислений, можно в () использовать строго ортогональные сигналы. В этих сигналах должны использоваться строго ортогональные дальномерные коды, такие, что каждая комбинация значений этих кодов встречается только один раз. Например, в табл.  приведен пример ортогональных дальномерных кодов , , ,  для случая уплотнения четырех сигналов. Очевидно, для случая *N* сигналов, каждый дальномерный код должен иметь 2*N* значений. И все дальномерные коды должны иметь одинаковую длительность чипа.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 3. Примеры ортогональных дальномерных кодов для четырех сигналов | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 1 | −1 | 1 | −1 | 1 | −1 | 1 | −1 | 1 | −1 | 1 | −1 | 1 | −1 | 1 | −1 |
|  | 1 | 1 | −1 | −1 | 1 | 1 | −1 | −1 | 1 | 1 | −1 | −1 | 1 | 1 | −1 | −1 |
|  | 1 | 1 | 1 | 1 | −1 | −1 | −1 | −1 | 1 | 1 | 1 | 1 | −1 | −1 | −1 | −1 |
|  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | −1 | −1 | −1 | −1 | −1 | −1 | −1 | −1 |

Если уплотняются сигналы на разных центральных частотах, то для обеспечения ортогональности этих сигналов, необходимо также чтобы на длительности чипа ортогонального дальномерного кода укладывался строго один период комплексной гармоники, выполняющей сдвиг спектра.

Вышеописанный подход вычисления энергетических потерь может быть реализован с помощью следующего алгоритма. Пусть нелинейному уплотнению подвергается *N* навигационных сигналов (для случая ГЛОНАСС *N* = 4). Тогда для вычисления энергетических потерь необходимо проделать следующие действия.

Формируем *N* ортогональных сигналов следующего вида:

,

где  – номер сигнала, ;

 – амплитуда *k*-го сигнала;

 – ортогональный дальномерный код *k*-го сигнала (см. табл. );

 – комплексная гармоника *k*-го сигнала, период которой равен длительности одного чипа ортогонального дальномерного кода (в частном случае возможно отсутствие комплексной гармоники, т.е. );

 – начальная фаза *k*-го сигнала.

Формируем суммарный сигнал:

.

Формируем составной сигнал:

,

где sign(*z*) – операция амплитудного ограничения, приравнивает модуль комплексного числа *z* к единице, а аргумент оставляет неизменным, в соответствии с формулой ;

Вычисляем энергии суммарного сигнала и составного сигнала:

,

.

Нормируем суммарный сигнал и составной сигнал так, чтобы их энергии были равны единице:

,

.

Вычисляем отклик коррелятора, когда принимается суммарный сигнал , а в качестве опорного сигнала используется *k*‑й ортогональный сигнал :

.

Вычисляем отклик коррелятора, когда принимается составной сигнал , а в качестве опорного сигнала используется *k*‑й ортогональный сигнал :

.

Вычисляем энергетические потери при приеме *k*-го ортогонального сигнала:

.

Вычисляем мощность *k*‑й компоненты составного сигнала, т.е. мощность *k*‑го ортогонального сигнала после нелинейного уплотнения:

.

Вычисляем мощность составного сигнала  как сумму квадратов амплитуд (поскольку, с учетом проведенной ранее нормировки, эта мощность равна мощности суммарного сигнала):

.

Поскольку энергетические потери можно определить как долю мощности составного сигнала, которая не приходится на полезные компоненты, то энергетические потери нелинейного уплотнения вычисляются по формуле

.