

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОТЯЖЁННОСТИ УЧАСТКА РЕГЕНЕРАЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

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

Тарченко Н.В.

Волоконно-оптическая система передачи состоит из приёмопередающих модулей, которые в свою очередь состоят из приёмника и передатчика и 2-х оптических волокон (ОВ) (без учёта запаса). Оптический передатчик преобразует электрический сигнал в оптическое излучение с заданными параметрами, которое передаётся по волокну. Оптический приёмник преобразует оптическое излучение в электрический сигнал, выделяет тактовую частоту и передаёт последующим устройствам. Существуют различные способы увеличения пропускной способности волоконно-оптических систем передачи. Применительно к многоканальным ВОСП методы формирования групповых сигналов можно разделить на 2 вида: электронное мультиплексирование и оптическое мультиплексирование. Так же для снижения линейной скорости применяются различные полососберегающие виды модуляции (QAM).

Электронное мультиплексирование часто представляет собой временное разделение каналов. Недостатками такого метода является сложность формирования последовательности бит на больших скоростях и неэффективность передачи трафика по сетям с разделением каналов. Оптическое мультиплексирование представляет собой спектральное разделение сигналов, то есть каждому сигналу отводится своя полоса пропускания, и эти сигналы независимы друг от друга. Это позволяет реализовать как оптическую кросскомутацию, так и ввод/вывод оптического сигнала определённой длины волны в промежуточных пунктах.

В волоконно-оптических системах передачи применяются различные способы увеличения протяжённости участка регенерации: улучшение параметров ОВ, применение когерентного приёма, применение оптических усилителей, устройств компенсации дисперсии, цифровой обработки сигналов и предварительная коррекция ошибок. В зависимости от устройств, применяемых при регенерации, различают 3 схемы регенерации: 1R – регенерация мощности импульса, 2R – регенерация мощности и формы импульса, 3R – регенерация мощности, формы и временного положения импульса.

Улучшение параметров ОВ происходило в несколько этапов. Изначально применялись многомодовые ОВ со ступенчатым профилем преломления. Позже были применены ОВ с градиентным профилем преломления. Сейчас используются одномодовые оптические волокна, что позволило устранить межмодовую дисперсию и увеличить скорость передачи. Затухание ОВ во 2-м (1,31 мкм) и 3-м (1,55 мкм) окнах прозрачности составляют соответственно 0,375 и 0,275 дБ/км.

Следующим этапом увеличения протяжённости участка регенерации стало применение оптических усилителей (ОУ), что позволило увеличить дальность передачи. ВОСП с волокном G.653 на скорости 40 Гбит/с имеют дальность передачи до 1000 км. Применяются 2 типа усилителей: EDFA и Рамановские усилители. EDFA представляет собой волокно, легированное эрбием, его основным недостатком являются неравномерность амплитудно-волновой характеристики и работа только в 3-м окне прозрачности. Рамановские усилители представляют собой телекоммуникационное оптическое волокно, в которое вводят оптическое излучение большой мощности, которое вызывает нелинейное вынужденное комбинационное рассеивание для получения распределённого усиления вдоль оптического волокна. Достоинства: большой диапазон усиления, низкий уровень шумов, высокая эффективность.

На более поздних этапах для компенсации хроматической дисперсии стали применяться устройства компенсации дисперсии. На данный момент есть 2 типа устройств компенсации дисперсии: распределённые волоконные компенсаторы, дискретные компенсаторы. 1-е представляют собой волокна с отрицательной по знаку дисперсией и позволяют компенсировать дисперсию с положительным знаком. Из достоинств можно отметить: широкополосность, отсутствие требования температурной стабилизации. Недостатком же является большое затухание. 2-е же основаны на решётках, компенсирующих дисперсию. Достоинства: малый размер и вносимое затухание. Недостатки – узкополосность и значительная температурная зависимость.

Предварительная коррекция ошибок позволяет до десяти дБ увеличить энергетический потенциал участка регенерации, и основана на том, что при передаче вносится избыточность таким образом, чтобы на приёме можно было исправить некоторые типы моделей ошибок. Для этого используются блочные и свёрточные коды. В 1-м случае к каждому информационному блоку ставится в однозначное соответствие кодовое слово. Во 2-м – каждый бит зависит от предыдущего бита (то есть присутствует память). Среди первого типа кодов применяются коды БЧХ и Рида-Соломона, так как они дают достаточно большую эффективность.

Список использованных источников:

1. Бернанд Скляр Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. 2-е издание