DOI: 10.17117/na.2015.11.03.035

<http://ucom.ru/doc/na.2015.11.03.035.pdf>

Поступила (Received): 24.11.2015

Белокопытов А.Е.

Выбор эффективного вида цифровой модуляции в системах радиосвязи по критериям эффективности

Belokopytov A.E.

The choice of an effective form of digital modulation in the radio communication systems according to the criteria of efficiency

В настоящее время существует тенденция перехода с аналоговых на цифровые методы передачи данных. Это объясняется тем, что в цифровых системах высокая помехоустойчивость, эффективное использование пропускной способности и др. Основным вопросом реализации цифрового метода передачи информации является выбор модуляции. В данной статье рассмотрены методы цифровой модуляции и выбор эффективного метода по критериям эффективности

Ключевые слова: цифровая модуляция, критерии эффективности, система радиосвязи

Currently there is a tendency of transition from analogue to digital methods of data transmission. This is because in digital systems high noise immunity, bandwidth efficiency, etc. the Main issue of implementation of a digital method of information transmission is the choice of modulation. This article describes the digital modulation techniques and choose the most effective method for performance criteria

Key words: digital modulation, performance criteria, system telecommunication

Белокопытов Андрей Евгеньевич

Студент

Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112

Belokopytov Andrey Evgenyevich

Student

Tambov state technical university

Tambov, Michurinskaya st., 112

В настоящее время существует тенденция перехода на цифровые методы передачи информации в радиодиапазоне. Это объясняется существенными достоинствами цифровых систем такими как: высокая помехоустойчивость, слабая зависимость качества связи от длины линии связи, эффективность использования пропускной способности при передаче дискретных сообщений и др.

Одним из важных аспектов реализации цифрового метода передачи информации является выбор модуляции, так как от выбора модуляции напрямую зависит помехоустойчивость и эффективное использование канала радиосвязи. Виды модуляции в цифровых системах близки с аналоговыми системами (амплитудной (АМ), фазовой (ФМ), частотной (ЧМ) модуляции).

Амплитудные виды модуляции являются наиболее простыми. Основной характеристикой амплитудной модуляции является коэффициент АМ или глу-

бина модуляции. Глубина модуляции (m) это отношение разности максимальной ($A_{\max}$) и минимальной ($A_{\min}$) амплитуд моделированного сигнала к сумме этих значений, выраженное в процентах.

$$m = (A_{\max} - A_{\min}) / (A_{\max} + A_{\min}) \quad (1)$$

Фазовые виды модуляции широко применяется для передачи информации путем установления соответствия передаваемой информации с фазой несущего сигнала. Характеристикой фазовых видов модуляции является индекс угловой модуляции. Индекс угловой модуляции это максимальное отклонение полной фазы несущего колебания.

Частотные виды модуляции отличаются от других видов высокой помехоустойчивостью. Данный вид модуляции используется для высококачественной передачи информации (в радиовещании, телевидении и др.), так как позволяет передать широкую полосу звуковых частот в радиовещании и обеспечивает частотное уплотнение спектра сигналов цветности в телевидении. Характеристиками частотных видов модуляции являются девиация частоты и индекс модуляции. Девиация частоты – наибольшее отклонение значения частоты модулированного сигнала от значения его несущей частоты. Индекс модуляции – отношение девиации частоты к частоте модулирующего сигнала. Значение индекса модуляции изменяются в пределах от 0.1 до 1. При индексе модуляции равным 0.5 частотную модуляцию принято называть частотной модуляцией с минимальным сдвигом (ЧММС).

Основным критерием при цифровом методе передачи информации является эффективность. Характеристиками эффективности передачи информации по каналу радиосвязи являются коэффициент использования канала по мощности (энергетическая эффективность), коэффициент использования канала радиосвязи по частоте (частотная эффективность), а так же коэффициент использования канала по пропускной способности (информационная эффективность) [1].

Энергетическая характеристика (β) это отношение средней энергии бита сигнала (E_b) к спектральной плотности шума на входе приемного устройства (N_o).

$$\beta = E_b / N_o, \quad (2)$$

Спектральная характеристика (γ) это отношение скорости передачи информации к необходимой минимальной полосе пропускания (ΔF).

$$\gamma = R / \Delta F, \quad (3)$$

Информационная эффективность выражается отношением реальной скорости передачи информации к пропускной способности канала связи C .

$$\eta = R / C \quad (4)$$

Согласно теореме Шеннона, информационная эффективность может быть сколь угодно близка к единице. В таком случае можно получить предельную зависимость между энергетической и частотной эффективностью.

$$\beta = \gamma / (2^\gamma - 1) \quad (5)$$

Данная зависимость представлена на рисунке 1 [2].

Рис. 1. Связь частотной (γ) и энергетической (β) эффективности

Данную зависимость называют пределом (границей) Шеннона. Анализ предела Шеннона показывает, что повышение частотной эффективности требует увеличения энергетических затрат.

Теорема Шеннона устанавливает предельное значение пропускной способности и показывает, что с увеличением позиционности модуляции (многопозиционная АМ и ФМ) увеличивает спектральную эффективность в $k = \log_2 M$ раз. Так же стоит отметить, что ЧММС менее эффективна, чем фазовая.

Сравнивая двухуровневые амплитудную (ДА), фазовую (ФМ2), и ЧММС модуляции можно сказать, что ДА и ЧММС имеют одинаковую эффективность и уступают ФМ2 по энергетической эффективности на величину приблизительно равную 3 дБ. Данное сравнение приведено на рисунке 2 [1].

Рис. 2. Сравнение энергетической эффективности модуляций ДА, ЧММС и ФМ2

Сравнивая виды модуляций с числом уровней равным более 4 ($M = 16$), наблюдаем существенную разницу энергетической эффективности амплитудной и фазовой модуляции на величину более 10 дБ. Сравнение энергетической эффективности многопозиционных видов модуляции изображено на рисунке 3.

Рис. 3. Энергетическая эффективность многопозиционных видов модуляции [2]

В качестве вывода можно сказать, что при использовании методов модуляции с числом уровней $M \leq 4$ наиболее эффективной является квадратурная фазовая модуляция (ФМ4). При количестве уровней $M > 4$ наиболее эффективным видом модуляции квадратурная амплитудная модуляция (КАМ). Учитывая, что ФМ4 является частным случаем КАМ (количество уровней $M = 4$), можно считать наиболее эффективным видом модуляции квадратурную амплитудную модуляцию (КАМ).

Список используемых источников:

1. Сагдиев Р.К. Цифровая модуляция. Исследования Эффективности различных видов модуляции // методические указания. Казань, 2013. 8 с.
2. Спецпрактикум. Выбор оптимального метода модуляции сигнала в современных цифровых системах радиосвязи. М., 2008. 52 с.

© 2015, Белокопытов А.Е.

Выбор эффективного вида цифровой модуляции в системах радиосвязи по критериям эффективности

© 2015, Belokopytov A.E.

The choice of an effective form of digital modulation in the radio communication systems according to the criteria of efficiency