

Силабус навчальної дисципліни
Технології оптичного зв'язку

Н.А. Харченко,
доцент кафедри ІМІ, к.т.н., доцент
E-mail: nataliia.kharchenko@nure.ua

Назва поля	Детальний контент, коментарі
Назва факультету	Факультет інфокомунікацій
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Код і назва спеціальності	172 Телекомунікації та радіотехніка
Тип і назва освітньої програми	ОПП «Інформаційно-мережна інженерія»
Назва дисципліни	Технології оптичного зв'язку
Кількість ЄКТС кредитів	4,5
Структура дисципліни (розподіл за видами та годинами навчання)	28 год – 14 лекцій, 8 год – 4 практичних заняття, 20 год – 5 лабораторних заняття, 8 год – 4 консультації, 71 год – самостійна робота, вид контролю: комб. іспит
Графік (терміни) вивчення дисципліни	3-й рік, VI семестр
Передумови для навчання за дисципліною	Базові знання з: 1. Напрямні системи електричного та оптичного зв'язку 2. Технології транспортних мереж 3. Технології засобів ТКРТ 4. Основи інформаційно-комунікаційних технологій
Компетентності, знання, вміння, розуміння, якими оволодіє здобувач вищої освіти в процесі навчання	Навчальна дисципліна використовується для формування наступних компетентностей: – приймати та обґрунтовувати конкретні технічні рішення при розробці волоконно-оптичних систем зв'язку на базі сучасних ТОЗ; – здійснювати аналіз технічних проблем, визначати мету та виконувати основні задачі проектування волоконно-оптичних систем і мереж на базі сучасних ТОЗ; – проводити розрахунки основних параметрів оптичних систем і мереж, що побудовані на базі технологій SDH, WDM і PON.
Якість освітнього процесу	Навчально-методичне та матеріально-технічне ресурсне забезпечення освітньої програми, в рамках якої проводиться вивчення дисципліни, відповідає ліцензійним вимогам та акредитаційним умовам провадження освітньої діяльності університету. Здійснюється щорічний моніторинг та перегляд навчальної програми дисципліни у відповідності до вимог та рекомендацій МОН, державної атестації щодо набутих компетентностей випускників, стандартів співпраці з роботодавцями щодо забезпечення конкурентоспроможного рівня підготовки фахівців. Дотримання принципів академічної доброчесності (https://lib.nure.ua/plagiat). Містить публічну інформацію щодо вимог, компетенцій, рівня освіти в рамках дійсної освітньої програми.

Опис та зміст дисципліни

Мета вивчення дисципліни - засвоєння базових принципів та архітектурних особливостей організації сучасних технологій оптичного зв'язку (ТОЗ), їх функціональних вузлів та основних характеристик; опанування технічних рішень використання цих технологій при проектуванні та побудові високошвидкісних волоконно-оптичних систем та мереж зв'язку різного призначення; вивчення методів формування сигналів оптичного лінійного тракту, прийому та обробки оптичних сигналів у відповідності до ТОЗ, що розглядаються; загальних методів розрахунку параметрів ВОСЗ на базі технологій SDH, WDM, PON.

Зміст

Змістовий модуль 1. Предмет, мета та задачі курсу. Основні поняття.

Тема 1. Введення. Розвиток, стисла характеристика і загальні особливості технологій оптичного зв'язку.

Метод часового мультиплексування. Поняття цифрової ієрархії. Основні особливості технології плезіохронної цифрової ієрархії (PDH). Основні особливості технології синхронної цифрової ієрархії (SDH). Метод хвильового мультиплексування каналів. Технічні характеристики, переваги і недоліки систем WDM.

Тема 2. Типова схема і основні компоненти волоконно-оптичної системи зв'язку.

Типова схема ВОСЗ, передавальний (ПОМ) і приймальний (ПРОМ) оптоелектронні модулі, їх функціональні елементи та функції, регенератор та його функції.

Тема 3. Особливості мультиплексування потоків та формування синхронних транспортних модулів в технології SDH.

Схема мультиплексування потоків SDH та її елементи. Формування синхронного транспортного модуля STM-1.

Тема 4. Напрямки розвитку, функціональні особливості та спектральні діапазони WDM – технологій

Етапи розвитку WDM-систем, стандартні частотні плани DWDM та їх діапазони, поняття повністю оптичної мережі (AON).

Змістовий модуль 2. Сучасні технології DWDM, FTTH, xPON

Тема 5. Типова конфігурація мережі DWDM, принципи її роботи та основні функціональні вузли.

Схема типової конфігурації магістральної мережі DWDM, її компоненти та їх призначення, типи оптичних підсилювачів, схема підсилення сигналу DWDM оптичній лінії зв'язку.

Тема 6. Пристрої хвильового мультиплексування WDM, технології їх створення і принцип роботи.

Схема мультиплексування/де мультиплексування каналів, типи мультиплексорів, принцип функціонування дифракційної ґратки, мультиплексор на основі хвильоводних дифракційних ґраток, схема інтерференційного оптичного мультиплексора.

Тема 7. Оптичні ізолятори і циркулятори.

Схема оптичного ізолятора: призначення, принцип роботи та основні елементи; схеми оптичних циркуляторів: призначення та принцип роботи.

Тема 8. Оптичні підсилювачі та їх використання в оптичних мережах на базі технологій сімейства WDM.

Фізичні особливості функціонування ОП. Типи оптичних підсилювачів та їх особливості використання в мережах WDM. Структура оптичного підсилювача EDFA і особливості його роботи. Схеми накачки ОП EDFA. Різновиди підсилювачів EDFA. Технічні параметри ОП EDFA.

Тема 9. Сімейство технологій FTTH, особливості їх побудови та функціонування.

Технології FTTH, принципи їх побудови, особливості доведення волокна до точки «х», та сумісні з FTTH технології передачі.

Тема 10. Базова архітектура, компоненти, принцип дії і топологічні рішення організації оптичних мереж доступу на базі технології PON.

Особливості технології PON, базова архітектура і основні компоненти оптичної мережі PON, принципи передачі низхідних і висхідних потоків, фізичні топології побудови мереж PON.

Тема 11. Стандарти побудови мереж PON.

Стандарти A-PON/B-PON і їх особливості. Стандарти E-PON/GEPON і їх особливості. Стандарт G-PON і його особливості.

Тема 12. Загальні принципи побудови когерентних ВОМЗ.

Поняття «гетеродинне» та «гомодинне» детектування. Структурна схема когерентної ВОМЗ і її режими роботи.

Результати навчання здобувача вищої освіти

За результатом вивчення дисципліни студенти повинні:

ЗНАТИ:

- основні технічні особливості та архітектурні принципи організації технологій оптичного зв'язку;
- методи формування оптичних сигналів і утворення групових оптичних потоків, а також методи їх регенерації та підсилення у процесі передачі по оптичному лінійному тракту для різних технологій оптичного зв'язку;
- призначення, технічні характеристики та особливості роботи оптичних функціональних вузлів, що використовуються в ТОЗ;
- основні технічні рішення, що застосовуються при проектуванні ВОСП та побудові ВОМЗ на базі сучасних ТОЗ.

ВМІТИ:

- приймати та обґрунтовувати конкретні технічні рішення при розробці волоконно-оптичних систем зв'язку на базі сучасних ТОЗ;
- здійснювати аналіз технічних проблем, визначати мету та виконувати основні задачі проектування волоконно-оптичних систем і мереж на базі сучасних ТОЗ;

– проводити розрахунки основних параметрів оптичних систем і мереж, що побудовані на базі технологій SDH, WDM і PON.

Система оцінювання відповідно до кожного завдання для складання заліку/екзамену

Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Для оцінювання роботи студента протягом семестра сумарна рейтингова оцінка $Q_{сем}$ розраховується як сума оцінок за різні види занять та контрольні заходи в відповідності до нижче приведеної таблиці.

В кінці викладання дисципліни передбачено комбінований іспит.

При такому виді контролю сумарна оцінка P_{Π} обчислюється за формулою: $P_{\Pi} = 0,6Q_{сем} + 0,4Q_{ісп}$, де $Q_{ісп}$ - оцінка за екзамен за 100-бальною системою; $Q_{сем}$ - оцінка за семестр за 100-бальною системою. Білет для екзамена складається з двох теоретичних питань та однієї задачі.

Вид заняття / контрольний захід	Оцінка
Лекційні заняття	6 ... 14
Лабораторна робота № 1, 2, 3, 4, 5	(4 ... 6)x5 20 ... 30
Практичні заняття № 1, 2, 3, 4	(4...6)x4 12 ... 24
Контрольна точка № 1	11...16
Контрольна точка № 2	11...16
Всього за семестр	60...100

Якісні критерії оцінювання в національній шкалі та ECTS

Задовільно, D, E (60-74). Показати необхідний мінімум теоретичних знань. Знати шляхи та методи рішення практичного завдання та вміти використовувати їх на практиці.

Добре, C (75-89). Твердо знати мінімум теоретичних знань. Показати вміння розв'язувати практичне завдання та обґрунтовувати всі етапи запропонованого рішення.

Відмінно, A, B (90-100). Показати повні знання основного та додаткового теоретичного матеріалу. Безпомилково розв'язати практичне завдання, пояснити та обґрунтувати обраний метод розв'язання.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	F X	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Методичне забезпечення

Базова література

1. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 272 с.
2. Иванов А.В. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. – М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999. – 672 с.
3. В.Б. Каток. Волоконно-оптичні системи зв'язку. Київ: 1999 – 489 с.
4. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. – М., 1998. - 152с.
5. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы – 3-е изд., перераб. – СПб.: Питер, 2003. – 864 с
6. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. – М.: Эко-Тренз, 1998. – 268 с.
7. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. – М.: Радио и связь, 2003. – 468 с.
8. Дианов Е.М., Кузнецов А.А. Спектральное уплотнение каналов в волоконно-оптических линиях связи // Квантовая электроника. - 1983. - № 10. - С. 245–264.
9. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON. Часть 1. Архитектура и стандарты // Lightwave Russian Edition 2004. - № 1. - С. 22–28.
10. Убайдуллаев Р.Р. Протяженные ВОЛС на основе EDFA // Lightwave Russian Edition. - 2003. - № 1. - С. 22–28.
11. Xtera Communications Inc. Компоненты DWDM систем и их характеристики // LightWave Russian Edition. – 2005. – №2. – С. 50 - 56.
12. Велтон-Телеком. Оптические усилители в волоконно-оптических линиях связи. - Х.: Велтон-Техноком, 2002. Отчет к контракту № 50/1 от 2002-08-28.
13. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON. Часть 2. Ethernet на первой миле // LightWave Russian Edition. - 2004. - №2. – С. 25 – 32.
14. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON. Часть 3. Проектирование оптимальных сетей // LightWave Russian Edition. - 2004. - №3. – С. 21 – 28.
15. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Протокол взаимодействия центрального и абонентских узлов APON MAC [Электронный ресурс] // LightWave Russian Edition. – 2004. – №1. – Режим доступа: [www/URL: http://www.teralink.ru/?do=stech2&id=878](http://www.teralink.ru/?do=stech2&id=878). – 07.10.2004 - Загл. с экрана.

16. Практика внедрения пассивных оптических сетей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www/URL: http://www.deps.ua/tehnicheskaya-informatsiya/stati/praktika-vnedreniya-passivnyih-opticheskikh-setey-pon.html](http://www.deps.ua/tehnicheskaya-informatsiya/stati/praktika-vnedreniya-passivnyih-opticheskikh-setey-pon.html). - 2009 г. - Загл. с экрана.
17. Гладышевский М.А. Сравнение технологий EPON и GPON // LightWave Russian Edition. - 2005. - №2. – С. 16 – 22.
18. Белкин М. Е., Визель А. А. Когерентные волоконно-оптические системы передачи информации // Зарубежная радиоэлектроника. – 1991. - № 10. – с. 3 – 25. № 11. – с. 53 – 68.
19. Фотоприемные устройства оптических систем передачи [Электронный ресурс] / Волоконно-оптические системы передачи: Конспект лекций. – Режим доступа: [www/URL: http://ndo.sibsutis.ru/magistr/courses_work/vosp_work/lec6.htm](http://ndo.sibsutis.ru/magistr/courses_work/vosp_work/lec6.htm) - 18.04.2008 г. - Загл. с экрана.
20. Климаш М.М., Лаврів О.А., Бак Р.І. Оптичні та радіоканали телекомунікацій. – Львів: 2010. – 424 с.

Допоміжна література

1. Ковальчук В.К. Волоконно-оптические системы передачи: Часть I. Элементы и узлы ВОСП. / Учеб. пособие. Харьков, ХТУРЭ, 1997. – 149 с.
2. Ковальчук В.К. Волоконно-оптичні системи передачі: Частина 2 / Навчальний посібник, ХНУРЕ, 2000.
3. Алферов Ж.И. Многоканальная дуплексная волоконно-оптическая линия связи на длине волны 1,3 мкм // Квантовая электроника. - 1982. - № 9, - С. 1698–1700.
4. Слепов Н. Н. Плезиохронная и синхронная цифровые иерархии // Сети. – 1995. - №9. – с. 90-101.
5. Стерлинг, Дж. Волоконная оптика: пер. с англ. – М.: Лори, 1998. – 288 с.
6. Бахаревский А., Шокарев Д. Решения и продукты компании Cisco Systems по построению оптических сетей. – Cisco Systems.– 2005. – 56 с.
7. Агравал. Нелинейная волоконная оптика. – М.: Мир, 1996.
8. Ломашевич С.А. К проблеме прямого усиления коммутации оптических сигналов. // Электросвязь, 1992 №11 с 14-16
9. Торчигин В.П. Усиление световых импульсов в световодах с периодически изменяющимся показателем преломления. // Квантовая электроника, т.22 №5 1995. С. 509 – 511.
10. Дианов Е.М., Прохоров Е.М., Девярых Г.Г. и др. ВКР – усилитель сигналов в районе длин волн 1,3 мкм на основе высокоапертурных световодов с низкими потерями. // Квантовая электроника, т.22 №7 1995. С. 643 – 644.
11. Дианов Е.М., Прохоров Е.М., Девярых Г.Г. и др. Волоконно-оптический ВКР-усилитель сигналов на длине волны 1,3 мкм. //Квантовая электроника, т.22 №9 1995. С.810—814.
12. Справочник по волоконно-оптическим линиям связи. / Л.М. Андрушко, В.А. Вознесенский, В.Б. Каток и др. / Под ред. С.В. Свечникова и Л.М. Андрушко. К.: Техника, 1988. – 259 с.
15. Шереметьев А.Г. Когерентная волоконно-оптическая связь. – М.: Радио и связь, 1991. – 192с.
16. Волоконно-оптические системы передачи и кабели: Справочник / Под ред. И. И. Гроднева. – М.: Радио и связь, 1993.

17. Оптические системы передачи. Учебник. / В. И. Корнейчук, Т. В. Макаров, И.П. Панфилов. – К.: Техніка, 1994. – 388 с.

Методичні вказівки до різних видів занять

1. Методичні вказівки до самостійної роботи та практичних занять з дисципліни «Оптичні системи зв'язку» для студентів усіх форм навчання напряму 6.050903 - Телекомунікації / Упоряд. Ю.М. Колтун, Н.А. Харченко С.А. Капуста. – Харків: ХНУРЕ, 2011. – 60 с.;
2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Технології оптичного зв'язку» для студентів усіх форм навчання напряму 6.050903 - Телекомунікації / Упоряд. Ю.М. Колтун, Н.А. Харченко С.А. Капуста. – Харків: ХНУРЕ, 2013. – 40 с.*;
3. Методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи з дисципліни «Технології оптичного зв'язку» для студентів усіх форм навчання напряму 6.050903 - Телекомунікації. / / Упоряд. Ю.М. Колтун, Н.А. Харченко С.А. Капуста. – Харків: ХНУРЕ, 2010. – 70 с.*;

Електронні джерела

1. www.lightwave_russia.com
2. www.teralink.ru
3. www.syrus.ru
4. www.optik.ru
5. www.nortelnetworks.ru
6. www.sving.ru

Інформаційне забезпечення

1. Програмний пакет «Принципи побудови транспортної мережі SDH». Розробник Головний навчальний центр Укртелеком.
2. Програмний пакет «SDH_PRJ». Розробник Головний навчальний центр Укртелеком.
3. Програмный пакет «PON Project» Розробники Максим Величко, Рустам Убайдулаев.