

АНАЛИЗ МЕЖДУ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ И ЦИФРОВОЙ МАНИПУЛЯЦИЯ (QPSK)

Арипова Махпуза

Доцент Ташкентский государственный технический университет

Ибрагимова Барно

Старший преподаватель Ташкентский государственный технический университет

Равшанов Шерзод

Магистрант Ташкентский государственный технический университет

Из теории связи известно, что наивысшей помехоустойчивостью обладает двоичная фазовая модуляция BPSK. Однако в ряде случаев за счет уменьшения помехоустойчивости канала связи можно увеличить его пропускную способность. Более того, при применении помехоустойчивого кодирования можно более точно планировать зону, охватываемую системой мобильной связи.

QPSK модуляция строится на основе кодирования двух бит передаваемой информации одним символом. При этом содержимое бит выбрано таким образом, чтобы переход к соседнему состоянию фазы несущего колебания за счет ошибки приема приводил не более чем к одиночной битовой ошибке. А символьная скорость в два раза ниже скорости передачи информации. Для того чтобы понять как один символ кодирует сразу два бита рассмотрим рисунок 1.

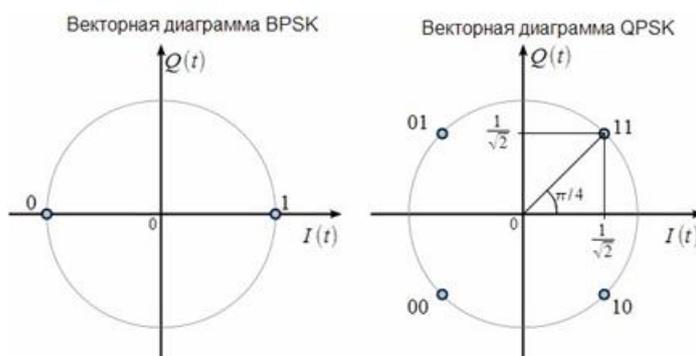


Рисунок 1 - Векторная диаграмма BPSK и QPSK сигналов

На рисунке 1 показаны векторные диаграммы BPSK и QPSK сигналов.

Символ BPSK кодирует один бит информации, при этом на векторной диаграмме BPSK всего две точки на синфазной оси $I(t)$, соответствующие нулю и единице передаваемой информации. Квадратурный канал $Q(t)$ в случае с BPSK всегда равен нулю. Точки на векторной диаграмме образуют созвездие фазовой манипуляции. Для того чтобы осуществить кодирование одним символом двух бит информации, необходимо, чтобы созвездие состояло из четырех точек, как это показано на векторной диаграмме QPSK рисунка 1. Тогда мы получим, что и $I(t)$ и $Q(t)$ отличны от нуля, все точки созвездия расположены на единичной окружности. Тогда

кодирование можно осуществить следующим образом: разбить битовый поток на четные и нечетные биты, тогда $I(t)$ будет кодировать четные биты, а $Q(t)$ – нечетные. Два последовательно идущих друг за другом бита информации кодируются одновременно синфазным $I(t)$ и квадратурным $Q(t)$ сигналами. Это наглядно показано на осциллограммах, приведенных на рисунке 2 для информационного потока «1100101101100001».

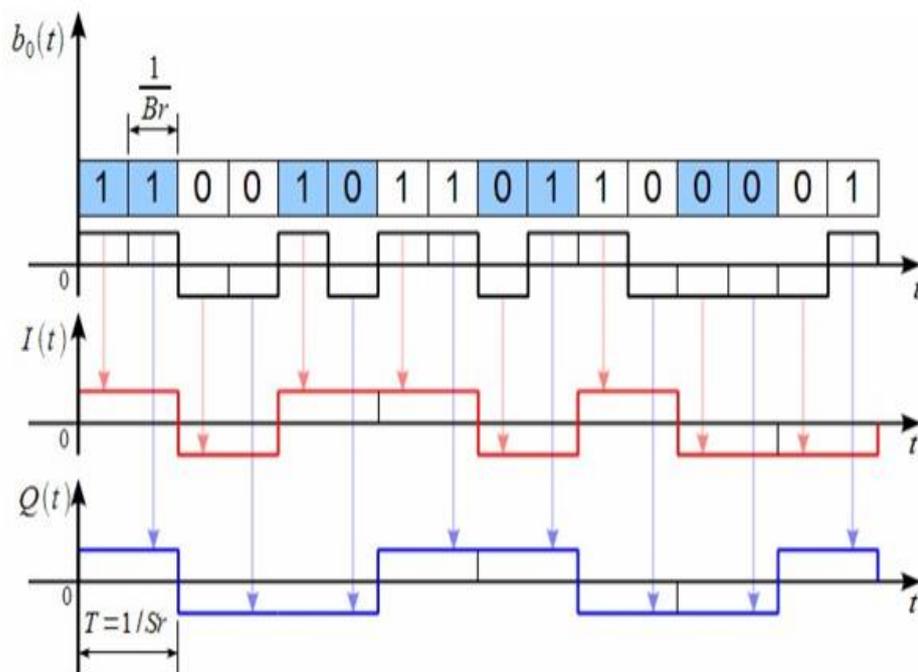


Рисунок 2 - Синфазная и квадратурная составляющие QPSK сигнала

На верхнем графике входной поток разделен на пары бит, соответствующих одной точке созвездия QPSK, показанного на рисунке 1. Обратим внимание что биты нумеруются с нуля, а не с единицы, поэтому первый в очереди бит имеет номер 0, а значит он четный по порядку. На втором графике показана осциллограмма $I(t)$, соответствующая передаваемой информации. $I(t) > 0$, если четный бит равен 1, и $I(t) < 0$ если четный бит равен 0 (т.е. $b_0(t) < 0$). Аналогично строится квадратурный канал $Q(t)$ но только по нечетным битам. Длительность одного символа $T = 1/Sr$ в два раза больше длительности одного бита исходной информации.

Обработка сигналов с QPSK

Устройство выполняющее такое кодирование $I(t)$ и $Q(t)$ согласно созвездию QPSK условно показано на рисунке 3.

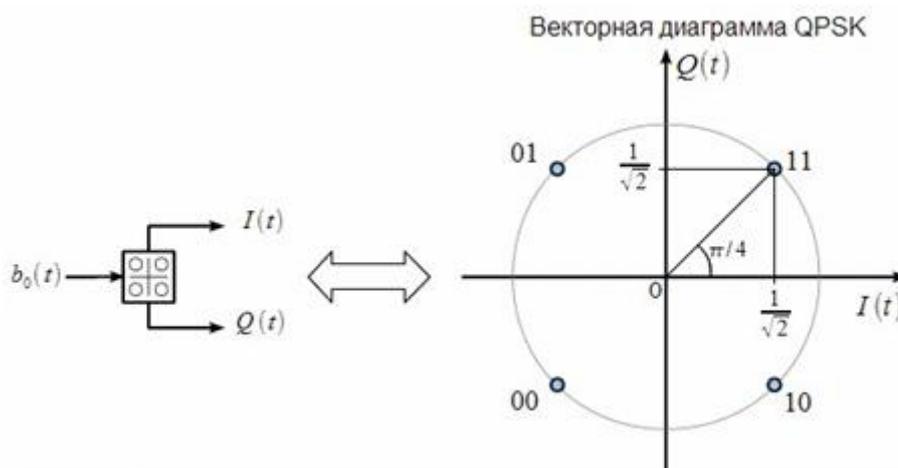


Рисунок 3— Устройство кодирования синфазной и квадратурной составляющих на основе созвездия QPSK

В зависимость от пары бит $b_0(t)$ на входе на выходе получаем постоянные в пределах длительности этой пары бит сигналы $I(t)$ и $Q(t)$, значение которых зависит от передаваемой информации.

Обычно для формирования сигнала QPSK модуляции используется квадратурный модулятор. Для реализации квадратурного модулятора потребуется два умножителя и сумматор сигналов. Фаза несущей для квадратурного канала сдвинута на 90° . Сочетание импульсов напряжения в синфазном и квадратурном каналах образуют один символ 4-ФМ. На входы умножителей можно подавать входные битовые потоки непосредственно в коде NRZ. Структурная схема такого модулятора приведена на рисунке 4.

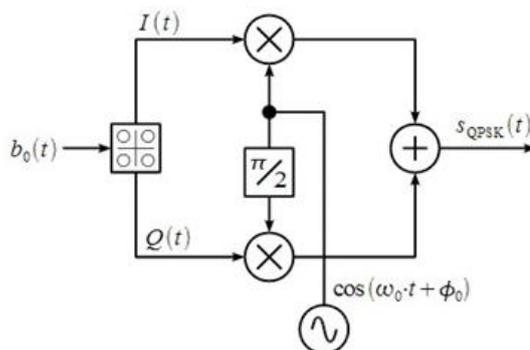


Рисунок 4 — Структурная схема QPSK модулятора

Сигнал $S_{QPSK}(t)$ имеет вид:

$$S_{QPSK}(t) = I(t) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \phi_0) - Q(t) \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \phi_0),$$

Синфазная и квадратурная $Q(t)$ составляющие это ничто иное, как ре-

альная и мнимая части комплексной огибающей QPSK сигнала $z(t)=I(t)+j Q(t)$, которые являются входными сигналами квадратурного модулятора. Тогда можно представить SQPSK(t) через его комплексную огибающую $z(t)$:

$$S_{QPSK}(t) = R[z(t) \cdot \exp(j \cdot \omega_0 \cdot t)], \quad (2)$$

Из комплексной огибающей можно выделить фазовую огибающую как:

$$\phi(t) = \arctan\left(\frac{I[z(t)]}{R[z(t)]}\right) = \arctan\left(\frac{Q(t)}{I(t)}\right). \quad (3)$$

Важно отметить, что арктангенс должен вычисляться с учетом четверти комплексной плоскости. Вид фазовой огибающей $\phi(t)$ для информационного потока «1100101101100001» показан на рисунке 5.

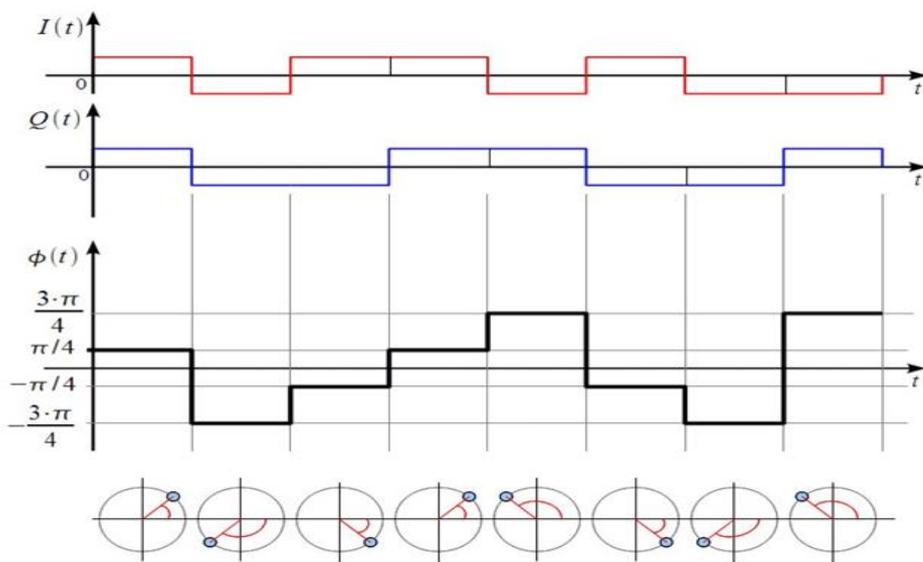


Рисунок 5 - Фазовая огибающая QPSK сигнала

Фазовая огибающая представляет собой ступенчатую функцию времени, претерпевающую разрывы в моменты смены символа QPSK. При этом в пределах одного символа векторная диаграмма QPSK находится всегда в одной точке созвездия, как это показано внизу, а при смене символа – скачкообразно переходит в точку соответствующую следующему символу. Поскольку у QPSK всего четыре точки в созвездии, то фазовая огибающая может принимать всего четыре значения:

Амплитудная огибающая QPSK сигнала $a(t)$ также может быть получена из комплексной огибающей $z(t)$:

$$a(t) = \sqrt{I^2(t) + Q^2(t)}$$

Отметим, что амплитудная огибающая QPSK сигнала равна единице всю-

ду, за исключением моментов смены передаваемых символов, т. е. в моменты перескока фазы и перехода очередной точке созвездия.

Пример осциллограммы QPSK сигнала при входном битовом потоке «1100101101100001» при скорости передачи информации $B_T=10$ кбит/с и несущей частоте 20 кГц показан на рисунке 6.

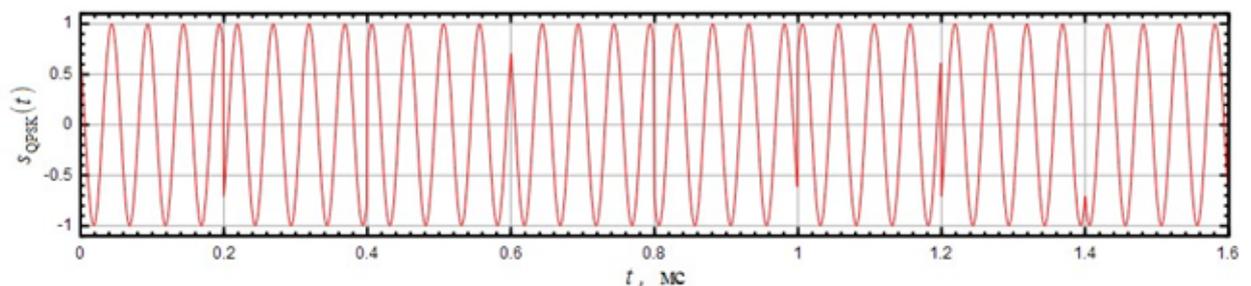


Рисунок 6 - Осциллограмма QPSK сигнала

ЛИТЕРАТУРА:

1. T Akhmedov, SM Otajonov, Y Usmonov, MM Khalilov, N Yunusov // Optical properties of polycrystalline films of lead telluride with distributed stichiometry//Journal of Physics: Conference Series 1889 (2), 022052; 41; 2021
2. Akhmedov, SM Otazhonov, MM Khalilov, N Yunusov, U Mamadzhanov, // Effective dielectric permeability and electrical conductivity of polycrystalline PbTe films with disturbed stochiometry//Journal of Physics: Conference Series 2131 (5), 052008; 29; 2021
3. SM Otazhonov, N Yunusov, B Qakhkhorova // Deformation characteristics of PbTe-Te Polycrystalline films // Science and world, 103; 22; 2022
4. SM Отажонов, Н Юнусов//Қаххорова Б//ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК PbTe-Te//Деформационный наука и мир 3; 19; 2022

5. SM Отажонов, МХ Рахмонкулов, ПИ Мовлонов, Н Юнусов// Влияние термообработки на фотоэлектрические свойства гетероструктуры $Cu_{2-x}Te-CdTe$ //Science 89; 19; 2021
6. SM Otazhonov, KA Botirov, MM Khalilov, N Yunusov // IN PHOTSENSITIVE THIN FILMS CdTe: Ag AND PbTe //Science and World International scientific journal 6 (94), 11-16; 18;
7. SM Отажонов, КА Ботиров, НЭ Алимов // Влияние деформации на миграции дефектов в фоточувствительных полупроводниковых тонких пленках // Finland International Scientific Journal of Education, Social Science ...; 12; 2022
8. SM Otazhonov, MM Khalilov, N Yunusov, T Akhmedov, U Mamajanov // DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR OBTAINING POLYCRYSTALLINE PbTe FILMS WITH IMPAIRED STOICHIOMETRY//SCIENCE AND WORLD, 14. 2013
9. SM Отажонов, КА Ботиров, ММ Халилов, Н Юнусов, М Абдумаликова // Спектры поглощения поликристаллических пленок PbTe с избытком теллура// EDITOR COORDINATOR, 954; 12; 2021
10. S Otazhonov, N Alimov, P Movlonov, K Botirov, N Yunusov // Photosensitivity control of CdTe-SiO₂-Si-Al heterostructure with deep impurity levels under external factors//Danish scientific journal 1 (37), 35; 12; 2020
11. МК Онаркулов, СМ Отажонов, КА Ботиров, Н Юнусов // Устройство для изучения тензочувствительности в фоточувствительных полупроводниковых пленках//...
Universum: технические науки, 55-58; 11; 2020
12. СМ Отажонов, АМ Худойбердиев, БҚ Абдуллаевич, ММ Халилов // Тензочувствительности полупроводниковых пленок с мелких и глубоких примесей при температуре жидким гелием // Universum: технические науки, 28-32; 8; 2019
13. SM Otazhonov, RM Kh, MM Khalilov, KA Botirov, N Yunusov // Effect of group VII elements on strain sensitivity of polycrystalline films PbTe, PbS // European science review, 35-38; 7; 2021
14. Р Максудов, ШШ Шухратов, ОА Мирзаев, Н Юнусов // Изучения изменений коэффициента жесткости упругой оболочки прядильной установки // VII International Scientific and Practical Conference "SCIENTIFIC HORIZON IN ...; 5; 2021
15. СМ Отажонов, ММ Халилов, Н Юнусов, Т Ахмедов, У Мамаджанов // РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК PbTe С НАРУШЕННОЙ СТЕХИОМЕТРИЕЙ //Наука и мир, 8-14; 5; 2021
16. С Отажонов, М Халилов, Р Бойбобоев, Н Юнусов, У Мамаджанов // ВЛИЯНИЕ ХЛОРА НА ТЕНЗОСВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК СУЛЬФИДА СВИНЦА// InterConf, 329-333; 2; 2021
17. Bo'ljajak Harbiy Xizmatchilarda Kasbiy Moslashuvchanlikning Ijtimoiy-Psixologik Asoslari // Mbmqocs Axadjonovic// Pedagogical Sciences And Teaching Methods: A Collection Scientific Works Of ...; ; 2022

18. Harbiy Pedagogika Va Harbiy Pedagog Kadrlarni Tayyorlash Masalalari // MB Mansurjonovich, QS Axadjonovich // O'zbekistonda Fanlararo Innovatsiyalar va Ilmiy Tadqiqotlar Jurnali 2 (13 ...; ; 2022

19.Ўқувчи Ёшларда Қаҳрамонлик Руҳини Шакллантиришда, Ташвиқот Ишларининг Аҳамияти // Б Мадаминов // IJTIMOIIY FANLARDA INNOVASIYA ONLAYN ILMIIY JURNALI 3 (1), 25-26; ; 2023