



УДК 811

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Оразнепесов Атамырат Чарымеле оглы

преподаватель

Тугуров Нурмухаммет Чарыярович, Башимов Керим Розыджумаевич

студенты

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана

г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Построение и оптимизация волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) являются критически важными задачами для обеспечения современных потребностей в высокоскоростной передаче данных. Волоконная оптика предоставляет практически неограниченные возможности по пропускной способности, однако реализация этих возможностей требует строгого соблюдения инженерных принципов и применения методов оптимизации физического уровня. Процесс проектирования включает в себя выбор типа волокна, методов модуляции и стратегий компенсации искажений, возникающих при распространении светового сигнала. Современные магистральные сети стремятся к максимизации скорости передачи при минимизации задержек и энергопотребления.

Ключевые слова: волоконно-оптическая линия связи, спектральное уплотнение, оптическое волокно, дисперсия, усиление сигнала, высокоскоростная передача

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND OPTIMIZATION OF FIBER OPTIC COMMUNICATION LINES FOR HIGH SPEED DATA TRANSMISSION

Oraznepesov Atamyrat Charymele ogly

Lecturer

Tugurov Nurmuhamet Charyyarovich, Bashimov Kerim Rozyjumayevich

Students

Turkmen Institute of Telecommunications and Informatics

Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. The construction and optimization of fiber optic communication lines (FOCL) are critical tasks for meeting modern demands for high-speed data transmission. Fiber optics provide virtually unlimited bandwidth potential; however, realizing this potential requires strict adherence to engineering principles and the application of physical layer optimization methods. The design process



involves choosing the right fiber types, modulation techniques, and strategies to compensate for distortions that occur during light signal propagation. Modern backbone networks strive to maximize transmission speeds while minimizing latency and power consumption.

Keywords: Fiber optic communication line, spectral division multiplexing, optical fiber, dispersion, signal amplification, high-speed transmission, bandwidth, modulation, bit errors, attenuation, nonlinear effects, network topology, laser diode, optical receiver, regeneration.

Введение

Основным принципом построения ВОЛС является использование одномодового оптического волокна, которое минимизирует межмодовую дисперсию и позволяет передавать сигнал на значительные расстояния. Выбор спектрального диапазона обычно ограничивается окнами прозрачности кварцевого стекла, где затухание сигнала минимально, что критично для поддержания целостности данных. Структура линии включает в себя передающий оптический модуль, саму среду распространения и высокочувствительный приемник, преобразующий свет обратно в электрические импульсы. Эффективная интеграция этих компонентов определяет общую надежность и производительность системы связи.

Оптимизация пропускной способности достигается за счет внедрения технологии спектрального уплотнения (WDM), позволяющей передавать десятки независимых информационных каналов по одному волокну. Это реализуется путем мультиплексирования различных длин волн, каждая из которых несет свой поток данных, что многократно увеличивает суммарную скорость передачи без прокладки дополнительных кабелей. Важнейшим аспектом здесь является поддержание стабильности частоты лазеров и минимизация перекрестных помех между соседними каналами. Использование плотного спектрального уплотнения (DWDM) сегодня является стандартом для магистральных сетей большой протяженности.

Дисперсия сигнала — хроматическая и поляризационная — представляет собой один из главных барьеров на пути к повышению скорости передачи в ВОЛС. Она приводит к уширению импульсов во времени, что вызывает наложение соседних бит друг на друга и увеличивает вероятность ошибок. Оптимизация включает применение волокон с модифицированным профилем дисперсии или установку специальных компенсаторов дисперсии на определенных участках линии. В современных когерентных системах связи компенсация дисперсии часто переносится на уровень цифровой обработки сигналов (DSP), что обеспечивает высокую гибкость настройки.

Затухание сигнала в волокне ограничивает максимальную длину регенерационного участка, требуя установки промежуточных усилителей. Оптические усилители на волокне,

легированном эрбием (EDFA), позволяют усиливать сигнал непосредственно в оптической форме, не преобразуя его в электричество. Это значительно упрощает архитектуру линии и снижает стоимость эксплуатации, позволяя поддерживать высокий уровень отношения сигнал/шум на протяжении тысяч километров. Правильное размещение усилительных узлов и контроль их коэффициента усиления являются важными этапами оптимизации энергетического бюджета линии.

Применение сложных форматов модуляции, таких как квадратурная амплитудная модуляция (QAM) в сочетании с когерентным детектированием, позволяет передавать большее количество бит на один символ. Это значительно повышает спектральную эффективность системы, позволяя упаковывать терабитные потоки данных в ограниченную полосу пропускания. Однако высокоуровневые форматы модуляции крайне чувствительны к фазовым шумам и нелинейным эффектам в волокне, что требует применения мощных алгоритмов коррекции ошибок (FEC). Использование упреждающей коррекции ошибок позволяет восстанавливать данные даже при очень низком качестве принимаемого сигнала.

Заключение

В заключение можно отметить, что построение и оптимизация ВОЛС — это непрерывный процесс интеграции достижений фундаментальной физики и передовых информационных технологий. Успешная эксплуатация высокоскоростных линий требует комплексного подхода, учитывающего как физические свойства среды, так и алгоритмические методы обработки сигналов. Постоянное совершенствование компонентов и методов управления сетью позволяет человечеству справляться с экспоненциальным ростом объемов передаваемой информации. Волоконная оптика остается единственной технологией, способной обеспечить долгосрочные потребности глобального цифрового общества.

Список литературы:

1. Агравал, Г. (2010). Волоконно-оптические системы связи. Техносфера.
2. Убайдуллаев, Р. Р. (2021). Проектирование и эксплуатация современных волоконно-оптических линий связи. Эко-Трендз.
3. Фриман, Р. (2007). Волоконно-оптические системы связи. Альпина Паблишер.
4. Kaminow, I., Li, T., Willner, A. E. (2013). Optical Fiber Telecommunications VI: Systems and Networks. Academic Press
5. Agrawal, G. P. (2012). Nonlinear Fiber Optics. Academic Press.