Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського»

**ОРГАНІЗАЦІЯ КОМП’ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ**

Методичні вказівки до лабораторних робіт

*Рекомендовано Вченою радою*

*факультету інформатики та*

*обчислювальної техніки*

*НТУУ «КПІ»*

*Протокол № \_ від \_\_.\_\_.2017р.*

Київ

НТУУ «КПІ»

2017

Організація комп’ютерних мереж . Методичні вказівки до лабораторних робіт. /Уклад.: Б.Ю.Жураковський – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – 25 с.

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 121

«Інженерія

програмного

забезпечення»

кафедри технічної кібернетики всіх форм навчання. В посібнику наведена

тематика лабораторних занять, дано короткі теоретичні відомості, список

корисної літератури, контрольні питання, завдання для робіт, рекомендації

щодо виконання робіт та складу звіту.

Укладач

Відповідальний редактор

Рецензент

Б.Ю. Жураковський, д.т.н., професор

М.М.Ткач, к.т.н., доцент

Сільвестров А.М., д.т.н., проф.

кафедри теоретичної

електротехніки ФЕА

*За редакцією укладачів*

ВСТУП

Дисципліна "Організація комп’ютерних мереж" (ОКМ) вивчається студентами в шостому семестрі. У результаті її вивчення студент повинний знати способи передачі інформації, принципи побудови систем передачі безперервних і дискретних повідомлень, принципи побудови і структуру мереж для передачі індивідуальних і масових повідомлень, принципи побудови і структуру транспортних та локальних мереж та їх елементів, принципи побудови і структуру мереж доступу та її елементів, способи комутації і керування на мережах зв'язку,принципи маршрутизації інформації, перспективи розвитку комп’ютерних мереж, принципи побудови і структуру багатоканальних систем передачі з частотним та часовим поділом каналів, а також типові канали та групи каналів, що вони утворюють.

КОРОТКІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО САМОСТІЙНОМУ ВИВЧЕННЮ КУРСУ

Методичні вказівки містять формулювання питання, номер відповідного розділу в рекомендованій літературі і дуже стислий коментарій змісту питання. Формулювання питань у методичних вказівках ідентичні формулюванням питань у квитках до семестрового іспиту.

Системи електрозв'язку. Канал електрозв'язку.

розд. 2.1 [12]. Структура системи електрозв'язку (джерело повідомлень, передавач, канал електрозв'язку, приймач, одержувач повідомлень). Структура каналу електрозв'язку як складової частини системи електрозв'язку (перетворювач передачі, середовище поширення, перетворювач прийому, призначення елементів системи та каналу електрозв'язку). Види електрозв'язку.

Багатоканальні системи передачі (БСП).

розд. 5.2 [12], 3.2 [13], 11 [14]. Види БСП (по методу поділу каналів, по типу середовища передачі, по місцю використання). Укрупнена структурна схема БСП, склад устаткування і його призначення.

Мережні вузли та станції.

розд. 2.2 [15]. Призначення і місце використання мережних вузлів і станцій, їхня класифікація.

Типові канали передачі мережі ЕАМЗ.

розд.2.3 [15]. Поняття: "канал передачі". Типові канали та групи каналів (канал тональної частоти, канал звукового віщання, широкополосні канали, типові групи аналогових та цифрових каналів, основний цифровий канал). Їхнє призначення та смуги частот (швидкість передачі).

Принципи побудови вторинних мереж, що комутуються.

розд.2 [12]. Можливі принципи побудови мереж (радіальний, радиально-вузловий, кожний з кожним, комбінований), їхні переваги та недоліки, сфера застосування.

Способи проходження повідомлень у мережах зв'язку.

розд.1.5, 5.3, 5.4 [15], розд.3.2 [12], розд.8.1 - 8.3 [13]. Мережі з комутацією каналів, з комутацією повідомлень, з комутацією пакетів. Їхня порівняльна характеристика, сфера застосування.

Принципи побудови багатоканальних систем передачі (БСП) з частотним розподілом каналів (ЧРК).

розд. 11.1, 11.2 [12], розд. 6.1, 6.2 [15]. Принцип ЧРК. Спрощена структурна схема передавальної та приймальні частин БСП із ЧРК при використанні амплітудної модуляції з передачею однієї бокової смуги частот. Види БСП із ЧРК по забезпеченню одночасної і незалежної передачі сигналів у двох напрямках передачі (двухпроводні двухполосні та четирьохпроводні однополосні БСП із ЧРК, їхні структурні схеми).

Группоутворення в БСП із ЧРК.

розд. 3.2 [12]. Груповий принцип побудови апаратури БСП із ЧРК. Типові групи каналів. Укрупнена структурна схема оконечной апаратури, що пояснює формування типових груп каналів.

Побудова кінцевої станції БСП із ЧРК.

розд. 6.1 [13]. Структурна схема кінцевої станції, призначення устаткування. Побудова схем частотних перетворень.

Побудова лінійного тракту БСП із ЧПК. Діаграма рівнів лінійного тракту.

розд. 7.1 [13]. Структурна схема лінійного тракту, призначення устаткування. Побудова діаграми рівнів лінійного тракту.

Побудова лінійного тракту БСП із ЧРК.

розд. 5.1 [14]. Структурна схема лінійного тракту, нормування завад. Оптимальний рівень передачі. Розміщення АРУ в лінійному тракті. Вплив довжини секції регулювання на середньо розраховану довжину ділянок підсилення.

Завдання на лабораторно-практичні заняття і методичні вказівки до їх виконання.

Загальні вказівки.

Лабораторно-практичні заняття виконують на листах формату А4. Сторінки тексту, малюнки і формули нумерують. Усі виправлення і доповнення, зроблені за вимогою рецензента, виносяться на чисту сторону листа в тім місці де виявлені помилки або задані питання. Список літератури приводять наприкінці роботи.

Номер варіанта визначають по останній і передостанній цифрах номера студентського квитка. Текст завдання разом з номером варіанта та вихідними даними приводять у звіті лабораторно-практичній роботі на окремій сторінці.

Лабораторно-практичні роботи, виконані без дотримання зазначених вимог, повертаються для доробки.

Зараховані лабораторно-практичні роботи, з виконаними уточненнями і доповненнями (по зауваженнях рецензента) пред'являють на іспиті, де відбувається їхній захист. Для успішного захисту лабораторно-практичних робіт, необхідно: пояснити виправлення по зауваженнях рецензента, відповісти на поставлені питання, уміти пояснити хід рішення задач, обґрунтувати правильність використання розрахункових формул, розуміти зміст вхідних у них символів.

**Тема лабораторно-практичних робіт (частина 1):**

" **Розробка N - канальної системи передачі з частотним поділом каналів**."

Зміст лабораторно-практичних занять.

*ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1*. **Побудова N-канальної системи передачі з частотним розподілом каналів для заданої дальності зв'язку і числа підсилювальних ділянок.**

*Мета роботи:* ознайомитись з методикою побудови багатоканальної системи передачі з частотним розподілом каналів для заданої дальності зв’язку. Розробити структурну схему N -канальної СП із ЧРК для заданої дальності зв'язку (L) і числа підсилювальних ділянок (Nпд). Визначити довжини підсилювальних ділянок і величину їхнього загасання при заданих величинах коефіцієнта згасання ланцюга кабелю на ділянках лінії ( ).

*ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2*. **Побудова комп’ютерної моделі кінцевої станції N-канальної системи передачі з частотним розподілом каналів**

*Мета роботи:* ознайомитись з методикою побудови кінцевої станції багатоканальної системи передачі з частотним розподілом каналів та ознайомитися з призначенням пристроїв, що входить до складу кінцевої станції.Розробити укрупнену структурну схему кінцевої станції N-канальної СП із ЧРК. Описати призначення апаратури, що входить до складу кінцевої станції.

*ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3*. **Розрахунок та побудова схеми частотних перетворень у каналостворюючій апаратурі системи передачі з частотним розподілом каналів**

*Мета роботи:* ознайомитись з методикою розрахунку та побудови схеми частотних перетворень у каналоутворюючій апаратурі багатоканальної системи передачі з частотним розподілом каналів. Розрахувати і побудувати схему частотних перетворень у каналоутворюючій апаратурі СП з ЧРК.

*ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4.* **Розрахунок і побудова діаграми рівнів лінійного тракту N-канальної системи передачі з частотним розподілом каналів.**

*Мета роботи:* ознайомитись з методикою розрахунку та побудови діаграми рівнів лінійного тракту багатоканальної системи передачі з частотним розподілом каналів.Розрахувати і побудувати діаграму рівнів лінійного тракту N-канальної СП із ЧРК. Визначити потужність, напругу й абсолютний рівень напруги вимірювального сигналу на вході апаратури першого підсилювального пункту при заданій величині вхідного опору апаратури (Rвх.пп).

Вихідні дані для виконання всіх пунктів лабораторно-практичних занять наведені в таблиці 1.

ПРИМІТКА.

до таблиці 1

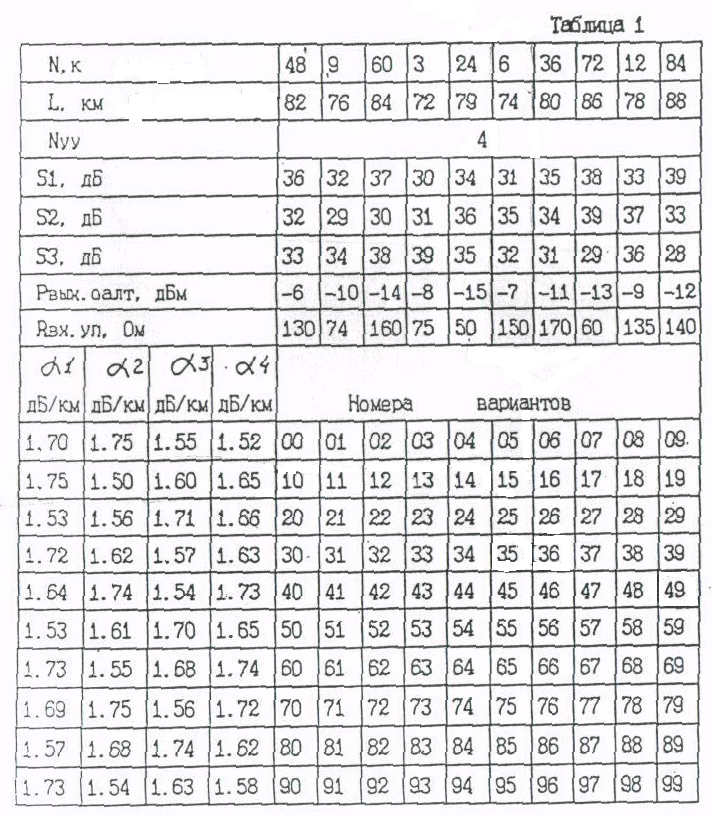
*Nк* - кількість каналів СП із ЧРК

*L* - дальність зв'язку СП із ЧРК (довжина лінійного трпкта СП із ЧРК)

*S1,S2,S3* - величини підсилення відповідно 1-й, 2-й і 3-й підсилювальних ділянок у лінійному тракті СП із ЧРК

*Pвих.оалт* - рівень вимірювального сигналу на виході кінцевої апаратури лінійного тракту кінцевої станції.

*1, 2, 3, 4* - коефіцієнти згасання ланцюгів кабелю відповідно на 1-й, 2-й, 3-й і 4-й підсилювальних ділянках.



**Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних занять**

**При виконанні, 1-ї лабораторно-практичної роботи** врахувати, що в лінійному тракті використовуються тільки підсилювальні пункти (*НПП*), що не обслуговуються. Вихідними даними для виконання 1-го пункту є дальність зв'язку СП із ЧРК (*L*, км) число підсилювальних ділянок (*Nпд*), коефіцієнт згасання ланцюгів кабелю на підсилювальних ділянках ( l, 2, 3, 4). Спочатку визначаються:

*(Nпп = Nнпп = Нпд - 1),*

довжини підсилювальних ділянок (*lпд = L/Nпд,* км)

загасання ділянок лінії

*Аділ і = aі \* lпді = at \* lпд, дБ, де і = 1, 2, 3, 4*

після чого будується структурна схема СП із ЧРК із указівкою всіх

пунктів (оконечных і підсилювальних), довжин підсилювальних ділянок і довгі лінійного тракту в цілому. Описати призначення елементів (частин) СП із ЧРК.

**При виконанні 2-ї лабораторно-практичної роботи** вихідними даними є:

число каналів (*Nк*). Попередньо проводиться розрахунок необхідної кількості комплектів апаратури індивідуального, і первинного перетворення.

При *Nк < 12*:

апаратура називається преосвітньої.

*nаіп = nпрг = Nк/3*

При *Nк > 12*

*NАІП = nпг = NK/12, MАПП = mвг = Цбл.м [NK/60] = Цбл.м [nпг/5]*

де:

*nаіп* - необхідне число комплектів апаратури індивідуального перетворення, рівне необхідному числу предгрупп *nпрг*(при *Nк<12*) або необхідному числу первинних груп *nпг*(при *Nк>12*);

*MАПП* - необхідне число комплектів апаратури первинного перетворення, рівне необхідному числу вторинних груп nпг (при *Nк>60*);

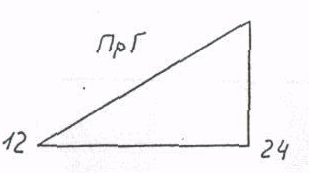
Індекс *Цбл.м* - найближче менше ціле число.

Після цього будується структурна схема, оконечной станції з указівкою розрахованих (по числу) комплектів апаратури індивідуального і первинного перетворення, апаратури сполучення (АС) до кінцевої апаратури лінійного тракту (КАЛТ). Описується призначення апаратури (АІП, АПП, АС, КАЛТ).

**При виконанні 3-ї лабораторно-практичної роботи** в якості вихідних даних використовується розроблена структурна схема кінцевої станції для необхідного числа каналів (*Nк*).

При *Nк < 12* до складу каналостворюючої апаратури (*КСА*) входить визначене число комплектів *АІП* (від 1-го до 4-х), на виході кожного з яких формується 3-канальна *Прг* (із трьох канальних сигналів, що мають однакову смугу частот (*fнк ... fвк* ), у смузі частот

12...24 кГц із прямим розташуванням смуг частот каналів.



Формування *Прг* здійснюється за допомогою 3-х індивідуальних несущих частот, що визначаються відповідно до вираження:

*fінд.нес і= 12 + 4 \* (t - 1), kHz, де і=1, 2, 3* (1)

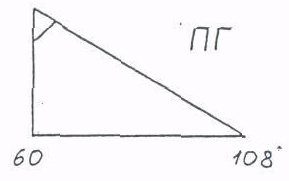
При цьому смуга частот і-го каналу (у смузі частоти *Прг*) визначається відповідно до вираження

*fкі = fінд.нес і + (fнк ... fвк) (2)*

де:

*fнк = 0.3 кгц, fвк = 3.4 кгц* - відповідно нижні і верхня граничні частоти канального сигналу.

При *Nк>12* до складу *КСА* входить визначена кількість комплектів *АІП* і *АПП*. На виході одного комплекту *АІП* формується 12-ти канальна *ПГ* (з 12 канальних сигналів) у смузі частот 60...108 кгц зі зворотним розташуванням смуг частот каналів:



Формування *ПГ* здійснюється за допомогою 12-ти індивідуальних несущих частот, що визначаються відповідно до виразу:

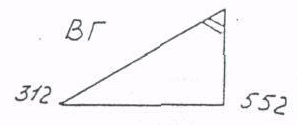
*fінд.нес і = 108 - 4 \* (і - 1), кГц, де і = 1...12* (3)

При цьому смуга частот і-го каналу ( у смузі частот *ПГ*) визначається відповідно до вираження:

*fкі = fінд.нес і - (fнк ... fвк)*

(4)

На виході одного *АПП* формується 60-ти канальна ВГ (з 5-ти *ПГ*) у смузі частот 312 ... 552 кГц із прямим розташуванням смуг частот каналів.



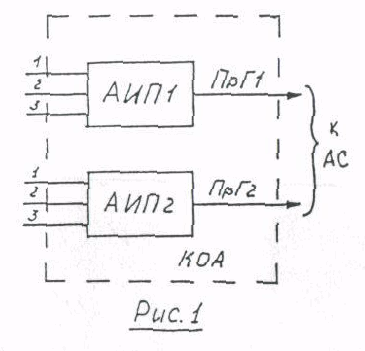
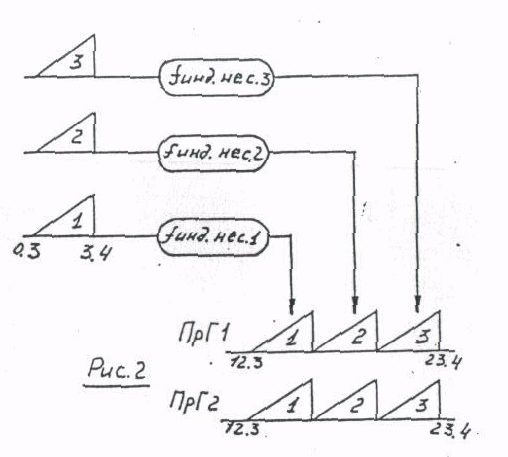
Формування *ВГ* здійснюється за допомогою 5-ти групових несущих частот, що визначаються відповідно до виразу:

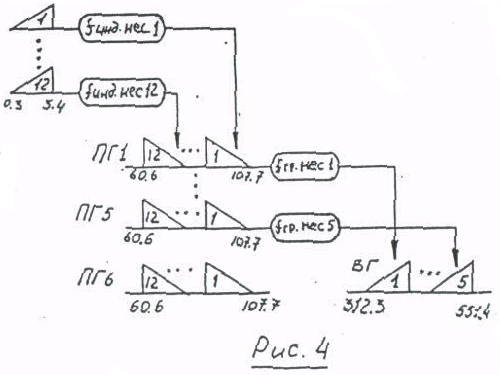
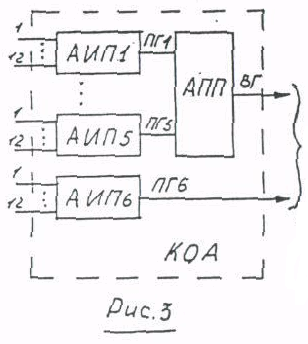
*fгр.нес і = 420 + 48 \*(і - 1), кГц де і = 1...5* (5)

При цьому смуга частот і-й *ПГ* ( у смузі частот *ВГ*) визначається відповідно до виразу:

*fпг і = fгр.нес - (fн пг... fв пг)* . (6)

Приклади побудови структурних схем *КСА* і схем частотних перетворень для *Nк = 6* приведені відповідно на рис. 1, рис. 2, для *Nк = 72* - на рис. 3, рис. 4.



У лабораторно-практичній роботі необхідно зробити розрахунок усіх необхідних несущих частот, займаних канальними сигналами в смузі частот Прг (при *Nк<12*) і Пг (при *N>12*), а також смуг частот, займаних ПГ у смузі частот ВГ (при *N>12*). При цьому на схемах частотних перетворень повинні бути показані значення всіх несучих частот у цифрах кГц (а не в умовних позначках, як це показано на рис.2, рис.4.), а також показані всі смуги частот канальних сигналів смугах частот ПГ і смуг частот ПГ у смугах частот ВГ (а не пунктиром, як це показано на рис.4) і в смузі частот ПГ і кожної ПГ у смузі частот ВГ (на рис.4 показані тільки граничні частоти ПГ і ВГ).

**При виконанні 4-ї лабораторно-практичної роботи** для побудови діаграми рівнів лінійного тракту вихідними даними є:

*Рвих.калт*, *S1, S2, S3,* а також *Аділ* і, розраховані в п.1. При цьому попередньо розраховуються значення рівнів прийому (*Рпр і*) і передачі (*Рпер і*) відповідно до виразу:

*Рпр і = Рпер і - 1 - Аі,* дбм

*Рпер і = Рпр і +Sі*, дбм

де *і* - номер підсилювальної ділянки. Для першої підсилювальної ділянки (*і = 1*):

*Рпер і-1 = Рвих.калт*. У контрольній роботі діаграма рівнів розраховується і будується для одного напрямку передачі (А-Б), як показано на рис.5.



У лабораторній: *n = Nyy = 4*. При цьому на діаграмі рівнів треба показати розраховані значення рівнів передачі і прийому в дБм (а не їхні умовні позначки, як це показано на рис. 5).

Потужність (*P i*).напруга (*Uі*) і абсолютний рівень напруги (*Рн і*) вимірювального сигналу на виході *НППі* визначаються відповідно до виражень:

*P i = 10 0.1 \* Рпрі*

*Pнi = Рмі – 10lg*, дБм

*Ui = 775 \* 10 0.05 \* Рні*, мВ

У лабораторній роботі*: і = 1, Рмі = Pпp1, Rвх.нпп і = Rвх.пп*

Необхідно знати, як отримані вирази для:

*P i Pнi, Ui*

Тема лабораторно-практичних робіт (частина 2):

**" Розробка N - канальної системи передачі з часовим розподілом каналів."**

*ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5***. Побудова комп’ютерної моделї N-канальної системи передачі з часовим розподілом каналів для заданої дальності зв’язку.**

*Мета роботи:* ознайомитись з методикою побудови багатоканальної системи передачі з часовим розподілом каналів для заданої дальності зв’язку. Розробити структурну схему БСП з ЧасРк (ЦСП) для заданої дальності зв’язку.

*ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6* **Побудова комп’ютерної моделі кінцевої станції N-канальної системи передачі з часовим розподілом каналів для заданої дальності зв’язку.**

*Мета роботи:* ознайомитись з методикою розрахунку кількості типових груп цифрових каналів та побудовою структурної схеми кінцевої станції багатоканальної системи передачі з часовим розподілом каналів.Розрахувати кількість типових груп цифрових сигналів та розробити структурну схему кінцевої станції БСП з ЧасРк (ЦСП).

Вихідні дані для виконання всіх пунктів лабораторної роботи наведені в таблиці 2.

ПРИМІТКА.

до таблиці 2

*L* - дальність зв'язку СП із ЧасРК (довжина лінійного трпкта СП із ЧасРК).

*Nпд*– кількість ділянок підсилення.

*α орп* – кількість ОРП від загальної кількості РП.

*Nк* – кількість каналів СП із ЧасРК

##### Таблиця 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L, км | Nпд | α орп,  % | Nк | Номера варіантів | | | | | | | | | |
| 62 | 31 | 0.1 | 30 | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 |
| 123 | 41 | 0.05 | 120 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 1 | 19 |
| 63 | 21 | 0.1 | 480 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 164 | 41 | 0.05 | 1920 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
| 126 | 21 | 0.1 | 30 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 |
| 153 | 51 | 0.05 | 120 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 |
| 62 | 31 | 0.1 | 480 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 |
| 123 | 41 | 0.05 | 1920 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 |
| 255 | 51 | 0.1 | 480 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 |
| 244 | 61 | 0.1 | 120 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 |

Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних робіт

***При виконанні 5- ї лабораторно-практичної роботи необхідно визначити***:

1. *Довжину регенераційних ділянок Lрд*
2. *Кількість регенераційних пунктів Nрп*
3. *Кількість обслуговуємих регенераційних пунктів Nорп*
4. *Кількість необслуговуємих регенераційних пунктів Nнрп*
5. *Кількість секцій дістанційного живлення Nсдж*
6. *Максимальну кількість НРП з однією СДЖ Nнрпсдж*
7. *Довжину секції дистанційного живлення Lсдж*

Визначаються:

1. *Довжини регенераційних ділянок (Lрд = L/Nпд, км)*

*2. Кількість регенераційних пунктів (Nрп = Nпд - 1),*

*3. Кількість обслуговуємих регенераційних пунктів (Nорп = Nрп \* α орп),*

*4. Кількість необслуговуємих регенераційних пунктів (Nнрп = Nрп - Nорп),*

*5.Кількість секцій дістанційного живлення (Nсдж = Nорп + 1),*

*6. Максимальна кількість НРП з однією СДЖ – Nнрпсдж = {Ціле ближнє більше (Nнрп / Nсдж)},*

*7. Довжина секції дистанційного живлення (Lсдж = Nнрпсдж + 1),*

КС

КС

Р

Р

Р

Р

Р

Р

НРП1

ОРП1

ОРП2

Lрд

Lсдж

L

Lсдж

Рис 6 Структурна схема ЦСП для заданої дальності зв’язку

**При виконанні 6-ї лабораторно-практичної роботи**:

Попередньо проводиться розрахунок необхідної кількості комплектів апаратури індивідуального і первинного перетворення.

При *Nк = 30*:

Кількість первинних груп розраховується:

*Nацо= Nпрг = Nк/30*

Кількість вторинних груп розраховується:

*Nавчг=Nвг = Nк/120, або Nвг = Nпрг/4;*

Кількість третинних груп розраховується:

*Nатчг=Nтг = Nк/480, або Nтг = Nвг/4;*

Кількість четверинних груп розраховується:

*Nаччг=Nчг = Nк/1920, або Nчг = Nтг/4;*

АЦО – аналого-цифрове обладнання;

АВЧГ – апаратура вторинного часового групоутворення;

АТЧГ - апаратура третинного часового групоутворення;

АЧЧГ - апаратура четверинного часового групоутворення.

В якості вихідних даних використовується розроблена структурна схема кінцевої станції для необхідного числа каналів (*Nк*).

Приклад побудови структурної схеми *КСА* на рис.7.

АЦО

АЧГ

ГО

КАЛТ

Рис.7. Структурна схема кінцевої станції N – канальної ЦСП

КСА

лінія

N

1

АЦО –аналого-цифрове обладнання;

АЧГ – апаратура часового групоутворення;

КАЛТ – кінцева апаратура лінійного тракту;

ГО – генераторне обладнання.

**Тема лабораторно-практичних робіт (частина 3):**

*ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7.***Інформаційно-потоковий розрахунок мережі доступу**

*Мета роботи:* ознайомитись з методикою інформаційно-потокового розрахунку мережі доступу та побудовою структурної схеми мережі доступу рівня користувач – розподільчий вузол .

Мережа повинна забезпечити доступ будь-якого користувача населеного пункту (квартирного та виробничого секторів) до будь-якого вузла місцевих постачальників послуг інформаційної мережі Інтернет. Мережа доступу в цілому повинна також забезпечити пропуск міжміського трафіку від постачальників послуг до інших міст не менше, ніж по двох напрямках. Кількість постачальників послуг Інтернет у місті розраховується з середнього нормативу один постачальник на 20 тис. мешканців міста. Щільність покриття мережевими закінченнями МД квартир та виробничих приміщень міста повинна становити не менше 100%. Середня кількість мешканців квартири становить 2,5. Кількість виробничих приміщень у місті приблизно вдвічі менше кількості квартир. Профіль навантаження від типових користувачів обирається студентом самостійно у межах заданих табл.4 з урахуванням особливостей конкретної технології та розміру міста. Характеристики навантаження типового постачальника послуг визначаються на основі інформаційно-потокового розрахунку мережі.

Конкретний варіант лабораторного завдання обирається кожним студентом за власним номером у журналі групи за допопогою табл.3.

Таблиця 3. Вибір варіанту лабораторного дослідження

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер за журналом групи | Код  варіанту | Номер за журналом групи | Код  варіанту | Номер за журналом групи | Код  варіанту |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12 | 31  65  51  32  31  12  33  52  11  54  15  13 | 13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24 | 53  14  22  43  63  15  52  43  22  31  12  53 | 25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36 | 15  32  61  55  53  25  52  35  44  23  12  42 |

Перша ліва цифра у коді варіанту Табл.3 визначає номер технології мережі у наступному списку:

1 – *ISDN* (Цифрова мережа з інтеграцією обслуговування – ЦМІО);

2 – *B-ISDN* (Високошвидкісна ЦМІО);

3 – *Ethernet* (Локальна комп’ютерна мережа за стандартом ІЕЕЕ 802.3);

4 – *LMDS+ Ethernet* (Локальна мікрохвильова мультимегабітна розподільча мережа плюс мережа Ethernet);

5 – *ICATV+ Ethernet* (Мережа інтерактивного кабельного телебачення плюс мережа Ethernet);

6 – *DSL+ Ethernet* (Цифрові абонентські лінії плюс мережа Ethernet ).

Друга цифра коду варіанту у Табл.3 позначає номер типу міста з наступного списку:

1 – великий обласний центр України (~1,3 млн. мешканців);

2 – середній обласний центр (~300 тис. мешканців) ;

3 – місто обласного підпорядкування (~140 тис. мешканців);

4 – районний центр (~90 тис. мешканців);

5 – селище міського типу (~30 тис. мешканців).

Головною метою даного етапу є розробка схеми інформаційних потоків мережі і визначення величин потоків у кожному її елементі. Ця схема є ідеалізацією структурної схеми, зображуючи ідеальні вузли та ідеальні зв’язки між ними прив’язані до реального їх розташування на місцевості з урахуванням технологічних особливостей мережі доступу (МД). Схема потоків необхідна для наступних розрахунків кількості обладнання та експлуатаційного персоналу мережі.

З огляду на складність проектованого об’єкту, схему потоків МД розробляють на декількох ієрархічних рівнях. В загальному випадку, як правило, розрізняють такі ієрархічні рівні МД:

* загальноміська транспортна мережа;
* районні мережі;
* мікрорайонні мережі;
* будинкові мережі;
* мережі приміщень користувачів.

В залежності від базової технології, склад і межі ієрархічних рівнів МД можуть варіюватися. Це добре видно при конкретному розгляді основних технологічних схем МД, що рекомендуються для даного лабораторного дослідження, наведених на рис.1…6.

При розробці схеми потоків МД для зменшення витрат на нові вузли зв’язку бажано прив’язувати розташування вузлів і міжвузлових зв’язків до вже існуючих об’єктів електрозв’язку. Це значно зменшить витрати на будівництво або пристосування робочих приміщень, систем їх охорони, життєзабезпечення, електроживлення, на будівництво лінійних споруд, тощо.

Після розробки схеми потоків конкретної МД проводять розрахунки інтенсивності інформаційних потоків для усіх ліній і вузлів МД.

В реальному проектуванні, як правило, усі складові МД (вузли і лінії зв’язку кожного ієрархічного рівня всієї МД) є оригинальними, неповторними і інформаційні потоки розраховуються для кожної складової окремо. В учбовому проекті задля зменшення його трудомісткості можна застосувати спрощуючі передпосилання – рівномірний розподіл користувачів кожної категорії, однакові профілі споживання послуг, однакові довжини однотипних ліній зв’язку, однакові пропускні здатності однотипних вузлів зв’язку, рівномірне тяготіння, тощо.

Розрахунки інформаційних потоків починають з термінальних стиків МД, орієнтуючись на профілі споживання основних інформаційних послуг користувачами у годину найбільшого навантаження. Для кожної послуги визначають середній інформаційний потік за формулою

*Vсi = Vmi ⋅ yi / Ki*

де *Vmi –* максимальна швидкість при наданні *і*-ї послуги, *yi –* інтенсивність використання *і*-ї послуги в ГНН користувачем, *Кпі –* коефіцієнт пульсацій інформаційного потоку при наданні *і*-ї послуги.

Величини для перших двох членів формули беремо з таблиць уточнених даних, конкретизованих для кожного варіанту лабораторного дослідження з орієнтацією на дані табл. Коефіцієнт пульсацій істотно залежить від виду послуг і методів стистення інформації при наданні послуги. Для телефонних-, аудіо- і відео-послуг його величину можна прийняти рівною одиниці, для електронної пошти і пересилання файлів – 3, а для Web-сеансів – 10.

На завершення етапу інформаційно-потокового розрахунку МД виконують розрахунок пропускних здатностей елементів МД.

Пропускна здатність елементів мережі істотно залежить як від середньої швидкості у елементі, так і від складу інформаційних потоків. В загальному випадку це дуже складна задача теорії імовірності, яка потребує глибоких теоретичних досліджень або використання потужних моделюючих програм. Слід пам’ятати, що величина пропускної здатності (продуктивності) елементу мережі передачі даних повинна бути більшої середньої швидкості інформаційного потоку у елементі, але меншою суми максимальних швидкостей усіх складових інформаційного потоку. Відповідно до центральної граничної теореми теорії імовірності, чим більше складових потоку, тим менше середньоквадратичне відхилення миттєвої швидкості сумарного потоку від середнього значення і тим ближче розподіл миттєвих швидкостей до нормального закону для якого вже добре значення інтегралу імовірностей або процентилі розподілу значень швидкості потоку.

Однак, оскільки в проектованій МД будуть ділянки як з невеликою кількістю складових інформаційного потоку елемента, так і з дуже великою (тисячі, десятки тисяч), то прийдеться для різних типів ділянок застосовувати різні статистичні методи розрахунку пропускних здатностей. Такі обставини значно ускладнюють розрахунки пропускних здатностей елементів МД.

В даному лабораторному дослідженні, з метою зменшення трудомісткості застосовується метод спрощених нормативів на перевищення пропускної здатності елемента *Ve* в залежності від кількості складових у потоці, а саме:

а) до 10 складових – *Ve = Σi Vmi* ;

б) від 11 до 100 – *Ve = 8 Vc* ;

в) від 101 до 1000 – *Ve = Vc* ;

г) більше 1000 – *Ve = 1,5 Vc .*

Основні характеристики послуг і профілі їх споживання користувачами в годину найбільшого навантаження (ГНН) слід обирати, орієнтуючись на дані табл.4.

Якість функціонування МД при наданні послуг користувачам в годину найбільшого навантаження повинна бути не гіршою наступних показників:

* коефіцієнт готовності доступу – ≥ 0,999;
* середня затримка доступу – ≤ 1 с;
* середня затримка передачі пакетів – ≤ 100 мс;
* варіація затримки передачі пакетів – ≤ 10 мс;
* коефііцієнт втрати пакетів – ≤ 0,0001.

Таблиця 4. Характеристики навантаження від користувачів мережі доступу

(у годину найбільшого навантаження – ГНН)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Види послуг | Мінімальний набір послуг | | Максимальний набір послуг | |
| Максимальна швидкість, кбіт/с | Інтенсивність навантаженняЕрланг | Максимальна швидкість, кбіт/с | Інтенсивність навантаженняЕрланг |
| А. *Квартирний користувач*  Електронна пошта  Пересилання файлів  Web-сеанси  Телефон  Відеотелефон  Аудіо-програми  Відео-програми звичайної чіткості  Відео-програми високої чіткості  Б. *Виробничий користувач*  Електронна пошта  Пересилання файлів  Web-сеанси  Телефон  Відеотелефон  Аудіо-програми  Відео-програми звичайної чіткості  Відео-програми високої чіткості | 9,6  19,2  19,2  19,2  -  -  -  -  19,2  64  128  19,2  128  -  -  - | 0,01  0,01  0,2  0,1  -  -  -  -  0,1  0,2  5х0,2  10х0,1  2х0,1  -  -  - | 128  512  512  32  2048  512  2048  8448  512  2048  1024  32  2048  512  2048  8448 | 0,01  0,01  2х0,2  2х0,1  0,05  2х0,2  2х0,3  0,1  0,1  0,2  10х0,2  20х0,1  5х0,1  2х0,2  2х0,2  0,1 |











***ЗАВДАННЯ:***

1. Провести інформаційно-потоковий розрахунок мережі доступу за обраною технологією.
2. Побудувати структурну схему частини мережі доступу рівня користувач – вузловий пункт.

*ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8.* **Проектування вузлів мережі доступу**

*Мета роботи:* ознайомитись з методикою проектування вузлів мережі доступу та міжвузлових зв’язків, проведення оцінки кількості обладнання, яка необхідна для побудови мережі доступу та побудови повної структурної схеми мережі доступу.

Головною метою даного етапу є визначення типів вузлів МД, їх розташування у ієрархії елементів МД та оснащення їх необхідним обладнанням та персоналом. На цьому етапі також починається формування організаційної структури мережі, що проектується.

Вузлом мережі зв’язку прийнято називати сукупність основного та допоміжного технологічного обладнання, а за необхідності, і обслуговуючого персоналу, розташовану на перетині ліній зв’язку. Вузол зв’язку забезпечує переформування лінійних сигналів і перерозподіл інфомаційних потоків, що переносяться лінійними сигналами по лініях зв’язку, технічне обслуговування обладнання та прилеглих до вузла ділянок ліній зв’язку, а також експлуатаційне обслуговування зв’язків та інформаційних потоків, що проходять через вузол.

В залежності від розташування вузла в мережі та виконуваних головних задач, вузли класифікують наступним чином: міжміські, опорно-транзитні, місцеві (граничні), розподільчі (периферійні), кінцеві. Кінцевим вузлом або мережним закінченням слід вважати розташоване в приміщенні користувача обладнання, за допомогою якого формується стик “користувач-мережа” (UNI). У користувача за цим стиком може бути або один-єдиний інфоприлад (наприклад, звичайний телефон чи комп’ютер), або мережа приміщень користувача з кількома інфоприладами, або ціла офісна мережа з багатьма інфоприладами. В залежності від наявності і ролі обслуговуючого персоналу на вузлі, розрізняють обслуговувані і необслуговувані (виносні) вузли, центральний (керуючий) вузол мережі, провідні та керовані (низові) вузли.

Для мережі доступу, що проектується доцільно прив’язувати розташування вузлів до вузлів існуючих мереж зв’язку, наприклад, до вузлів міської телефонної мережі загального користування (ТМЗК). Однак, в залежності від технологічних особливостей МД, може з’являтися необхідність організації нових типів вузлів. Так, наприклад, для мікрохвильових систем радіодоступу необхідна організація нових вузлів у висотних будинках міста для базових станцій. Для забезпечення високих швидкостей передачі у МД за технологією Ethernet необхідно організовувати виносні вузли у розподільчих шафах, розподільчих муфтах, розподільчих коробках, в приміщенні користувача.

Види і об’єм обладнання та чисельність персоналу вузла, виробнича площа вузла визначаються виконуваними вузлом функціями. Нижче наведено перелік основних з них і види засобів, що необхідні для їх виконання.

1. *Трактостворення* – системи передачі, крос-конектори, оптичні мультиплексори. Для багатьох сучасних вузлів МД, за умови невеликих відстаней між вузлами і пропускної здатності трактів до 10 Гбітс, таке обладнання окремо не застосовується, а входить до комутаційного обладнання вузла у вигляді лінійних блоків (модулів).
2. *Розподіл інформаційних потоків –* цифрові станції комутації, комутатори пакетів, маршрутизатори, концентратори, мультиплексори.
3. *Стикування з іншими мережами* – шлюзи, мости.
4. *Надання інформаційних послуг*  – сервери, програмне та інформаційне забезпечення.
5. *Технічне обслуговування* – вбудоване і окреме обладнання автоматичного та ручного контролю стану ліній, виносних вузлів, вузлового обладнання; запчастини, інструменти і приналежності (ЗІП), у тому числі, й набір усіх типів змінних блоків обладнання вузла і підпорядкованих виносних вузлів; ремонтні майстерні, дільниці чи центри (або окрема стаття витрат на ремонт і поновлення ЗІП на підприємствах-виробниках); транспортні засоби для оперативного відновлення дії зв’язків після пошкоджень на лініях, виносних вузлах або у користувачів; технічний та інженерний персонал.
6. *Експлуатаційне обслуговування –* сервери, робочі станції, програмне забезпечення для управління мережею і мережевим бізнесом, для обліку її роботи, для взаємовідносин і розрахунків з користувачами; інженерний персонал.
7. *Безперебійне електроживлення* – автомати перемикання елекромереж (основної і резервної загального енергопостачання та резервної вузлової), випрямлячі, акумуляторна батарея, резервна дизельна електростанція; система електроживлення вузла повинна бути розрахована на живлення обладнання вузла, підпорядкованих виносних вузлів, а також телефонних апаратів у приміщеннях користувачів; технічний персонал.
8. *Життєзабезпечення вузла* – система охорони (служба безпеки, у тому числі, й інформаційної), системи кондиціонування повітря, освітлення, водопостачання і водовідведення, приміщення для персоналу, виробничі меблі і т.п.; забезпечуючий персонал.
9. *Адміністрування* – засоби службового зв’язку, оргтехніка, офісні меблі і т.п.; адміністративний персонал.

В реальному проектуванні мереж необхідність у окремих функціях вузла і показники їх обсягу визначаються для кожного з вузлів МД окремо, орієнтуючись на його місце в МД, конфігурацію його зв’язків та пропускну здатність. В курсовому проекті, виходячи з припущення про рівномірний розподіл користувачів по території міста, а також з технології МД і розрахованої пропускної здатності окремих елементів мережі, необхідно лиш визначитись з окремими типами вузлів. Для кожного типу вузла необхідно прийняти рішення про виконувані даним типом вузла функції, про їх обсяг, та визначити у вигляді переліків (специфікацій) види та кількості окремих видів обладнання на кожному окремому типі вузла, а також кваліфікацію та кількість персоналу на вузлах, що обслуговуються.

**Проектування міжвузлових зв’язків**

Даний етап лабораторного дослідження передбачає визначення типів міжвузлових цифрових трактів та найбільш оптимальної їх реалізації.

Аналогічно типізації вузлів МД, виходячи з припушення про рівномірний розподіл користувачів кожного виду по території міста, провадять групування міжвузлових зв’язків у декілька окремих типів міжвузлових зв’язків.

За розрахованими пропускними здатностями кожного з видів міжвузлових зв’язків визначають найближчу більшу стандартизовану швидкість тракту: 2, 8, 34, 155, 622, 2500, 10000 Мбіт/с. При потребі мати більші швидкості міжвузлових зв’язків, слід орієнтуватися на застосування систем передачі зі спектральним ущільненням (WDM, DWDM), які можуть забезпечити оптичні тракти з номінальною пропускною спроможністю (4…160)х10 Гбіт/с.

Способами реалізації міжвузлових зв’язків може бути: або оренда трактів потрібної пропускної здатності в “Укртелекомі” чи в іншому підприємстві, що має надлишок пропускної здатності у своїх лінійно-кабельних спорудах; або побудова окремої (для МД) ВОЛЗ. Слід оцінити, який спосіб буде дешевшим для конкретного типу міжвузлового зв’язку в МД конкретної технології і розміру. Для оцінок використати такі дані: вартість оренди первинного цифрового тракту (2,048 Мбіт/с) довжиною 3 км становить 2,5 тис.грн/місяць; вартість трактів більш високої пропускної здатності та протяжності пропорційна їх швидкості та довжині у степені 1/2; вартість побудови окремої ВОЛЗ (з мінімальною кількістю волокон у кабелі – 4) становить близько 15 тис. грн/км у готових кабельних каналах та 25 тис. грн/км при розритті грунту і прокладанні нових кабельних каналів. Вартість 4-волоконного оптичного кабелю становить близько 8 тис. грн/км.

Результатом виконання етапу повинен стати опис кожного типу міжвузлових зв’язків МД з коротким числовим обгрунтуванням оптимального способу реалізації цих зв’язків.

**Оцінка кількості обладнання та капітальних витрат**

Відповідно до результатів проектування вузлів і міжвузлових зв’язків кожного типу в МД та орієнтуючись на дані нижченаведеної табл.5, виконують розрахунки кількості обладнання для кожного вузла і його вартості. Помноживши розраховану вартість обладнання вузла кожного типу на кількість таких вузлів у МД і склавши добутки, отримують вартість обладнання усієї проектованої МД. Капітальні витрати на створення МД обчислюють, врахувавши вартість монтажно-налагоджувальних робіт, яка за усталеними нормативами становить 15-20% від вартості обладнання.

Таблиця 5. Види і основні техно-економічні характеристики обладнання

для побудови мережі доступу за різними технологіями (див. рис.1…6)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Техно-логія  МД | Вид облад-нання | Основні техно-економічні характеристики обладнання | | |
| Об’єм,  ТЗБ | Максимальна швидкість, Мбіт/с | Вартість,  у.о. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ISDN | МЗ  НР  РК  РМ РШ  ЦАТС  ОПТС | 1  0,1  0,5  1  1/100АЛ  0,1/В-порт  1/Р-порт | 0,128  -  -  -  -  0,128/В-порт  2,048/Р-порт | 300  2  10  100  500+NАЛ  200/В-порт  2500/Р-порт |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| B-ISDN | МЗ  НР  РК  РМ  РШ  ВРМ  ЦАТС  ОПТС | 2  Див. ISDN …  Див. ISDN …  Див. ISDN …  Див. ISDN …  0,2/порт  0,2/порт  3/порт | 51  …  …  …  …  51/порт  2500/порт  10000/порт | 2000  …  …  …  …  200/порт  10000/порт  20000/порт |
| Ethernet | МЛМ  НР  МР  МБ  МГБ  РШ  МС  МТ | 0,5  Див. ISDN …  0,25  2  0,5  0,1  0,5/порт  1/порт | 100  …  100/порт  10000  10000/порт  -  80000/порт  320000/порт | 150  …  13/порт  2000  1000/порт  (500+20N), де  N-кільк.опт.портів  10000/порт  30000/порт |
| LMDS+  +PSDN | МЛМ  РБ  АМО  АК  БС  КБС  МТ | 0,5  3  0,5  2  50  3/БС  1/порт | 100  34  -  -  2500  2500/порт  80000/порт | 150  2000  100  1000  50000  5000/порт  10000/порт |
| ICATV+  +PSDN | МКТ  НР  Р  БП  МП  ГП  ОЗК  МТ | 1  0,05  0,1  1  2  5  2/порт ГП  1/порт | 10  -  -  100  100  100/порт  100/порт ГП  80000/порт | 1000  2  0,5/порт  1000  2500  10000  3000/порт ГП  10000/порт |
| DSL+  +PSDN | МЦАЛ  НР  РК  РМ  РШ  МпД  СД  МТ | 1  Див. ISDN …  Див. ISDN …  Див. ISDN …  Див. ISDN …  0,5/порт  1,5/порт  1/порт | 2  …  …  …  …  2/порт  1000  2500/порт | 700  …  …  …  …  500/порт  2000/порт  5000/порт |
| Для усіх  техноло-гій | ЗІП  Система  безпереб.  електрож.  Сервер  управлін.  Робоча  станція  Комп’ю-тер інжен.  Автомоб.  Стіл  Крісло  робоче  Шафа  Телефон | 10% від кільк.ТЗБ  100 … 1000  20  10  5  -  -  -  -- | -  1 … 10 кВт  2х1000  1000  750  -  -  -  -  - | 1000/ТЗБ  20000 … 80000  3000  1500  1000  7000  50  20  100  20 |

**Примітка:** ТЗБ – типовий замінний блок апаратури, що має такі усереднені характеристики: розміри – 250х300х30 мм; кількість електрорадіоелементів – 300; напрацівання на апаратне пошкодження – 200 тис.годин.

***ЗАВДАННЯ:***

1. Провести проектування вузлів мережі та міжвузлових зв’язків.
2. Провести оцінку кількості обладнання, яка необхідна для побудови мережі доступу та побудувати повну структурну схему мережі доступу

**Рекомендована література**

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципи, технологии, протоколы: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2001. – 672 с.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципи, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.
3. Компьютерные сети. 4-е изд./ И. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2003. – 992 с.
4. Проектирование и техническая эксплуатация сетей передачи дискретных сообщений. М., “Радио с связь”, 1988.
5. Кулаков Ю.О., Луцький Г.М. Комп’ютерні мережі. Підручник. – Київ.: «Юніор», 2005. – 396 с.
6. Хмелёв К. Ф.Основы SDH: Монография. - К.: ІВЦ «Видавництво "Політехніка"», 2003. - 584 с.: ил.
7. Субботин Е.А., Лапина Н.Ф. Сети абонентского доступа: Учебное пособие / Сост. Субботин Е.А., Лапина Н.Ф. – Екатеринбург: УрТИСИ ГОУ ВПО «СибГУТИ», 2004. – 120 с.
8. Субботин Е.А., Лапина Н.Ф. Мультисервисные сети: Учебное пособие / Сост. Субботин Е.А., Лапина Н.Ф. – Екатеринбург: УрТИСИ ГОУ ВПО «СибГУТИ», 2004. – 114 с.
9. Берганов И.Р., Гордиенко В.Н., Крухмалев В.В. Пректирование и техническая эксплуатация систем передачи. М., “Радио и связь”, 1988.
10. Проектирование и техническая эксплуатация систем передачи. Учебн. пособие для ВУЗов. М., “Радио и связь”, 1996.
11. Бесслер Р., Дойч А. Проектирование сетей связи. Пер с нем. М., “Радио и связь”, 1988.
12. А.М. Зингеренко, Н.Н.Баева, М.С.Тверецкий Системы многоканальной связи: Учебник для вузов – М.: Свіязь, 1980. – 440 с.
13. Н.В. Захарченко и др. Системы электросвязи. Т. 1 – Киев: Техніка, 998. – 250с.
14. В.П.Шувалов і ін. Системи електрозв'язку. Підручник для ВУЗІВ. -М.: Радіо і зв'язок, 1987.
15. В.И.Васильєв і ін. Системи зв'язку. Навчальний посібник для ВУЗІВ. -М.: Вища школа, 1987.
16. М.В.Гитлиц, А.Ю.Лев Теоретические основы многоканальной святи. – М.: Радио и свіязь, 1985. – 248 с.
17. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. ГОСТ 34.601­- 90.
18. Проспектні матеріали фірм-виробників обладнання та статті в періодичній літературі зі схемами побудови мереж доступу за останні два роки.