

ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ОЛЕСЯ
ГОНЧАРА

Факультет Фізики електроніки та комп'ютерних систем
Кафедра Телекомунікаційних систем та мереж
Рівень другий (магістерський)
Спеціальність 172 - Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)

РОЗШИРЕНА АНОТАЦІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувач Звєрєв Антон Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи «РОЗРОБКА МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ ШИРОКОСМУГОВОЇ
МЕРЕЖІ»

Керівник роботи Морозов Валентин Михайлоович, канд. фіз-мат. наук, доц.

Об'єкт дослідження: мультисервісна широкосмугова мережа.

Предмет дослідження: методи й моделі проектування DWDM-трактів (пропускна здатність, OSNR/QoT, нелінійні обмеження), а також застосування солітонних режимів для підвищення дальності та стабільності передачі.

Мета роботи: проектування мультисервісної широкосмугової оптичної мережі на основі технології DWDM для обслуговування 1000000 абонентів.

Методи досліджень: інформаційний пошук, порівняльний аналіз різних схем оптичного підсилення, математичне моделювання, MATLAB-моделювання.

Результати досліджень: розроблено математичні моделі оцінювання пропускної здатності, OSNR-бюджету та BER, проаналізовано архітектуру Core-Metro-Access із застосуванням ROADM. Досліджено EDFA, гібридні EDFA+Raman та солітонні режими підсилення/передачі.

Кваліфікаційна робота містить у собі: 125 с., 53 рис., 16 табл., 32 джерел.

Ключові слова: DWDM, ROADM, EDFA, EDFA+Raman, солітон, OSNR, BER, MATLAB.

Структура та зміст кваліфікаційної роботи:

У вступі наведене обґрунтування актуальності проведення теоретичних та експериментальних досліджень: проаналізувати вимоги до мультисервісних транспортних мереж великої ємності, визначити цільові показники якості обслуговування до якості передачі - QoS/ QoT та інженерні критерії проектування. Обґрунтувати вибір технологічної бази: DWDM-сітки, типів волокон (G.652D/G.654D/G.655), ROADM-архітектур, підсилювальних схем (EDFA, Raman, гібридні рішення) та форматів модуляції 100G/400G/800G, розробити математичні моделі пропускної здатності, енергетичного та OSNR-бюджету, а також оцінити нелінійні обмеження для DWDM-ліній. Запроектувати ієрархічну структуру мережі Core–Metro–Access для заданого абонентського масштабу, включно зі сценаріями резервування, маршрутизації та спектрального планування. Дослідити солітонні режими як елемент підвищення дальності та стійкості передачі, виконати порівняльний аналіз із класичними підсилювальними підходами. Провести практичну верифікацію ключових залежностей і рішень шляхом моделювання (зокрема в MATLAB/Simulink) та сформулювати інженерні рекомендації щодо впровадження.

В оглядово-аналітичному розділі проаналізовані роль оптичних транспортних мереж у глобальній телекомунікаційній інфраструктурі, проаналізована еволюція оптичних систем передачі, принципи технології DWDM, архітектура DWDM-мереж. Надані поняття мультисервісності в DWDM-мережах, масштабування DWDM-мережі для 1 000 000 абонентів, проаналізовано обмеження класичних DWDM-систем, еволюцію DWDM до

терабітних каналів і роль когерентного прийому, зроблено порівняння DWDM з альтернативними транспортними технологіями, порівняно одномодові волокон для DWDM

В теоретично-розрахунковому розділі описано фізико-математичні основи DWDM і солітонної передачі, показано, що лінійні ефекти CD/PMD визначають вимоги до DSP-компенсації та впливають на вибір модуляції, тоді як шум ASE формує OSNR-бюджет у каскаді підсилювачів. Нелінійні ефекти (SPM/XPM/FWM) обмежують допустиму потужність запуску та задають компроміс між дальністю і ємністю. Солітонні режими, описані NLSE і параметром порядку N , є фізичною альтернативою підвищення дальності за рахунок стабілізації імпульсу і слугують мотивацією для подальшого проєктування підсилення та мережевих рішень у наступних розділах, описано архітектуру Core–Metro–Access із застосуванням DWDM у магістральному сегменті та ROADM-вузлів, що забезпечує необхідну масштабованість для мережі на 1 000 000 абонентів. Показано, що планування пропускну здатності має виконуватися на основі прогнозу росту трафіку та моделі пікових навантажень, а якість передавання визначається OSNR/BER та дисперсійними обмеженнями. Сформовано цілісну інженерну методику проєктування DWDM-магістралі: від вибору архітектури і ROADM-вузлів до розрахунку бюджету потужності, OSNR та нелінійних обмежень. Показано переваги гібридного підсилення EDFA+Raman для підвищення OSNR і підтримки режимів 400G/800G, а також продемонстровано практичну відтворюваність висновків через три MATLAB-сценарії.

В дослідницько-експериментальному розділі виконано цілісне практичне проєктування солітон-асистованого підсилювального тракту для DWDM-мережі. Сформовано математичну основу (NLSE, умова $N \approx 1$, дисперсійне керування), інженерно обґрунтовано застосування EDFA та гібридного EDFA+Raman

підсилення, розглянуто солітонну фільтрацію (NOLM) та керовану резонаторну фільтрацію (мікрокільце) як інструменти підвищення QoT. Наведено кейс-стаді для тракту 400G/800G та відтворювані MATLAB-шаблони для чисельної перевірки. У роботі розроблено математичний апарат для аналізу пропускної здатності, енергетичного балансу, OSNR-бюджету, Q-фактора та ймовірності бітових помилок (BER), який може застосовуватися під час проєктування та оптимізації оптичних транспортних ліній.

У висновках зазначено, що у межах магістерської роботи запропоновано комплексне рішення щодо побудови мультисервісної DWDM-мережі, розрахованої на обслуговування до 1 000 000 абонентів, що узгоджується з вимогами сучасних і перспективних транспортних телекомунікаційних систем. Сформована мережева архітектура ґрунтується на ієрархічному принципі Core–Metro–Access із використанням ROADМ-вузлів, що забезпечує ефективне масштабування мережі, гнучке управління спектральними ресурсами та підтримку різномірного трафіку.