

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут телекомунікаційних систем

Кафедра Телекомунікаційних систем

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Леонід Уривський

«__» _____ 20__ р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою

«Телекомунікаційні системи та мережі»

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

**на тему: «Проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж
відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу»**

Виконала:

студент (-ка) IV курсу, групи ТС-71

Дорошенко Анна Сергіївна _____

Керівник:

Ст. викладач кафедри ТС

Вакуленко Олександр Володимирович _____

Рецензент:

Доцент кафедри ТК, к.т.н., доцент

Явіся Валерій Сергійович _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра Телекомунікаційних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Леонід Уривський

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Дорошенко Анна Сергіївна

1. Тема роботи «Проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу», керівник роботи Вакуленко Олександр Володимирович, Старший викладач кафедри ТС, затверджені наказом по університету від «14» квітня 2021 р. №1007-с

2. Термін подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи

процеси проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення.

4. Зміст роботи

1. Аналіз сучасного стану телекомунікаційних мереж,

2. Принципи проектування телекомунікаційних мереж,

3. Методика проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального методу

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо)

Мультимедійна презентація PowerPoint

6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Підготовка і вивчення літератури «Аналіз сучасного стану телекомунікаційних мереж відомчого призначення»	20.03.2021	
2	I-й розділ: «Аналіз сучасного стану телекомунікаційних мереж» 1.1 Вимоги до сучасних телекомунікаційних мереж 1.2 Класифікація мереж 1.3 Переваги та недоліки мультисервісних телекомунікаційних мереж 1.4 Проектування мультисервісних мереж	01.04.2021	
3	II-й розділ: «Принципи проектування телекомунікаційних мереж» 2.1 Основи системного підходу до проектування 2.2 Схема процесу проектування. 2.3 Математичні методи розв'язання задач оптимізації проектування телекомунікаційних мереж	10.04.2021	
4	III-й розділ: «Методика проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу» 3.1 Постановка задачі. 3.2. Етапи реалізації методики проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого	25.04.2021	
5	Оформлення пояснювальної записки	15.05.2021	
6	Апробація результатів дослідження по темі кваліфікаційної роботи на науковій технічній конференції	14.04.2021 15.06.2021	

Студент

А.С. ДОРОШЕНКО

Керівник роботи

О.С. ВАКУЛЕНКО

РЕФЕРАТ

Текстова частина дипломної роботи: с. 66, рис. 6., табл. 2, джерел 23.

Мета роботи: полягає у розробці методики проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу.

Предмет дослідження: методика проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу.

В даній роботі розглядаються дослідження проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення - це процес розробки системно-технічних рішень по їх побудові при короткостроковому, середньостроковому і перспективному розвитку (плануванні). Процес проектування є складною науково-технічною задачею, яка ґрунтується на використанні результатів теорії систем, графів, ефективності, масового обслуговування, математичного програмування і передбачає вирішення комплексу взаємопов'язаних завдань для підвищення ефективності прийняття управлінських рішень.

МУЛЬТИСЕРВІСНА МЕРЕЖА, ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ,
БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ПІДХІД, ОПТИМІЗАЦІЯ

ABSTRACT

Text part of the thesis: pp. 66, Fig. 6, Table 2, sources 23.

Purpose: to develop a methodology for designing multiservice telecommunications networks for departmental purposes based on a multi-criteria approach.

Subject of research: methods of designing multiservice telecommunication networks for departmental purposes on the basis of a multicriteria approach.

This paper examines the design of multiservice telecommunications networks for departmental purposes - a process of developing system and technical solutions for their construction in the short, medium and long-term development (planning). The design process is a complex scientific and technical task, which is based on the use of the results of systems theory, graphs, efficiency, queuing, mathematical programming and involves solving a set of interrelated problems to improve the efficiency of management decisions.

MULTISERVICE NETWORK, NETWORK DESIGN, MULTICRITERIA APPROACH, OPTIMIZATION

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ.....	11
1.1 Вимоги до сучасних телекомунікаційних мереж.....	11
1.2 Класифікація мереж	13
1.3 Переваги та недоліки мультисервісних телекомунікаційних мереж.....	17
1.4 Проектування мультисервісних мереж.....	20
1.5 Висновки з розділу 1	22
2 ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ.....	24
2.1 Основи системного підходу до проектування	24
2.1.1 Характеристики складних систем, основні поняття і визначення	24
2.1.2 Загальна інформація про проектування.....	28
2.1.3 Рівні абстрагування для опису проектованого об'єкта.....	30
2.1.4 Аспекти опису об'єкта.....	31
2.2 Схема процесу проектування.....	32
2.2.1 Операції, процедури та етапи проектування	32
2.2.2 Класифікація методів проектування	35
2.2.3 Характеристика неавтоматизованих та автоматизованих методів	41
2.2.4 Основні етапи проектування.....	42
2.2.5 Основи побудови САПР	44
2.3 Математичні методи розв'язання задач оптимізації проектування телекомунікаційних мереж.....	45
2.3.1 Оптимізація та математичне моделювання мереж зв'язку	45
2.4 Висновки з розділу 2	49
3 МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ВІДОМЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ПІДХОДУ	51
3.1 Постановка задачі.....	51

3.2 Етапи реалізації методики проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення	55
3.3 Висновки з розділу 3	61
ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	65

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ATM	- Asynchronous Transfer Mode
FR	- Frame Relay
HDLC	- High-Level Data Link Control
ISDN	- Integrated Services Digital Network
LAN	- Local Area Network
MAN	- Metropolitan Area Network
MSN	- Multi Service Network
MCTM	-мультисервісна телекомунікаційна мережа
PAN	- Personal Area Network
QoS	- Quality of Service
SDH	- Synchronous Digital Hierarchy
SLA	- Service Level Agreement
WAN	- Wide Area Network
WLAN	- Wireless Local Area Network
xDSL	- Digital Subscriber Line
BIC	- велика інформаційна система
EKP	- експериментально-конструкторська розробка
EOM	- електронно-обчислювальна машина
MTMBП	-мультисервісні телекомунікаційні мереж відомчого призначення
НДР	- наукова-дослідна робота
ОТЗ	- окреме технічне завдання
САПР	- система автоматизованого проектування
СМО	- система масового обслуговування
ТЗ	- технічне завдання
ТК	- технічні роботи
УПЕФ	-узагальнений показник ефективності функціонування

ВСТУП

Актуальність дослідження полягає в тому що проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення – це процес розробки системно-технічних рішень по їх побудові при короткостроковому, середньостроковому і перспективному розвитку (плануванні). Процес проектування є складною науково-технічною задачею, яка ґрунтується на використанні результатів теорії систем, графів, ефективності, масового обслуговування, математичного програмування і передбачає вирішення комплексу взаємопов'язаних завдань для підвищення ефективності прийняття управлінських рішень.

Об'єкт дослідження – процеси проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення

Предмет дослідження – методики розробки алгоритмів проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу.

Мета роботи – розробка алгоритму проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу.

Для досягнення поставленої мети у роботі сформовані і вирішені такі завдання:

- дослідити основні вимоги до побудови та практичної реалізації сучасних телекомунікаційних мереж;
- проаналізувати основні методи та етапи проектування телекомунікаційних мереж;
- дослідити методику проектування мультисервісних мереж відомчого призначення за допомогою багатокритеріального підходу

Новизна отриманих результаті полягає у комплексному підході щодо проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу.

Практичне завдання отриманих результатів даної роботи є в тому, що на підставі результатів проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу, які значно підвищують ефективність прийняття управлінських рішень.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Телекомунікаційні системи являють собою технічні засоби, призначені для передачі великих обсягів інформації через оптоволоконні лінії зв'язку. Як правило, телекомунікаційні системи призначені для обслуговування великої кількості користувачів: від декількох десятків тисяч до мільйонів. Використання такої системи передбачає регулярну передачу інформації в цифровому вигляді між усіма учасниками телекомунікаційної мережі.

Головна особливість сучасного обладнання для мереж - забезпечення безперебійного з'єднання, щоб інформація передавалася постійно. При цьому допускається періодичне погіршення якості зв'язку в момент встановлення з'єднання, а також періодичні технічні неполадки, викликані зовнішніми факторами.

1.1 Вимоги до сучасних телекомунікаційних мереж

Основним механізмом, що регулює якість послуг, є угода про рівень обслуговування SLA між постачальником і користувачем послуг. У загальному випадку угода про рівень обслуговування включає організаційно-економічні параметри, а також параметри продуктивності мережі (швидкості передачі даних користувача, розрізняють постійну і змінну швидкість передачі), надійності зв'язку і якості обслуговування трафіка, які вимірюються оператором шляхом тестування [1].

Основні вимоги, що пред'являються до телекомунікаційних мереж:

- продуктивність – час реакції, пропускна здатність і затримка передачі;
- поживність розширення – можливість легкого додавання окремих елементів мережі (користувачів, комп'ютерів, додатків, сервісів);
- масштабованість – можливість розширення мережі без втрати продуктивності;

- надійність, збереження інформації та захист від спотворень - дублювання окремих елементів, створення копій і ін.;
- безпека передачі інформації – спеціальні програмні і апаратні засоби.

У табл 1.1 представлені основні вимоги до якості послуг мультисервісних мереж зв'язку.

Таблиця 1.1 - Вимоги до якості послуг, що надаються мультисервісними мережами зв'язку

Тип інформації	Назва послуги	Тип передачі	Необхідна швидкість передачі / обсяг переданих даних	Параметри якості послуг		
				Затримка, мс	Джиттер, мс	Імовірність втрати інформації, %
Аудіо	Телефонія	Дуплекс	4-64 кбіт/с	< 150 мс (відмінна якість); < 400 мс (допустима якість)	< 1 мс	< 3 %
	Передача голосових повідомлень	Симплекс	4-32 кбіт/с	< 1 с (для відтворення); < 2 с (для запису)	< 1 мс	< 3 %
	Звукове мовлення	Симплекс	16-128 кбіт/с	< 10 с	<< 1 мс	< 1 %
Відео	Відеоконференція	Дуплекс	> 384 кбіт/с	< 150 мс (відмінна якість); < 400 мс (допустима якість)	НН	< 1 %
Дані	Доступ в Інтернет (перегляд WEB-сторінок)	В цілому симплекс	~ 10кБ	< 2 с / стор. (відмінна якість); < 4 с (допустима якість)	НН	0
	Передача файлів великого обсягу	В цілому симплекс	10 кБ – 10 МБ	< 15 с (відмінна якість); < 60 с (допустима якість)	НН	0
	Передача нерухомих зображень	Симплекс	100 кБ	< 15 с (відмінна якість); < 60 с (допустима якість)	НН	0
	Доступ до сервера електронної пошти	В цілому симплекс	< 10 кБ	< 2 с (відмінна якість); < 4 с (допустима якість)	НН	0
	Факс	В цілому симплекс	~ 10 кБ	< 30 с / стор.	НН	< 10 ⁻⁶ BER

1.2 Класифікація мереж

Сучасні телекомунікаційні системи об'єднуються за кількома основними ознаками. Перш за все мережі класифікують за відстанню поширення (Табл. 1.1) до складу яких входять персональна, локальна, міська та глобальна мережі.

Персональна мережа з'єднує електронні пристрої в безпосередній зоні користувача. Розмір PAN становить від декількох сантиметрів до декількох метрів. Одним з найпоширеніших реальних прикладів PAN є зв'язок між динаміком Bluetooth та смартфоном. PAN також можуть підключати ноутбуки, планшети, принтери, клавіатури та інші комп'ютеризовані пристрої але лише комп'ютер може підключатися безпосередньо до Інтернету.

LAN означає локальну мережу. Більшість локальних мереж підключаються до Інтернету в центральній точці: маршрутизаторі.

Локальні мережі майже завжди використовують Ethernet, WiFi або те й інше для підключення пристроїв усередині мережі.

Міська мережа - це мережа, яка з'єднує пристрої в межах міста. Як і глобальні мережі, MAN складається з взаємопов'язаних локальних мереж. Більшість MAN використовують волоконно-оптичні кабелі для формування зв'язків між локальними мережами. Часто MAN працює на "темному волокні" - раніше невикористаних волоконно-оптичних кабелях, здатних переносити трафік

Глобальна мережа - це велика мережа, яка з'єднує групи пристроїв на великій відстані. WAN часто використовуються великим бізнесом для підключення своїх офісних мереж; кожен офіс зазвичай має власну локальну мережу або локальну мережу, і ці локальні мережі підключаються через глобальну мережу. Технічно будь-яка велика мережа, що поширюється на широкій географічній території, є глобальною мережею. Сам Інтернет вважається глобальною мережею.

Таблиця 1.1 - Класифікація мереж за територіальної поширеністю

Тип мережі	Діапазон мережі	Характерні риси
PAN (персональна мережа)	Дуже маленька смуга близько 5 метрів	Складається з з'єднаних з одним пристроїв, таких як принтер або сканер.
LAN (локальна мережа)	Високошвидкісна лінія передачі в невеликому просторі	Швидкість передачі даних вище, ніж у WAN, мережа належить одній установі.
MAN (міська мережа)	Проміжна ланка між LAN і WAN	Передача відбувається по оптичному кабелю, об'єднує пристрої в межах одного міста
WAN (глобальна мережа)	Пов'язують комп'ютери, розсереджені на відстані сотні і тисяч кілометрів	З'єднання відбувається між пов'язаними локальними мережами через широкосмугову мережу

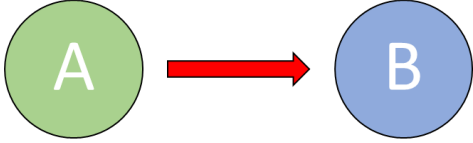
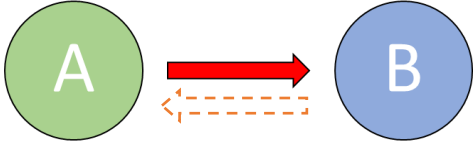
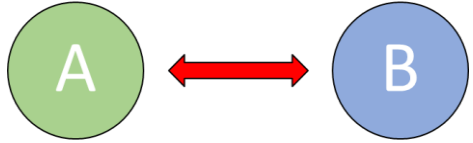
Дротові і бездротові мережі можна класифікувати за способом зв'язку на три основні типи (Табл. 1.2):

- симплекс - це односпрямоване спілкування. У симплексному режимі відправник може надсилати дані, але цей відправник не може їх отримати. Симплексний режим забезпечує меншу продуктивність, ніж напівдуплексний та повний дуплексний. Прикладом симплексного режиму є: Клавіатура та монітор;

- напівдуплексний режим - це двостороння напрямлена комунікація, але одна за одною. У напівдуплексному режимі відправник може надсилати дані, а також може отримувати дані, але по одній. Прикладом напівдуплексного режиму є: радіопередавач;

- повнодуплексний режим - це односторонній напрямлений зв'язок одночасно. У повнодуплексному режимі відправник може надсилати дані, а також отримувати дані одночасно. Повний дуплекс забезпечує кращу продуктивність, ніж симплексний та напівдуплексний режим. Прикладом повнодуплексного режиму є: телефон.

Таблиця. 1.2 - Класифікація мереж за способом передачі даних

Односторонній зв'язок (Симплекс)	Взаємодіє тільки від «від користувача А до Б» 
Напівдуплекс	Дані можуть передаватись друг другу, але одночасна передача неможлива, тому використовується одна смуга 
Повний дуплекс	Передача, яка може відправляти та отримувати дані друг другу в будь який час 

Структурне зображення того, як пристрої з'єднані між собою, відоме як топологія. Існує п'ять типів топології - ієрархічна, шина, зірка, кільце та повнозв'язна (Рис. 1.2) [2].

Ієрархічна топологія - це особливий тип структури, де безліч з'єднаних елементів розташовані подібно гілкам дерева. Наприклад, деревоподібні топології часто використовуються для організації комп'ютерів у корпоративній мережі або інформації в базі даних.

У топології дерева може бути лише один зв'язок між будь-якими двома зв'язаними вузлами. Оскільки будь-які два вузли можуть мати лише один взаємний зв'язок, топології дерев створюють природну батьківську та дочірню ієрархію.

У топології шини є основний кабель, і всі пристрої підключені до цього основного кабелю через випадаючі лінії. Існує пристрій під назвою кран, який з'єднує випускні лінії з основним кабелем. Оскільки всі дані передаються по основному кабелю, існує обмеження кількості прямих ліній і відстань, яку може мати основний кабель.

У топології зірок кожен пристрій у мережі підключений до центрального пристрою, який називається мережевим концентратором. Зірок не дозволяє прямий зв'язок між пристроями, пристрій повинен мати зв'язок через мережевий концентратор. Якщо один пристрій хоче надіслати дані на інший пристрій, він повинен спочатку надіслати дані до концентратора, а потім мережевий концентратор передає ці дані до призначеного пристрою.

У кільцевій топології кожен пристрій пов'язаний з двома пристроями по обидва боки від нього. Є два виділені посилення "точка-точка", які пристрій має з пристроями по обидва боки від нього. Ця структура утворює кільце, тому воно відоме як кільцева топологія. Якщо пристрій хоче надіслати дані на інший пристрій, тоді воно надсилає дані в одному напрямку, кожен пристрій у топології кільця має ретранслятор, якщо отримані дані призначені для іншого пристрою, то ретранслятор пересилає ці дані, поки призначений пристрій їх не отримає.

У повнозв'язній топології кожен пристрій підключається до кожного іншого пристрою в мережі за допомогою виділеної лінії "точка-точка". Це означає, що посилення несе дані лише для двох підключених пристроїв. Наприклад в мережі n пристроїв, тоді кожен пристрій повинен бути підключений до $(n-1)$ пристроїв мережі [3].

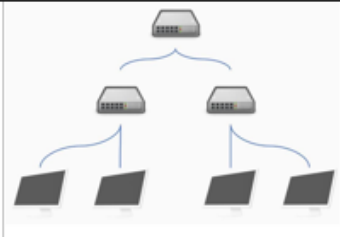
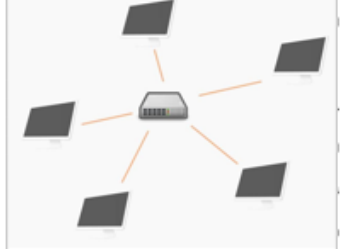
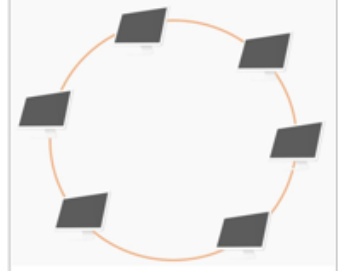
Ієрархічна топологія (Дерево)		Переваги: • Просте керування мережею • Висока надійність мережі Недоліки: • У разі відмови верхнього вузла зв'язок з верхньої мережі неможливий
Топологія шина		Переваги: • Низька вартість установки і відмінна надійність проста структура • Легко додавати нові вузли Недоліки: • У разі помилки вся мережа паралізується
Топологія зірка		Переваги: • Підходить для високошвидкісних мереж • Відсутність впливу на мережу навіть в разі помилки окремого каналу Недоліки: • Коли центральний вузол виходить з ладу вся мережа порушується
Топологія кільце		Переваги: • Доступна конфігурація мережі • Без збоїв Недоліки: • У разі збою зв'язку вся мережа не працює Характерна риса Використовується техніка передачі токенів
Повнозв'язна топологія		Переваги: • Стійкий до перешкод • Немає проблем при обробці великих обсягів даних Недоліки: • Дуже дорого в будівництві і експлуатації

Рисунок 1.2 - Класифікація за топологією мережі

1.3 Переваги та недоліки мультисервісних телекомунікаційних мереж

Мультисервісні телекомунікаційні мережі можливо застосовувати у багатьох сферах життя. Ці послуги можливо поділити на чотири основні групи (Таблиця 1.3.).

За типом переданої інформації послуги поділяються на такі типи:

- послуги передачі даних;
- послуги інфраструктури (консультаційні послуги).
- послуги телефонії та відеотелефонії;
- послуги виділених каналів (послуги, які байдужі до типу переданої інформації).

Залежно від способу доступу послуги поділяються на такі типи:

- комутовані телефонні канали або ISDN-канали;
- SDH-канали;
- канали FR;
- канали ATM;
- канали HDLC;
- Ethernet-канали;
- технологія xDSL;
- гібридні мережі на основі коаксіальних кабелів та оптичних волокон;
- мережі бездротового доступу.

Залежно від типу обміну інформацією послуги поділяються на:

- забезпечує доступ до мережевих ресурсів.
- двосторонній обмін;
- центр обміну інформацією.

Залежно від типу клієнта, послуги поділяються на такі типи[4]:

- послуги, що надаються іншим операторами зв'язку;
- послуги для корпоративних клієнтів;
- послуги для окремих користувачів.

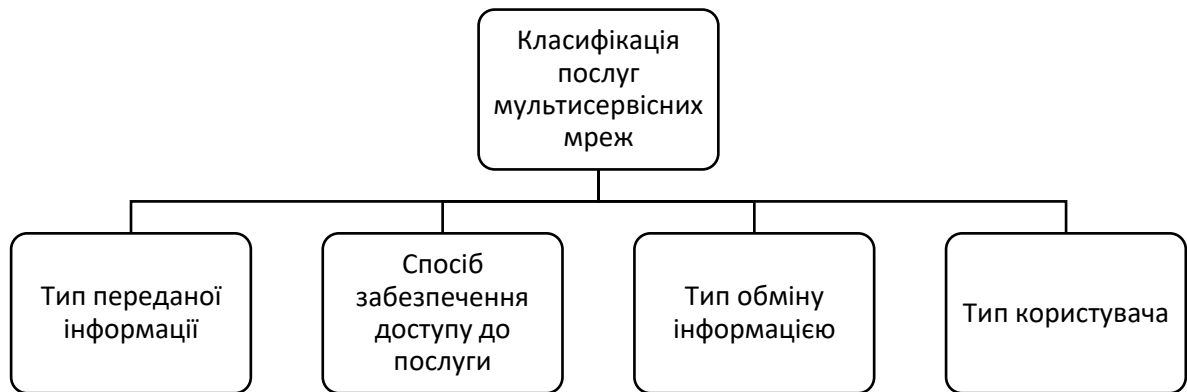


Рисунок 1.3 - Класифікаційні ознаки послуг мультисервісних мереж

Мультисервісна мережа – це інфраструктура, яка використовує єдиний канал зв'язку для перенесення різних видів трафіку. МСТМ дозволяє провайдерам:

- зменшити різноманітність типів пристроїв;
- уніфікувати стандартну однокабельну систему, що застосовується;

- комунікаційне середовище керується централізовано;
- розширення сфери послуг;
- збільшити прибутковість своєї мережі;
- знизити загальну вартість роботи мережі.

Для споживачів (абонентів) використання мультисервісних мереж означає:

- працювати з одним постачальником;
- різноманітність послуги;
- зручне керування різними послугами;
- інтегровані служби технічної підтримки;
- єдиний рахунок для оплати послуг.

Хоча мультисервісна мережа має величезні переваги та застосування, має деякі основні дірки:

- складність міграції;
- не всі застарілі послуги можна замінити новими альтернативами;
- нормативні обмеження для критично важливих служб.

Недоліком мережі на основі MNS можна вважати додаткову надмірність, особливо критичну на низькошвидкісних каналах, а також підвищені вимоги до обладнання і кваліфікації обслуговуючого персоналу. Що стосується проектування мережі, то мультисервісні мережі вимагають зовсім іншого підходу. Доставка відео і голосу повинна здійснюватися в реальному часі – з необхідністю пріоритетності в разі перевантажень транспортної мережі.

Мультисервісні мережі це сукупність засобів і рішень, що виникли на стику телефонії, відеоконференцзв'язку, локальних мереж і телекомунікацій. Завдання мультисервісної мережі – спростити і/або здешевити надання різних послуг зв'язку, а в перспективі – зробити їх більш ефективними і зручними не лише для служб, що експлуатують мережу, а й для кожного користувача. Остаточна структура мультисервісної мережі визначається її відповідністю запитам користувача і тим, скільки коштує її створення і експлуатація [5].

1.4 Проектування мультисервісних мереж

Побудова мультисервісної телекомунікаційної мережі (МСТМ), в яку інтегровані різні послуги, є одним з найбільш перспективних напрямків розвитку телекомунікаційних мереж, що може вирішити проблему конвергенції інформаційно-комунікаційних технологій. Основним завданням МСТМ є забезпечення співіснування та взаємодії різнорідних підсистем зв'язку в єдиному транспортному середовищі при використанні єдиної

інфраструктури для передачі загального трафіку (даних) та трафіку в режимі реального часу (голосу та відео).

Проектуючи МСТМ, є декілька найголовніших аспектів яким необхідно приділити увагу:

по-перше, характер діяльності оператора полягає в неможливості збереження інвестицій та відмови від існуючої телекомунікаційної інфраструктури для нових середовищ та технологій. Іншими словами, нові мультисервісні технології повинні легко адаптуватися до існуючої інфраструктури операторів або забезпечувати можливість поступової модернізації або переходу на нову інфраструктуру;

по-друге, під час укладення договору з абонентом оператор несе певні зобов'язання щодо забезпечення узгодженої якості зв'язку та наданих послуг. Це означає, що оператори повинні надавати певну якість обслуговування. Однак, оскільки неоднорідний трафік в мультисервісних мережах має різні вимоги до якості обслуговування, мережа оператора повинна підтримувати кілька рівнів QoS, кожен із набором нормалізованих параметрів;

по-третє, проблема, яку необхідно вирішити при впровадженні МСТМ, – неоднорідність середовища передачі даних. Абоненти повинні отримувати замовлені послуги з певною якістю, незалежно від їх розташування та технології (xDSL, Ethernet, WLAN тощо), що здійснює доступ до мережі провайдера.

Взаємопроникнення мереж різного призначення за допомогою загальних компонентів та поєднання виконуваних функцій має досить тривалу історію, і деякі проблеми, з якими стикаються дизайнери МСТМ, вже були вирішені. Серед існуючих технологій, здатних інтегрувати неоднорідний трафік в єдину комунікаційну інфраструктуру минулого, варто зазначити, зокрема, цифрові мережі інтегрованих послуг (ISDN), Frame Relay (FR) та технології асинхронної передачі (ATM). Хоча зараз ці методи можна вважати морально застарілими, більшість основних принципів і технічних

рішень, які вперше використовувались, залишаються актуальними. Поверх цього побудовані сучасні мультисервісні мережі.

Впровадження сучасної мультисервісної мережі вимагає абсолютно нової інфраструктури, що складається з мереж доступу, мереж агрегації, транспортних мереж (магістралей), головних станцій, кінцевих пристроїв (клієнтів) та спеціалізованого програмного забезпечення [6].

1.5 Висновки з розділу 1

Провівши аналіз сучасного стану телекомунікаційних мереж ми дізналися які є вимоги, недоліки та класифікація мереж. Кожен з цих факторів дуже важливий. До вимог можна віднести параметри якості послуг які повинні дотримуватися и бути стабільними до кожного виду послуг.

Основні вимоги, що пред'являються до телекомунікаційних мереж:

продуктивність – час реакції, пропускна здатність і затримка передачі;

можливість розширення – можливість легкого додавання окремих елементів мережі (користувачів, комп'ютерів, додатків, сервісів);

масштабованість – можливість розширення мережі без втрати продуктивності;

надійність, збереження інформації та захист від спотворень – дублювання окремих елементів, створення копій та ін.;

безпека передачі інформації – спеціальні програмні і апаратні засоби.

За класифікацією можна поділити на такі типи:

- класифікація за областю дії;
- класифікація за топологією;
- класифікація згідно з використаними протоколами.

Класифікація за областю дії враховує географічний район, охоплений мережею та, в меншому ступені, розмір мережі.

Класифікація за топологією можуть класифікуватися також за топологією з'єднання пристроїв.

Класифікація згідно з використаними протоколами для взаємодії пристроїв в будь-якій комунікаційній мережі використовуються набори правил, обов'язкові для дотримання всіма пристроями в мережі. Такі набори правил називаються протоколами. Протоколи, які регламентують порядок передачі найменших одиниць інформації між пристроями в мережі, мають назву транспортних протоколів.

Інтенсивний розвиток телекомунікацій повинен сприяти розвитку вітчизняного виробництва телекомунікаційного обладнання та програмного забезпечення за підтримки держави. Розвиток національних телекомунікацій за цими пріоритетами повинен відбуватись на основі добросовісної конкуренції при удосконаленні регулювання ринкових відносин у сфері телекомунікацій, зокрема щодо запобігання зловживанню ринковою владою, забезпечення оптимального співвідношення регуляторної та конкурентної політики, посилення контролю за якістю послуг та рівнем їх цін.

2 ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Телекомунікаційні мережі є основними в будь-якій телекомунікаційній системі. Мережа повинна відповідати ряду критеріїв, щоб продуктивність була задовільною. Отже, при проектуванні мережі можна поставити ряд проблем оптимізації, рішення яких дають мережі, які в якомусь сенсі оптимально розроблені. Оскільки мережі стають дедалі складнішими, допомога методів оптимізації також стає все більш важливою. Це величезна область, і в цій главі розглядається огляд проблем, що виникають, а також ряд конкретних моделей оптимізації та проблем. Часто задачі можуть бути сформульовані як лінійні програми зі змішаним цілим числом. Зважаючи на розмір та структуру проблеми, у багатьох випадках для вирішення, або приблизного вирішення проблем, потрібно використовувати спеціально розроблені методи вирішення [7].

2.1 Основи системного підходу до проектування

Швидкі досягнення сучасних комунікаційних технологій надають нові послуги, які допомагають покращити спосіб прогнозування розвитку, дизайну та експлуатації ресурсів та мереж (тобто систем) майже щодня.

2.1.1 Характеристики складних систем, основні поняття і визначення

Розглянемо тісно пов'язані між собою поняття та дамо уявлення про систему, які характеризують її структуру та функції.

Елемент – це мінімальний, неподільний об'єкт. Поділ системи на елементи – це один із перших кроків у побудові формального опису або математичної моделі. У цьому випадку елемент – це об'єкт, який більше не ділиться на частини при розгляді складної системи.

Неподільність елемента – це поняття, а не фізична властивість.

В ході дослідження, залежно від формулювання цілей і специфікацій, систему можна розділити на елементи різними способами. Отже, об'єкти називаються елементами на основі консенсусу. Зміна цілі дослідження може призвести до розкладання елементів на основні частини або комбінації елементів.

Підсистема – це сукупність елементів. Її можна розглядати як підсистему, незалежно від кількості формально пов'язаних елементів системи. Однак ця концепція працює найкраще, коли підсистеми є достатньо незалежними частинами складної системи, але мета їх функціонування залежить від загального призначення системи. Поділ складної системи на підсистеми називається декомпозицією системи. Правильний вибір підсистем може спростити алгоритми системного аналізу.

Функція системи – це алгоритм отримання результату відповідно до призначення системи. Щоб визначити функцію системи, необхідно описати поведінку системи, використовуючи кілька понять, таких як зв'язки між змінними, векторами та множинами. Ця функція не стосується фізичних засобів (елементів, зв'язків), що складають саму систему, вона визначає мету системи для досягнення її цілей і не визначає, як система будується. Функціонування системи може бути описано на різних рівнях деталізації. Теорія множин, алгоритми, випадкові процеси та інформація використовуються для опису функціонування системи. Справжні складні системи працюють під впливом різноманітних випадкових факторів, які можуть бути як зовнішніми, так і внутрішніми, такими як шум, вібрація, перепади температури та випромінювання.

Структура системи – це фіксований набір елементів та зв'язків між ними. У загальній теорії системи під структурою розуміють сукупність зв'язків між елементами. Іншими словами, структура – це зображення, яке відображає лише конфігурацію системи без урахування її компонентів. Ця інтерпретація концепції вкладається в структурний підхід, що вивчає властивості інших систем, таких як паралельні, послідовні, ієрархічні

структури та системи із зворотним зв'язком. Дійсно, поняття структури включає не лише набір зв'язків, але й набір елементів, в яких існують зв'язки. Структури часто подаються у формі ієрархій.

Ієрархія термінів визначає порядок компонентів відповідно до їх важливості. Між рівнями в ієрархії можуть існувати відносини, в яких компонент нижчого рівня суворо залежить від одного з компонентів вищого рівня. Кажуть, що ці ієрархії є потужними. Однак всередині ієрархічних рівнів можуть існувати асоціації між рівнями ієрархії. Такі структури називаються ієрархіями зі слабкими взаємозв'язками.

У більшості випадків структура системи подається у вигляді графа. Елементи системи – це ребра графа, а зв'язки – дуги (ребра) графа.

Поняття зв'язку існує у кожному визначенні системи та забезпечує створення та підтримку її структури та основних властивостей. Ця концепція одночасно характеризує структуру (статичну) та функцію (динамічну) системи. З'єднання підрозділяються за місцем встановлення (зовнішнім і внутрішнім), напрямком процесу всієї системи або окремих підсистем (прямим і зворотним) та іншими під характеристиками.

Поняття стану можна охарактеризувати як зображення на льоту, яке називається «зрізом» системи. Стан визначається вхідними діями та вихідними результатами або властивостями макросистеми, такими як параметри макросів, швидкість, прискорення, сигнал тощо.

Поведінка. Якщо система може переходити з одного стану в інший (наприклад, $S1 \rightarrow S2 \rightarrow S3$), вважається, що вона має поведінку. Ця концепція використовується, коли невідомий шаблон переходить з одного стану в інший.

Термін рівноваги визначається як здатність системи залишатися у стані якомога довше без зовнішніх порушень або тривалих впливів.

Стабільність – це здатність системи повернутися до рівноваги після виведення з цього стану під впливом зовнішніх порушень.

Поняття мети пов'язане з поняттям зручності. На практиці концепція мети є ідеальним напрямком для прогнозування майбутніх або реальних можливостей, який забезпечить своєчасність виконання певного кроку на шляху до ідеалу.

Ефективність – це ступінь досягнення системою свого призначення. З двох систем одна, яка найкраще підходить для цієї мети, вважається більш ефективною. Оцінка ефективності системи є одним із аналітичних завдань.

Ефективність (якість) – це числова міра властивості (характеристики) системи, тобто міра властивості.

Продуктивність, вартість, надійність та загальні розміри системи можуть бути використані як показники ефективності.

Критерій ефективності – це показник ефективності загальної системи, який кількісно оцінює та вимірює ефективність системи та узагальнює всі властивості в інтегрованій оцінці (значення критерію ефективності). Ефективність системи, сформованої для конкретної мети, оцінюється за критеріями, загальними для систем цього класу. Інше призначення системи можна пояснити тим, що для оцінки її ефективності використовуються різні критерії. Критерій вважається прямим, якщо його значення зростає зі збільшенням ефективності. Якщо контрольне значення зменшується, навпаки. Із двох систем, система, що відповідає найбільшому значенню прямого критерію (найменшому значенню оберненого), вважається більш ефективною.

Оптимальна система – це та, яка відповідає максимальному (мінімальному) значенню прямого (зворотного) критерію ефективності в наборі реальних варіантів будови системи.

Ефективність складної системи розуміється як числовий параметр, який оцінює ступінь адаптації системи до поставленого завдання. Потрібно вибрати показник ефективності, щоб завершити опис мети та завдання функції системи. Показники ефективності слід визначати відповідно до процесу експлуатації системи.

Систем поводитья по-різному залежно від певних умов. Передбачимо функціональний процес складної системи у вигляді вектора стану системи або сукупності окремих процесів (станів).

$$Z(t) = \{z_1(t), z_2(t), \dots, z_i(t)\}, \quad (2.1)$$

де $z_i(t)$ – процес функціонування системи при i -х умовах.

Всі стани множини визначаються параметрами системи.

Кожен компонент цього набору можна порівняти з числом у наборі дійсних чисел, що є значенням ефективності системи R для цього стану. Тоді ми можемо відобразити набір станів системи до безлічі дійсних чисел через i R інтервали. Це буде функція векторів стану (показників ефективності системи), які характеризують якість роботи в різних умовах [8].

Деякі лічильники продуктивності для простих систем, наприклад, напрацювання до відмови(ймовірність відмови за визначений період часу), не придатні для складних систем. При їх дослідженні слід враховувати, що вихід з ладу елемента зазвичай не виводить систему з ладу, а лише впливає на якість її роботи.

2.1.2 Загальна інформація про проектування

В основі будь-якого об'єкта лежить процес проектування. Під дизайном розуміється сукупність операцій, що складається з досліджень, вивчення, розрахунку та проектування з метою отримання опису, достатнього для створення нового товару або реконструкції старого товару, що відповідає певним вимогам. Цей опис можна отримати, перетворивши початковий опис у технічне завдання (ТЗ).

Розвиток науки і техніки, вимоги суспільства, що розвивається, до нових промислових продуктів, вимагають виконання масштабних проектних робіт. Залежно від складності запланованої системи, вимоги до якості

проекту та терміни реалізації стають дедалі жорсткішими. Просто збільшення кількості дизайнерів не може задовольнити ці потреби. Рішення проблем можливі на основі автоматизації проектування. Широке використання комп'ютерних технологій для виконання проектів.

Дизайн, виконаний людиною, взаємодіючи з електронним комп'ютером (комп'ютером), називається автоматизацією. Ступінь автоматизації може варіюватися і оцінюється як відсоток проектних робіт, виконаних на комп'ютері без участі людини. Якщо він автоматизований за проектом, то кажуть, що він не автоматизований. Об'єктами проектування можуть бути продукти (наприклад, системи та пристрої зв'язку) та процеси (наприклад, комп'ютери, технології).

Метою автоматизації проектування є підвищення якості, зменшення матеріальних витрат, скорочення часу проектування та усунення тенденції до збільшення кількості інженерів та технічного персоналу, залучених до проектування. продуктивність праці.

Під автоматизацією проектування розуміється метод проектування, при якому будь-який процес проектування або його частина здійснюється у взаємодії людина-комп'ютер.

Автоматизація проектування дозволяє спостерігати перехід від кількісних виграшів та витрат до якісно нових показників у цілих технологічних дисциплінах. Одним з прикладів є мікроелектроніка, де практично неможливо побудувати великі інтегральні схеми без автоматизації конструкції. Автоматизоване проектування характеризується систематичним використанням комп'ютерів шляхом раціонального розподілу функцій між людьми та комп'ютерами. Комп'ютер вирішує проблему, яку сформулював би, якби механічне рішення було більш ефективним, ніж ручне.

Межа між автоматизованим проектуванням та не-асиміляційним дизайном не є чіткою та непорушною. Він підпорядковується певним умовам і змінюється з розвитком технологій, математики, комп'ютерів і теорії дизайну.

Ви можете найкраще організувати процес проектування за допомогою системи автоматизованого проектування (САПР).

САПР – це організаційно-технічна система, що складається з набору засобів автоматизованого проектування, які підключаються до підрозділів проектної організації та виконують автоматизоване проектування.

Автоматизація проектування спричинює істотну зміну засобів і методів проектування, але зберігає багато положень та принципів традиційного проектування, таких як блочно-ієрархічний підхід поділення процесу проектування на етапи, а уявлень про об'єкт – на рівні абстрагування, ітераційність процесу проектування тощо.

Термін автоматизація проектування стосується не лише методів проектування, а й управління наукою і технікою.

Темами автоматизації проектування є формулювання процесу проектування, структурування та типізація процесів проектування, моделі, методи та алгоритми для вирішення проблем проектування, а також способи побудови та інтеграції програмного забезпечення, мови, програм баз даних в єдину систему проектування.

2.1.3 Рівні абстрагування для опису проектного об'єкта

На кожному ієрархічному рівні відповідна система (елемент) характеризується параметрами та змінними.

Фазова змінна – це величина, яка характеризує фізичний та інформаційний стан об'єкта.

Параметр – значення, яке характеризує атрибут або функцію об'єкта. Параметри поділяються на внутрішні та зовнішні, вхідні та вихідні.

Внутрішні параметри – це параметри елементів на певному рівні.

Зовнішні – це параметри поза об'єктом середовища, які впливають на функціональність.

Вхідні параметри – це параметри, що впливають на зовнішній інформаційний сигнал пристрою.

Вихідні параметри – показники якості, з яких можна зробити висновки про правильну роботу системи. Ця концепція подібна до концепції ефективності, але використовується для систем на всіх ієрархічних рівнях.

Показник ефективності – кількісна оцінка ступеня придатності об'єкта за призначенням.

Обмеження початкових параметрів (технічні вимоги до початкових параметрів) – граничні значення діапазону допустимих змін початкових параметрів відповідно до технічних робіт (ТК).

Для ієрархічного підходу блоків внутрішніми параметрами k -го рівня є початкові параметри $(k+1)$ -го рівня. Розглядаючи складність системи, що включає фізично неоднорідну підсистему, фазові змінні інших підсистем, які впливають на цю підсистему, виступають як зовнішні змінні для цієї підсистеми [9].

2.1.4 Аспекти опису об'єкта

Аспекти опису – поділ уявлень про предмети за властивостями, що їх характеризують.

Описи складних технічних об'єктів, як правило, включають кілька аспектів: функціональний, творчий та технічний.

Функціональні аспекти характеризують фізичні та / або інформаційні процеси, що відбуваються в об'єкті під час експлуатації. аспекти дизайну – структура, положення в просторі та форма компонентів об'єкта; Технологія – технологічність, технологія та спосіб виготовлення речей за певних умов.

Кожен аспект має свій рівень абстракції у функціональному відношенні – системний (структурний), функціонально-логічний, схемотехнічний, компонентний.

На системному рівні система включає такі комплекси, як комп'ютери, радіолокаційні станції, автоматизовані телефонні системи, мережі передачі даних між центрами обробки даних та блоки (пристрої) пристроїв, таких як процесори, модеми та передавачі. На рівні функціональної логіки ці блоки розглядаються як системи, що містять такі елементи, як функціональні блоки, такі як підсилювачі, модулятори, лічильники та декодери. На рівні схеми функціональні блоки описуються як системи електричних радіоелементів (компоненти схеми – транзистори, резистори, конденсатори, трансформатори тощо). Процеси, що працюють на компонентах схеми, розглядаються на рівні компонентів.

З точки зору дизайну існують рівні опису: самоструктурні шари, стояки, рами, панелі, окремі компоненти, мікросхема тощо.

З технічної сторони є ієрархічні рівні опису технологічних процесів у вигляді схем, шляхів, послідовностей операцій і переходів.

Всі аспекти і всі рівні абстракції характеризуються використанням певних математичних приладів, характерних математичних моделей.

Зображення різних рівнів абстракції часто використовуються для різних елементів загальної моделі системи. Ці моделі систем називаються багаторівневими. Їх використання дає можливість задовольнити суперечливі вимоги щодо високої точності та економічності проєктованого об'єкта.

2.2 Схема процесу проєктування

2.2.1 Операції, процедури та етапи проєктування

Процес проєктування можна розділити на етапи, розділити на процедури та операції.

Процедура проєкту – це формалізований набір дій, який закінчується рішенням про проєкт.

Рішення щодо проектування – проміжний або остаточний опис об'єкта проектування, необхідний і достатній для визначення подальшого напрямку або завершення проекту.

Операції проекту – дія або набір дій, які є частиною процесу проектування, в яких алгоритм залишається незмінним для багатьох процесів проектування.

Етап проектування – це умовно відведена частина процесу проектування, яка складається з однієї або декількох процедур проектування. Етапи, як правило, передбачають процедури, пов'язані з отриманням опису в межах одного аспекту та одного або декількох рівнів абстракції.

Послідовність та / або етап проектування процедури називається шляхом проектування. Залежно від процедури та порядку, в якому виконуються етапи, існує два методи проектування (два типи шляхів): спадна (зверху вниз) та зростаюча (знизу вгору) конструкції.

У низхідній конструкції проблеми на вищих ієрархічних рівнях вирішуються перед проблемами на нижчих ієрархічних рівнях. Для висхідних прогонів порядок змінюється. Функціональний дизайн складних систем часто є низхідним, висхідним. При проектуванні зверху вниз складні системи поділяються на більш прості пристрої (рис. 2.1) [10].

Потім процес декомпозиції та формування окремого технічного завдання (ОТЗ) для більш простих пристроїв повторюється. Краще розробляти зверху вниз, а не знизу вгору, оскільки легше зробити окремі завдання більш конкретними, ніж загальні.

Приклад 1. Типова послідовність кроків у низхідній конструкції електронного пристрою (приклад процесу, який упорядковує ці кроки в дужках):

- проектування системи (аналіз тактико-технічних вимог до проектованого комплексу, визначення основних принципів експлуатації, розробка структурних планів);

- схематичне та технічне проектування (розробка функціональних та генеральних планів); Проектування (вибір форми, розташування та розташування конструкцій, трасові з'єднання, створення проектної документації);
- технічне проектування (розвиток шляхових та експлуатаційних навичок, визначення бази навичок).

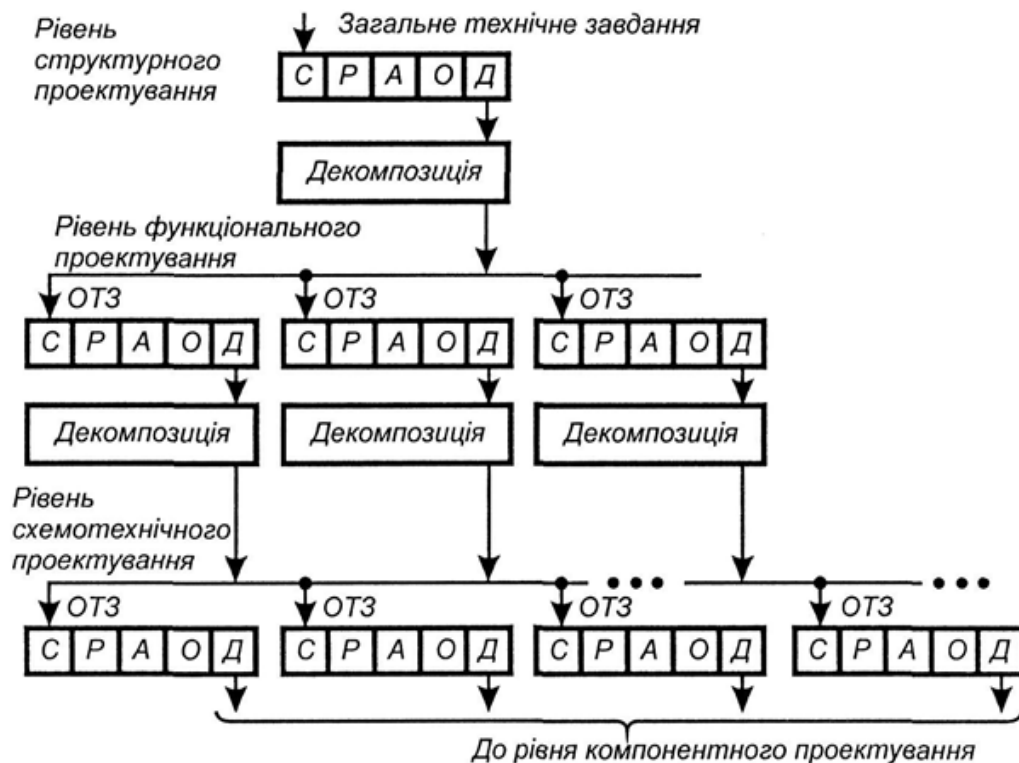


Рисунок. 2.1 - Типова ієрархічна схема проектування складного об'єкта (умовні позначення проектних процедур: С – синтез; Р – розрахунок; А – аналіз; О – оптимізація; Д – випуск документації; ОТЗ – окреме технічне завдання)

Приклад 2. Типова послідовність кроків для зростаючого проекту великої інформаційної системи:

- проектування інструментів та технологій (вибір базової технології, вибір топології компонентів);
- схематичне та технічне проектування (синтез основних електричних ланцюгів, оптимізація параметрів елементів);

- функціонально-логічне проектування (синтез комбінованих схем, реалізація пам'яті, тестовий синтез для управління та діагностики, виявлення значної «конкуренції» сигналів);
- проектування топології (розміщення елементів, трасування між з'єднаннями, перевірка топології та відповідності електричних ланцюгів).

2.2.2 Класифікація методів проектування

На кожному рівні процес проектування подається як вирішення кількох проблем, вихідними даними є дані ТЗ, результати – технічна документація на блоки цього рівня, ТЗ для проектування елементів наступного рівня проектування.

На кожному рівні проектування вирішуються ключові завдання проектування (синтез та аналіз).

Компонування є частиною процесу проектування, коли створюється варіант об'єкта, але не обов'язково остаточний. Це означає, що композиціювання можна робити кілька разів протягом процесу проектування. Компонування також дає перетворення об'єктних структур (структурний синтез) та значень внутрішніх параметрів (параметричний синтез).

Під структурою об'єкта розуміють склад його елементів і те, як вони пов'язані між собою. Параметр об'єкта – це величина, яка характеризує певну властивість об'єкта або його поведінку.

Прикладами процедур структурного синтезу може бути синтез логічної схеми (структура якої виражається переліком логічних елементів та сполучень, що входять до неї) чи синтез алгоритму (його структура визначається складом і послідовністю операторів). Процедура параметричного синтезу об'єкта, наприклад геометричних розмірів інтегральних компонентів при заданому ескізі топології мікросхеми чи номіналів пасивних елементів у заданій принциповій електричній схемі [11].

Оптимізація – визначення найкращих значень початкових параметрів і властивостей в тому чи іншому напрямку шляхом навмисного зміни внутрішніх параметрів об'єкта проектування (у разі параметричної оптимізації) або структури (у разі структурної оптимізації). Внутрішні параметри, за зміною яких виконується параметрична оптимізація, називають варійовними

Описовий об'єктний аналіз – вивчення атрибутів; Аналіз досліджує існуючі об'єкти без створення нових.

Аналіз – це визначення змін вихідних параметрів та властивостей об'єктів проектування у відповідь на зміни внутрішніх та вхідних параметрів.

Методи аналізу полягають у дослідженні об'єкта або опису, призначеного для отримання корисної інформації про його властивості. Метою аналізу є визначення функції об'єкта.

Отже, синтез – це створення нових варіантів, а аналіз – оцінка цих варіантів. Це означає, що синтез та аналіз є частиною діалектичної одиниці в процесі проектування.

Класифікація методів проектування наведена на рис. 2.2.

Завдання аналізу часто формулюються як завдання узгодження двох різних описів одного і того ж об'єкта. У цьому випадку один із описів вважається основним, а його правильність – доведеною. Другий опис належить до більш детальної ієрархії чи іншого аспекту, і його слід порівняти з оригінальним описом, щоб визначити його правильність. Це порівняння називається валідацією.

Вирішення проблеми одновимірного аналізу дозволяє отримати інформацію про параметри об'єкта в певній точці (або в конкретному стані). Рішенням, звичайно, є одноразове вивчення макета (рішення системи рівнянь).

Поширені проблеми аналізу єдиної змінної: статичний аналіз стану; аналіз процесу перетворення; характеристика частоти; аналіз стійкості; зупинити аналіз сигналу [12].

Односторонній аналіз полягає у визначенні значення вектора вихідних параметрів Y , вектора параметрів елемента X зовнішнього параметра Q для конкретної структури системи. Залежно від відомої структури та значень X і Q модель може бути сформована як фізично (компонування), так і математично. На основі модельного дослідження оцінюється значення Y . У цьому випадку, як кажуть, аналіз проводиться методом моделювання.

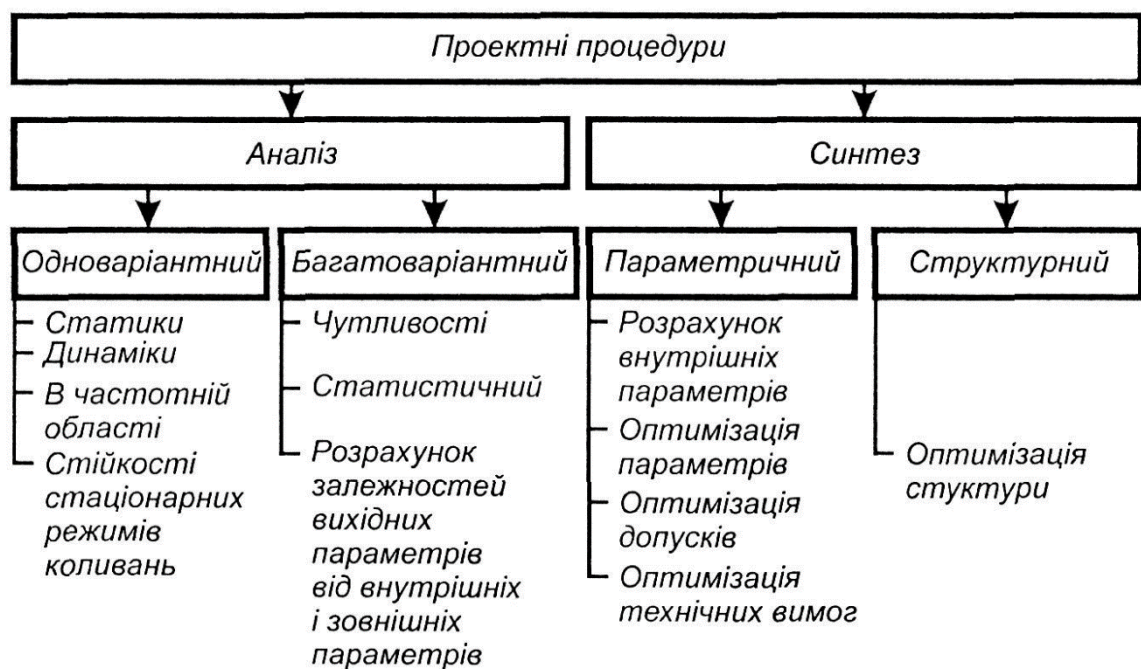


Рисунок. 2.2 - Класифікація проектних процедур

Прийняття отриманих вихідних значень параметрів визначається порівнянням зі значеннями технічних вимог, зазначеними в ТЗ. Необхідне співвідношення між значенням ТЗ та станом продуктивності параметра. Умови праці можуть мати наступні форми:

$$y_i \leq T_i; \quad (2.2)$$

$$y_i \geq T_i; \quad (2.3)$$

$$T'_i \leq y_i \leq T''_i; \quad (2.4)$$

де T_i – значення технічних вимог y_i – значення вихідних параметрів.

Багатовимірний аналіз призначений для визначення зміни Y із зміною X та Q . Загальний метод багатокритеріального аналізу:

аналіз чутливості – оцінка впливу внутрішніх та зовнішніх параметрів на вихід для розрахунку коефіцієнта чутливості.

Статистичний аналіз – оцінка законів та (або) числових властивостей розподілу вектора Y з використанням заданої статистичної інформації про розподіл випадкового вектора X .

У більшості шляхів проектування методи синтезу та аналізу мають взаємозв'язок, як показано на рис. 2.3

Розробка об'єкта відповідно до заданого ТЗ, сформованого на попередньому проектному рівні, починається з синтезу структур. Для кожного перетворення (математичного чи фізичного) структури розробляється модель.

Математичні моделі використовуються при автоматизованому проектуванні, фізико-експериментальній обробці та компонуванні.

Математична модель – це сукупність математичних об'єктів (чисел, векторів, множин, змінних тощо) та взаємозв'язок між ними, який адекватно відображає певні властивості проєктованого об'єкта.

У більшості випадків математична модель – це система рівнянь (алгебраїчна, диференціальна, інтегральна тощо), що описує процеси, що характеризують поведінку об'єкта.

Чисельні значення параметрів моделі обчислюються простими ручними розрахунками або відомими пропорціями [13].

Потім за допомогою аналізу моделі, який виконується кілька разів, перевіряються умови експлуатації та приймається рішення про необхідність оптимізації параметрів - зміни параметрів об'єкта. Після успішного вирішення проблеми (в розумний час із зазначеною точністю) ми переходимо до остаточної процедури (складання технічної документації та формулювання ТЗ для наступного етапу проектування). Якщо час мультиплексного аналізу структурного варіанту перевищує набір $t > t_{\text{зад}}$

задана точність рішення не досягається $\varepsilon < \varepsilon_{\text{зад}}$, необхідно продовжувати створювати нові варіанти конструкції.

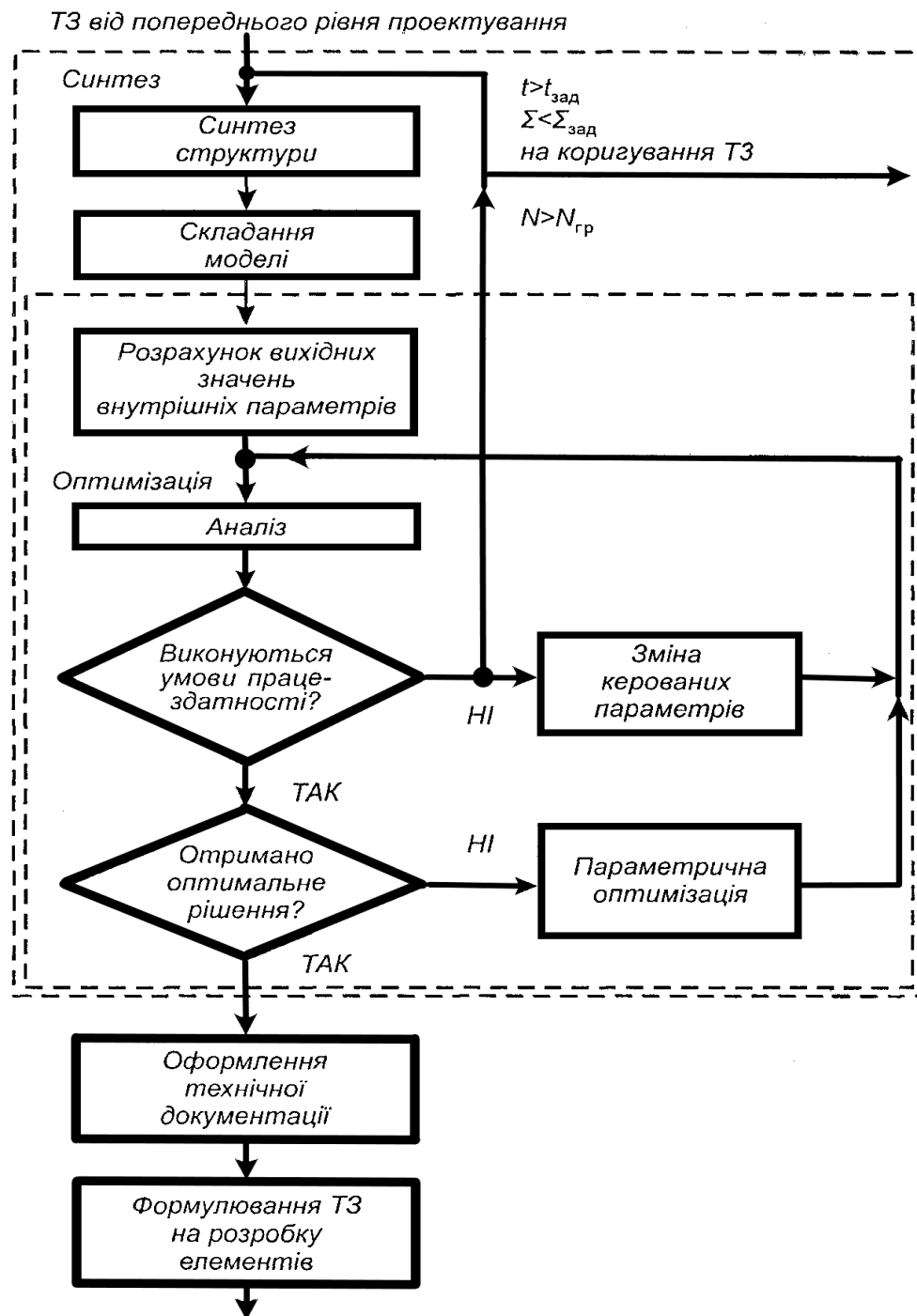


Рисунок. 2.3 - Схема типового процесу проектування на черговому рівні ієрархії

Якщо вибір безлічі варіантів не дає позитивного результату, тобто якщо кількість варіантів N перевищує гранично допустиме значення $N > N_{\text{гр}}$, тоді конструкція перемикається на попередній рівень проектування, і для розробки цього об'єкта коригується ТЗ на певному рівні ієрархії.

У міру просування гілки вниз опис об'єкта стає дедалі детальнішим, що дозволяє прояснити проектні рішення, прийняті на попередніх рівнях. На кожному рівні проектування ієрархії блоків вихідними даними є дані ТЗ, а результатом є технічна документація для блоку на цьому рівні та ТЗ для блоку на наступному рівні. Проектування – це розв'язання групи проблем, що є частиною синтезної або аналітичної проблеми.

Для дискретних об'єктів операція складання є операцією, що визначає структуру. Для безперервних об'єктів розв'язання задачі синтезу визначає структуру та числові значення внутрішніх параметрів розробленого пристрою. Така задача синтезу називається структурною оптимізацією, коли немає допустимих змін під час перетворення структури, але вона найкраща в певному сенсі (відповідно до заданих критеріїв).

Розрахунок внутрішніх параметрів, оптимальних з точки зору певних критеріїв для даної структури об'єкта, називається оптимізацією параметрів. Це для того, щоб знайти значення внутрішнього параметра, функція якого (цільова функція чи функція якості) стає надзвичайною. Параметри, визначені під час оптимізації, можуть містити деякі параметри, які називаються керованими. У розмірному просторі керованих параметрів, якщо розглядати їх як осі координат, рішення задачі оптимізації характеризується як вектор керованих параметрів.

Точка, що відповідає вибраному значенню, називається точкою відбиття.

Завдання аналізу полягає в отриманні інформації про властивості точки відображення або об'єктів у досить малому периметрі цієї точки.

2.2.3 Характеристика неавтоматизованих та автоматизованих методів

Під час проектування необхідно обрати методи та засоби вирішення проблем проектування, які найкраще досягнуть цілей, включаючи мінімальний час проектування та матеріальні витрати та оптимальні дизайнерські рішення.

Розрахункові неавтоматизовані методи проектування можуть надати лише приблизні значення параметрів, які слід враховувати спочатку та коригувати іншими способами. Методи розрахунку вручну можна застосовувати лише у тому випадку, якщо було зроблено суттєві спрощення для визначення приблизного характеру результатів. Неминуче використання експериментальних методів за допомогою ручних розрахунків – компонування. Макет (фізична модель) покращує властивості об'єктів шляхом визначення виконання умов праці, часткових змін у структурі. Через складні обмеження оптимізація насправді не проводиться. Зазвичай розробники раді отримати свій перший робочий варіант [14].

Автоматизовані процеси впливали насамперед із бажання використовувати математичні методи замість фізичного моделювання. Точність математичних моделей може бути досить високою, в сучасних комп'ютерах вивчення математичних моделей проводиться за розумний проміжок часу, а аналіз є всебічним і ретельним.

Більшість проектних процедур змінюються під час користування ЕОМ. Отже, "Додати модель" – це додати математичну модель. "Аналіз" – вивчення математичних моделей, тобто розв'язків систем рівнянь (або інших операцій над математичними об'єктами). "Модифікація керованих параметрів" – для визначення граничних значень функцій (цілей), розрахованих методом "аналізу" тощо для методу цілей.

ЕОМ вирішує технічну проблему документації.

Вибір методу проектування повинен ґрунтуватися на таких основних критеріях: якість проектування, вартість проектування, умови розробки, кількість зайнятих професійних розробників.

Найкращі результати досягаються застосуванням економічних, точних та універсальних методів. З точки зору індустрії САПР, виходячи з прогресивного досвіду, враховуючи сучасну тенденцію науково-технічного розвитку, можна сказати, що САПР займає надійні позиції в проектних організаціях. У той же час, розумний вибір ступеня автоматизації проектування дасть вам найкращі результати.

Фактичний процес автоматизованого проектування електронних пристроїв зазвичай складається з двох етапів. Неасоціативний синтез конструкцій та ескізів, як правило, не автоматизований, за спрощеними формулами розрахунку параметрів для отримання робочої версії, це початковий етап. наближення. За допомогою програм автоматизованого проектування ТЗ [15].

2.2.4 Основні етапи проектування

Проектування складних систем, об'єктів різного призначення, починається з проектування ТЗ, який включає фазу досліджень (НДР), проект або експериментальну розробку (ЕКР), технічний проект, робочий проект, перевірку зразків.

Етап НДР досліджень та розробок передбачає побудову системи, вивчення нових принципів, структур, технологічних засобів та вивчення основних можливостей, що обґрунтовують найпоширеніші рішення.

Його можна розділити на етап техніко-економічного обґрунтування, специфікацію послуги та специфікацію послуги. На цьому етапі розглядаються принципи фізичної, інформаційної, конструктивної та технологічної побудови виробів, переглядаються можливості реалізації цих

принципів та прогнозуються можливі значення властивостей та параметрів об'єктів. Результатом НДР є складання ТЗ для розробки нових систем.

На рівні ЕКР переглядаються, уточнюються та вносяться зміни до принципів та положень, встановлених на НДР, та проводиться детальний аналіз доцільності створення системи. Результат – ескізний проект.

Як правило, технічна (елементна) основа системи відома до початку проектування. Вам слід вибрати одну з базових елементів, яка відповідає вашим потребам. Перед початком проектування відомий загальний набір архітектурних рішень, а потім вибирається або синтезується рішення, яке відповідає поставленим цілям. На цьому етапі кількість факторів, що впливають на загальний процес розвитку, настільки велика, що необхідно використовувати комп'ютер (розрахунок елементів, приблизна оцінка структурних властивостей). Весь цей етап має особливості дослідницької роботи [16].

На етапі складання проекту створюється план конфігурації спроектованої системи, що детально описує проект поетапно, аж до рівня, на якому може розпочатися інженерія. Основним завданням на цьому етапі проектування є аналіз та синтез різних варіантів проекту. Етап складання ескізу є найбільш значущим етапом. Детальний опис орієнтованого варіанту загальної архітектури.

Як результат, ми маємо певні числові властивості моделі системи. На цьому етапі складається функціональна схема та створюються вузли та пристрої відповідно до прийнятного алгоритму роботи. Потім виконується ітеративне моделювання та характеристика системної моделі. Результатами даного етапу є одержання описування функцій, виконуваних окремими пристроями, створення функціональних і принципових схем пристроїв з урахуванням, наприклад, фронтів і затримок поширення сигналів, навантажувальної спроможності елементів, побудова уточнених діаграм роботи пристроїв для найбільш несприятливих ситуацій і системи в цілому, розробка тестів тощо.

На етапі технічного проектування проводиться ретельний аналіз усіх схем, конструкцій та технічних рішень. Результат – технічний проект.

На стадії робочого проекту створюється повна проектно-технічна документація, достатня для виготовлення об'єкта.

На етапі тестування своїх зразків (або тестових партій у багатосерійному виробництві) ви отримаєте результати, за якими ви зможете виявити можливі помилки та недоліки у своєму проекті та вжити заходів щодо їх усунення. Вона надходить компаніям, що займаються масовим виробництвом.

Проектування часто включає виготовлення та експлуатацію випробувальних партій, оскільки вони надають корисну інформацію для вдосконалення конструкції. Використання САПР є загальним для ескізів та технічного проектування [17].

2.2.5 Основи побудови САПР

На основі досвіду розробки САПР у радіотехнічній галузі, електронній промисловості, машинобудуванні та будівництві можна виділити наступні принципи будівництва:

1. САПР – система, в якій взаємодіють люди та ЕОМ. Людина в САПР повинна вирішувати несформульовані проблеми, вирішують ефективніше, ніж ЕОМ.

2. САПР – ієрархічна система, що реалізує комплексний підхід до автоматизації всіх рівнів проектування.

САПР поділяється на кілька підсистем, які повинні бути взаємопов'язані. Забезпечення ефективності САПР вимагає автоматизації на всіх рівнях проектування.

3. САПР – набір інформаційно-узгоджених підсистем

Іншими словами, він забезпечує послідовність усіх або більшості операцій в інформаційно узгодженій програмі, які використовують дані, структура яких не змінюється при переході від однієї програми до іншої.

Інформаційні зв'язки можуть виникати з того факту, що результатом вирішення однієї проблеми є вихідні дані для іншої. Якщо програма вимагає втручання людини для перестановки даних, це означає, що програма налаштована неправильно [18].

2.3 Математичні методи розв'язання задач оптимізації проектування телекомунікаційних мереж

Мережа зв'язку – це складна система вищого ієрархічного рівня, ніж окрема система зв'язку. Структура мережі, тобто її топологія визначається поєднанням точок (кінцевих та комутаційних вузлів) та каналів зв'язку (ліній), які з'єднуються. Призначення мережі – передавати повідомлення від джерел споживачам інформації. Характерною особливістю комунікаційної мережі є значна кількість джерел та споживачів інформації, а також можливі шляхи передачі повідомлень. Тому для мережі важливо контролювати процеси обміну повідомленнями за допомогою оптимальних індикаторів якості. Модель комунікаційної мережі визначається математичним описом структури мережі, а також процесами надходження заявок до кінцевих точок та процесами їх обслуговування в мережі. Послуги включають процеси для розподілу інформації в комутаційних вузлах і процесах [19].

2.3.1 Оптимізація та математичне моделювання мереж зв'язку

Для доставки повідомлень споживачам за певними маршрутами. Більше того, для великої кількості додатків, а також обмежених фізичних можливостей комутаційних систем та каналів зв'язку (ліній) існують різні способи обслуговування додатків на комутаційних вузлах: з втратами (коли

програма отримує відмову в сервісі), з очікуванням (коли програма чекає випуску лінії або перемикання пристрою), з обмеженим очікуванням (коли кількість програм, що очікують, або час очікування обмежена). Таким чином, для математичного опису мереж зв'язку використовується інший математичний апарат порівняно з описом простих систем зв'язку; у згаданій структурі мережі часто використовуються для з'єднання різних вузлів [20].

Давайте розглянемо особливості математичного опису структури комунікаційної мережі з використанням математичної моделі мережі. В цьому випадку, в якості моделі використовується граф $G = (X, A)$ де $X = [x_i]$ – набір вершин графа, які відображаються в точках мережі (кінцеві точки, комутаційні вузли), а $A = A = \{a_{ij}\}$ набір ребер графа, які відображаються на лінії, канали зв'язку.

Відповідно до того, що канали зв'язку можуть бути односпрямованими і двоспрямованими, краї графа може бути орієнтованими і неорієнтованими. Таким чином, орієнтовані, неорієнтовані, змішані графи, а також мультиграфи можуть бути використані як модель телекомунікаційної мережі. Мережеві моделі широко застосовуються на практиці при проектуванні телекомунікаційних систем, систем космічного та радіозв'язку, ширококомовних мереж, комп'ютерних систем, транспортних мереж.

Мережевий аналіз відіграє дедалі більшу роль, оскільки за допомогою графів досить просто побудувати модель не тільки мереж зв'язку, а й інших складних систем. Розширення сфери використання мережевої моделі зумовлене тим, що методи мережевого аналізу дозволяють: будувати модель складної системи як сукупність простих підсистем; розробити формальну процедуру для визначення якісних та кількісних характеристик системи; показати механізм взаємодії компонентів системи з метою опису останніх з точки зору її основних характеристик; визначити, які дані необхідні для вивчення системи.

При побудові моделей мережевої структури зручно використовувати алгебраїчне зображення графів, що визначається топологічними матрицями та матрицями характеристик ребер графа (гілок мережі) [21].

$$A = [a_{ij}] = \begin{cases} 1, \text{ якщо } G \text{ має ребро } (i, j) \\ 0, \text{ якщо } G \text{ не має ребра } (i, j) \end{cases} \quad (2.5)$$

Структурна матриця використовується для спрощення запису мережевої структури, коли краям графа присвоюються спеціальні позначення, наприклад, a , b , c . Ці позначення використовуються як елементи структурної матриці.

Структурна матриця графа – це квадратна матриця розміру, яка визначається наступним чином:

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } i = j, \\ 0, \text{ якщо } G \text{ немає ребер } (i, j), \\ x, \text{ якщо ребро } (i, j) \text{ } G \text{ дорівнює } i < j, \\ \bar{x}, \text{ якщо ребро } (i, j) \text{ } G \text{ дорівнює } i > j. \end{cases} \quad (2.6)$$

До розглянутої топологічної матриці також використовуються матриці випадковості «вершини-дуги», «дуги-дуги».

Матриця кількісних характеристик ребер графу використовується для різних кількісних оцінок мережі. У той же час кожному краю графіка присвоюється певна вага - число, яке характеризує будь-яку потужність даного ребра, наприклад, довжина, вартість, ємність, пропускна здатність каналу, час передачі інформації, надійність тощо. Вказані характеристики ребер графа представлені у вигляді відповідних квадратних матриць розміром n – довжини, значення. Якщо G – ненаправлений графік, то всі матриці симетричні відносно основної діагоналі.

Наприклад, щоб побудувати матрицю довжин шляхів у мережі $L = [l_{ij}]$ скористаємось наступним правилом:

$$l_{ij} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } i = j, \\ \infty, \text{ якщо } G \text{ немає ребер } (i, j), \\ \text{довжина ребра } (i, j), \text{ якщо ребро } (i, j) \text{ знаходиться в } G \end{cases} \quad (2.7)$$

Матриця пропускної здатності каналів отримується за правилом:

$$c_{ij} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } i = j, \\ \infty, \text{ якщо } G \text{ немає ребер } (i, j), \\ \text{кількість каналних ребер } (i, j), \text{ якщо ребро } (i, j) \text{ знаходиться в } G \end{cases} \quad (2.8)$$

Подібним чином отримуються інші матриці характеристик ребер графа. Вказані характеристики мережі можуть бути використані для вирішення різних проблем синтезу та аналізу мереж зв'язку, зокрема, для пошуку оптимальних шляхів передачі повідомлень. Оскільки метою телекомунікаційної мережі є надання абонентам з'єднувальних шляхів для передачі повідомлень відповідно до адреси та вказаних показників якості, тому необхідно зробити оптимальний вибір з'єднувальних шляхів. У той же час такі шляхи слід вибирати, щоб забезпечити найбільш ефективне використання мережевого обладнання, або забезпечити мінімально можливу довжину шляху та кількість транзитних ділянок на шляхах, або забезпечити необхідну кількість каналів у шляхи або максимальна швидкість передачі.

Отже, при вирішенні проблем проектування телекомунікаційних мереж стає необхідним пошук багатьох шляхів, що існують між даною парою вузлів зв'язку (вершинами графа). Методи пошуку декількох шляхів у мережі можна розділити на два класи: матричні та мережеві. Матричні методи засновані на перетворенні різних матриць – топологічних або матриць характеристик ребер графа, а мережеві методи – на присвоєнні позначень вершинам графа позначками (або індексами). Мережеві методи для визначення набору шляхів між заданими мережевими вузлами є графічним еквівалентом матричних

методів. Визначення набору шляхів базується на побудові дерева шляхів від фіксованої вершини (кореня дерева) до решти вершин графа [22].

2.4 Висновки з розділу 2

Телекомунікаційні мережі є основними в будь-якій телекомунікаційній системі. Отже, при проектуванні мережі можна поставити ряд проблем оптимізації, рішення яких дають мережі, які в якомусь сенсі оптимально розроблені.

Тому потрібно знати всі сучасні характеристики та підходи до проектування телекомунікаційних мереж та дотримуватися їх.

До характеристик можна віднести такі поняття як:

- елемент;
- ефективність;
- критерій ефективності;
- оптимальна система;
- підсистема;
- неподільність елемента;
- цільова функція системи;
- структура системи;
- елементи системи.

При їх дослідженні слід враховувати, що вихід з ладу елемента зазвичай не виводить систему з ладу, а лише впливає на якість її роботи.

В загальній основі будь-якого об'єкта лежить процес проектування. Під дизайном розуміється сукупність операцій, що складається з досліджень, вивчення, розрахунку та проектування з метою отримання опису, достатнього для створення нового товару або реконструкції старого товару, що відповідає певним вимогам.

Аспекти опису – поділ уявлень про предмети за властивостями, що їх характеризують.

Описи складних технічних об'єктів, як правило, включають кілька аспектів: функціональний, творчий та технічний.

Кожен аспект має свій рівень абстракції. у функціональному відношенні – системний (структурний); функціональний та логічний; конструкція схеми.

3 МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ВІДОМЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ПІДХОДУ

Алгоритм проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення – це процес розробки системно-технічних рішень по їх побудові при короткостроковому, середньостроковому і перспективному розвитку (плануванні). Процес проектування є складною науково-технічною задачею, яка ґрунтується на використанні результатів теорії систем, графів, ефективності, масового обслуговування, математичного програмування і передбачає вирішення комплексу взаємопов'язаних завдань.

Мета розробки методики полягає в створенні алгоритму проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу. Методика забезпечить високу ефективність прийняття управлінських рішень на телекомунікаційних мережах при побудові та модернізації їх.

3.1 Постановка задачі

Задано:

- призначення та основні варіанти застосування алгоритму проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу;
- вимоги до характеристик мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу;
- визначені критерії характеристик мережі;
- програмне забезпечення (склад і характеристики).

Необхідно:

- розробити алгоритм проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу.

Обмеження:

- характеристики мережі доступу розраховуються на основі існуючого телекомунікаційного обладнання відомих фірм виробників та згідно вимог керівних документів;
- час на розробку проекту та розрахунки техніко-економічних показників визначає замовник.

При проектуванні мереж зв'язку різного призначення формується оптимізаційна задача, яка на основі має наступний вигляд:

$$\Phi = \Phi(W, U) \rightarrow \underset{W \in \Omega_W}{\text{extr}} = W_U^0 \quad (3.1)$$

де Ω_W – допустима безліч, в рамках якої може варіюватися досліджувана мультисервісна телекомунікаційна мережа відомчого призначення;

W_U^0 – оптимальна в умовах U мультисервісна телекомунікаційна мережа відомчого призначення (в якості умов функціонування розглядається навантаження, що надходить в мережу, навмисні і ненавмисні зовнішні і внутрішні впливи, що характеризуються властивостями стійкості (надійності, живучості), безпеки зв'язку та ін.).

При вирішенні подібних завдань, як правило, використовуються два методи:

- 1) Пошук компромісних (ефективних) рішень, оптимальних за Парето (за всіма компонентами векторного критерію);
- 2) Пошук рішень оптимальних в сенсі узагальненого скалярного критерію, отриманого шляхом згортки окремих компонент векторного критерію.

З урахуванням аналізу розвитку мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення (МТМВП) допускається природна декомпозиція – параметрична і структурна, яка передбачає поетапний (ітераційний) синтез структури та вибір значень внутрішніх параметрів $x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}$ (параметрична оптимізація), при яких виконуються вимоги до якості функціонування і вартості проекту:

$$\Phi = \Phi(W, G, U) \rightarrow \underset{G \in \Omega_G}{\text{extr}} \underset{X \in \Omega_X}{\text{extr}} = G_U^0, X_U^0 = [x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}]^T \quad (3.2)$$

де Ω_X – безліч допустимих параметрів мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення (пропускна здатність каналів передачі, пріоритети в обслуговуванні, продуктивність обладнання, стійкість мережі та ін.);

Ω_G – безліч допустимих структур мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення;

X_U^0 – оптимальні в умовах U параметри мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення;

G_U^0 – оптимальна в умовах U структура (граф) мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення.

При цьому вимоги до якості функціонування задаються у вигляді обмежень на вихідні параметри:

$$\alpha_j \leq y_j(X, U) \leq \beta_j, j = \overline{1, n} \quad (3.3)$$

Тут $y_j(X, U)$ – j -й вихідний параметр, який є функцією внутрішніх $\mathbf{X} = [x_1, \dots, x_n]^T$ і зовнішніх $\mathbf{U} = [u_1, \dots, u_n]^T$ параметрів;

α_j, β_j – допустимі межі зміни j -го параметра, що визначаються технічним завданням (ТЗ).

На практиці, як правило, оптимізаційна задача (3) зводиться до знаходження мінімуму функціоналу техніко-експлуатаційних витрат C , що включає вартість оренди каналів передачі $\delta \cdot V$ і наведену вартість поставленого обладнання мережі K (капітальні витрати):

$$C = \delta \cdot V + K \rightarrow \min_{G \in \Omega_G, V \in \Omega_X} = G_U^0, V_U^0, \quad (3.4)$$

при забезпеченні заданих (або досяжних – в умовах обмежень $C \leq C_{max}$) вимог до якості функціонування (визначається на основі спільної ймовірності виконання вимог до якості обслуговування повідомлень різних класів якості $r = (1, R)$), включаючи підсистеми управління, інформаційної безпеки та стійкості мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення, що і визначає багатокритеріальність завдання. Тут $V \in X$ – вектор пропускних спроможностей елементів мережі зв'язку, які обирають з номінального ряду швидкостей цифрових систем передачі, $\{V \times 64 \text{ кбит/с}, V \times 2048 \text{ кбит/с}, \dots, V \times 155 \text{ Мбит/с}\}, V = 1, 2, \dots; \delta$ – питомі витрати на оренду каналів передачі (дискретна величина), які залежать від протяжності маршруту доставки інформації, часу функціонування, а також визначаються чинними тарифами.

Таким чином, наявність важко формалізованих обмежень, багатокритеріальний характер завдання (3.4) зумовлюють застосування ітераційного алгоритму проектування. Відповідно до цього пропонується метод проектування мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення, що складається з двох взаємопов'язаних етапів.

Другий етап (Рис. 3.1) передбачає більш глибоке дослідження питань забезпечення (підтримки) якості обслуговування в мультисервісній телекомунікаційній мережі відомчого призначення в умовах самоподібності трафіку вузькосмугових і широкосмугових служб. На даному етапі передбачається розробка методу, що включає (для відповідних умов

самоподібності трафіку елементів мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення або мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення в цілому):

а) моделювання процесів формування самоподібного (мультисервісного) трафіку і його обслуговування при різних способах управління (пріоритетне обслуговування, резервування ресурсів та ін.);

б) розрахунок показників якості функціонування СМО з самоподібним трафіком, а також уточнення обсягів накопичувачів і продуктивності вузлів комутації з урахуванням введення класів якості обслуговування [23].

3.2 Етапи реалізації методики проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення

1) Вихідні дані.

Формування вихідних даних здійснюється на основі технічного завдання, за основним призначенням МТМВП, складом і категоріями користувачів, номенклатури послуг, що надаються і базової структурі мережі (її зв'язності), застосовуваним телекомунікаційним технологіям, політикою безпеки та ін.

2) Формування політики інформаційної безпеки.

Визначаються на основі вимог, правил, обмежень, щодо проведення інформаційної діяльності, які спрямовані на досягнення та підтримання належного рівня інформаційної безпеки.

3) Формування системи показників якості та вимоги до них.

Формування систем показників якості МТМВП, їх взаємозв'язків і вимог до них з урахуванням рекомендацій сформованих на основі міжнародних стандартів (МСЕ-Т, ISO 9000, TL 9000). Завдання умов функціонування МТМВП і обмежень на зовнішні параметри.

4) Формування початкової структури МТМВП.

Здійснюється на основі аналітичного опису МТМВП, в основі якого застосовують теорії систем і графів, який передбачає:

- або формування початкової структури проектованої МТМВП на підставі пошуку мережі мінімальної довжини (з подальшим нарощуванням її структури з метою забезпечення вимог по стійкості);

- або завдання структури діючої мережі зв'язку, яке потребує розбудови;

5) Розробка маршрутизації та розподіл потоків в МТМВП.

Передбачає рішення задач статичної маршрутизації і розподілу потоків (за пріоритетами повідомлень), що забезпечують пошук екстремума для показників якості функціонування МТМВП.

6) Умови формування та обмеження на зовнішні параметри.

Передбачає визначення умов функціонування МТМВП і обмежень на зовнішні параметри.

7) Побудова математичних моделей вузлів та мережі.

- конструювання аналітичних моделей вузлів комутації на основі теорії систем масового обслуговування з найпростішими потоками, комутацією пакетів фіксованої і експоненційної довжини, очікуванням (втратами), відносними пріоритетами, а також ненадійним обслуговуючим приладом;

- вирішення задачі визначення пріоритетів по класах якості (видам) послуг і категоріям користувачів, включаючи трафік підсистем управління, забезпечення інформаційної безпеки та інших підсистем МТМВП;

- конструювання аналітичної моделі мережі зв'язку на основі її декомпозиції в багатофазну СМО;

8) Аналіз ефективності процесів функціонування МТМВП.

- визначення методики аналізу та критеріїв для правил прийняття рішення;

- розрахунок показників якості функціонування МТМВП: середній час і ймовірність своєчасної доставки пакетів (повідомлень), середня довжина черги і ін.;

- отримання узагальненого показника ефективності функціонування (УПЕФ) на основі методу імовірнісної згортки, при цьому в якості УПЕФ виступає середньо мережева ймовірність своєчасної доставки повідомлень різних класів в мережі (що визначаються за видами послуг, що надаються і категоріям користувачів, а також для підсистем управління, інформаційної безпеки та ін. підсистем МТМВП)

9) Оптимізація внутрішніх параметрів МТМВП.

Оптимізація побудови МТМВП (мінімізація функціоналу наведених витрат) на основі поетапного синтезу структури та вибору значень внутрішніх параметрів, при яких виконуються вимоги до стійкості і якості обслуговування (3.4).

10) Аналіз стійкості МТМВП.

- розрахунок показників елементної і структурної надійності, живучості та стійкості МТМВП;

- управління властивістю стійкості МТМВП, що забезпечує пошук в її структурі елементів з властивостями низької стійкості і високої значимості (значимість визначається зв'язністю в мережі і пропускнуою спроможністю) (уразливих елементів), їх ранжування за ступенем впливу на стійкість мережі в цілому і реалізацію механізмів на зміну даних властивостей на основі структурних перетворень і захисту її елементів.

11) Відповідає умові (якщо «ні» потрапляємо в 12 пункт).

При обраних початкових значеннях внутрішніх параметрів здійснюється оцінка ефективності функціонування, перевіряються вимоги до якості і стійкості функціонування, вартості проекту. При невиконанні вимог до якості функціонування здійснюється оптимізація внутрішніх параметрів МТМВП.

12) Корекція структури МТМВП (з 12 в 5, з 5 в 7 і так поки не отримаємо вірний результат).

Якщо для обраної структури МТМВП не вдається знайти значень внутрішніх параметрів, що задовольняють вимогам до якості, стійкості функціонування і вартості проекту, то здійснюється корекція структури мережі зв'язку, при неможливості останньої коректують ТЗ.

13) Вибір методів управління параметрами МТМВП.

Більш глибоке дослідження питань забезпечення (підтримки) якості обслуговування в МТМВП в умовах самоподібності трафіку при застосуванні вузькосмугових і широкосмугових служб.

14) Побудова математичних моделей процесів формування та обслуговування мультисервісного трафіку.

Моделювання процесів формування самоподібного (мультисервісного) трафіку і його обслуговування при різних способах управління (пріоритетне обслуговування, резервування ресурсів та ін.);

15) Аналіз якості обслуговування в МТМВП.

Розрахунок показників якості функціонування СМО з самоподібним трафіком.

16) Відповідає умові (якщо «ні» потрапляємо в 13 пункт).

При обраних показниках якості обслуговування здійснюється уточнення обсягів накопичувачів і продуктивності вузлів комутації з урахуванням введення класів якості обслуговування. При невиконанні вимог до самоподібності трафіку повертаємось до розробки методу.

17) Проект МТМВП.

Розробка проектної документації МТМВП.

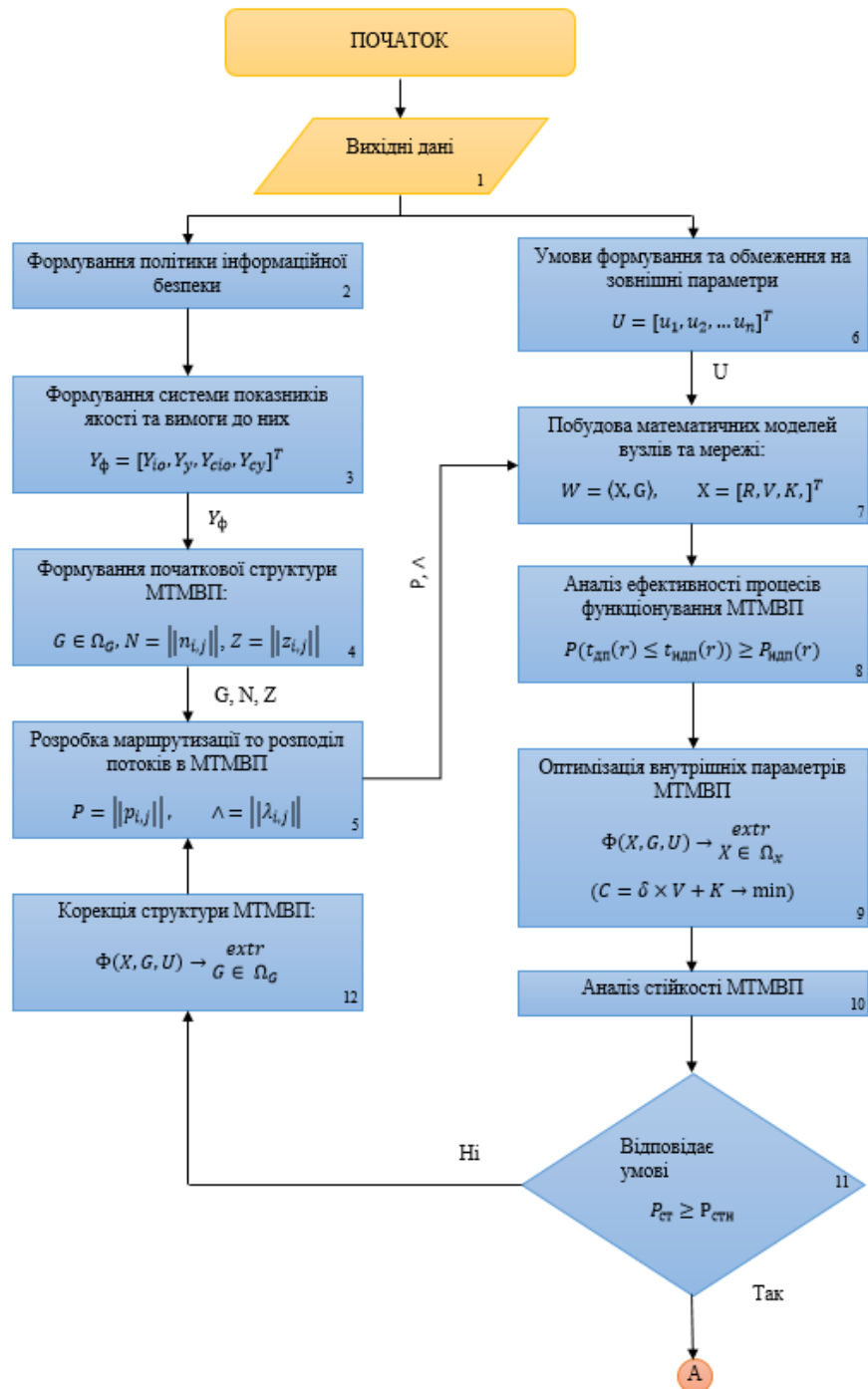


Рисунок 3.1 - Алгоритм проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення на основі багатокритеріального підходу

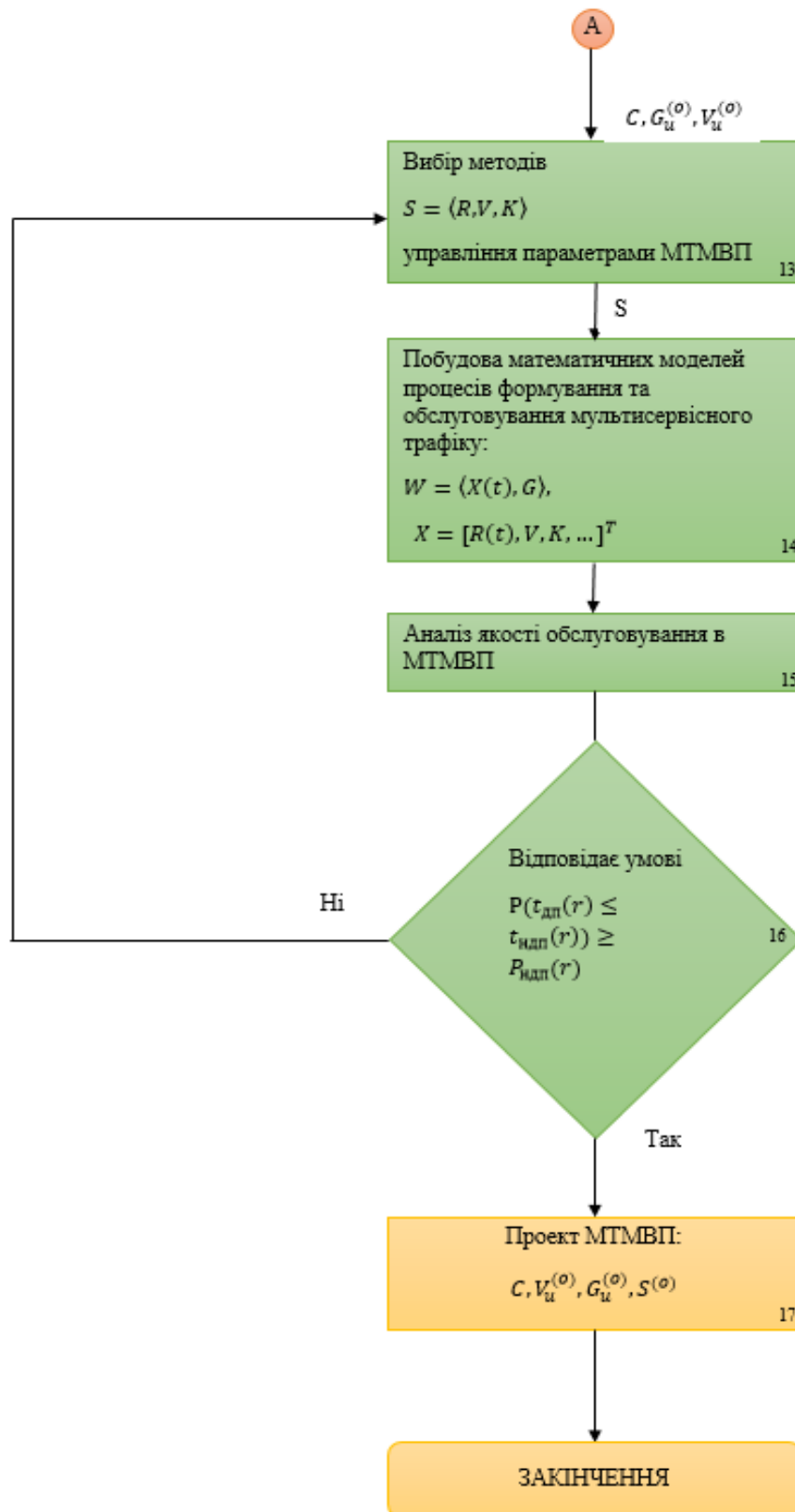


Рисунок 3.1 (продовження)

3.3 Висновки з розділу 3

Багатокритеріальний метод проектування мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення дозволить:

- досліджувати ефективність процесів функціонування мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення різного призначення в різних умовах застосування на основі узагальнених показників, в тому числі в умовах самоподібності трафіку;
- досліджувати ефективність процесів надання та інтеграції різних видів послуг з різними вимогами до якості обслуговування, з урахуванням функціонування підсистем (управління, інформаційної безпеки);
- здійснювати оптимізацію побудови мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення за критеріями техніко-експлуатаційних витрат, якості обслуговування (з урахуванням введення класів якості обслуговування), стійкості.

В цілому дані фактори визначають новий спосіб побудови структури проектування мультисервісної телекомунікаційної мережі відомчого призначення та взаємозв'язок окремих дослідницьких завдань, що надасть приймати правильні управлінські рішення щодо вибору раціонального сценарію побудови даного класу мереж.

ВИСНОВКИ

Головна особливість сучасного обладнання для мереж – забезпечення безперебійного з'єднання, щоб інформація передавалася постійно. При цьому допускається періодичне погіршення якості зв'язку в момент встановлення з'єднання, а також періодичні технічні неполадки, викликані зовнішніми факторами.

Основні вимоги, що пред'являються до телекомунікаційних мереж повинні бути реалізовані при проектуванні мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення таким чином щоб забезпечити надання телекомунікаційних послуг які необхідні на даний час, а також телекомунікаційних послуг які з'являться в майбутньому.

Побудова мультисервісної телекомунікаційної мережі (МСТМ), в яку інтегровані різні послуги, є одним з найбільш перспективних напрямків розвитку телекомунікаційних мереж, що може вирішити проблему конвергенції інформаційно-комунікаційних технологій. Основним завданням МСТМ є забезпечення співіснування та взаємодії різнорідних підсистем зв'язку в єдиному транспортному середовищі при використанні єдиної інфраструктури для передачі загального трафіку (даних) та трафіку в режимі реального часу (голосу та відео).

Телекомунікаційні мережі є основними в будь-якій телекомунікаційній системі. Швидкість досягнення сучасних телекомунікаційних технологій надають нові послуги, які допомагають покращити спосіб прогнозування розвитку, проектування та експлуатації ресурсів та мереж майже щодня.

Алгоритм проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж відомчого призначення – це процес розробки системно-технічних рішень по їх побудові при короткостроковому, середньостроковому і перспективному розвитку (плануванні). Процес проектування є складною науково-технічною задачею, яка ґрунтується на використанні результатів теорії систем, графів,

ефективності, масового обслуговування, математичного програмування і передбачає вирішення комплексу взаємопов'язаних завдань.

Оптимізація проектування МТМВП здійснюється на основі застосування принципів декомпозиції, системності та ітераційні проектування, а також методів послідовної оптимізації та ймовірнісної згортки при отриманні узагальнених критеріїв. Запропонований спосіб дозволяє перейти від рішення оптимізаційної задачі великої розмірності до взаємозалежної за вхідними та вихідними даними послідовності завдань меншої розмірності. В результаті забезпечується поетапний (ітераційний) синтез структури МТМВП і вибір значень внутрішніх параметрів (параметрична оптимізація), при яких виконуються вимоги до якості функціонування і вартості проекту.

Новим в пропонованому методі є комплекс застосовуваних математичних моделей вузлів комутації, аналізу стійкості, формування і обслуговування мультисервісного (самоподібного) трафіку, а також підхід, заснований на декомпозиції процесу проектування на два взаємопов'язані етапи:

- перший – формування топологічної структури МТМВП і оптимізація пропускної здатності каналів передачі, які передбачають при використанні "класичних" моделей теорії масового обслуговування структурний і параметричний синтез МТМВП за критеріями якості обслуговування (при обліку класів якості обслуговування), стійкості і витрат;
- другий – для розрахованої на першому етапі топології МТМВП більш глибоке дослідження питань забезпечення (підтримки) якості обслуговування в умовах самоподібності трафіку вузькосмугових і широкосмугових служб (також з урахуванням класів якості обслуговування).

В цілому дані фактори визначають новий спосіб побудови структури проектування МТМВП і взаємозв'язку окремих дослідницьких завдань (рис. 3.1). На основі даного методики є можливість розробляти комплексне

програмне забезпечення систем автоматизованого проектування для даного класу телекомунікаційних мереж.

На підставі вище викладеного вважаю, що мета дипломної роботи досягнута.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-proektirovaniya-multiservisnyh-setey>
2. <https://ilovevaquero.com/tehnologii/109027-kakuyu-vygodu-dayut-multiservisnye-seti-svyazi.html>
3. <https://lotgroup.eu/product/smart-city/multi-services-network/>
4. <https://www.ijert.org/research/next-generation-network-an-overview-IJERTV4IS030913.pdf>
5. <https://www.computerhope.com/jargon/t/treetopo.htm>
6. <https://beginnersbook.com/2019/03/computer-network-topology-mesh-star-bus-ring-and-hybrid/>
7. <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-simplex-half-duplex-and-full-duplex-transmission-modes/>
8. <https://www.cloudflare.com/learning/network-layer/what-is-a-wan/>
9. <https://youngq.tistory.com/71>
10. <https://www.crn.ru/numbers/spec-numbers/detail.php?ID=11819>
11. <http://datasolution.ru/sozdanie-multiservisnyh-setej>
12. <https://compress.ru/article.aspx?id=9404>
13. <https://domzoloto.ru/ko/internet/bazovye-tehnologii-multiservisnyh-setei-analiz-primenyaemyh-tehnologii-v/>
14. https://studref.com/445213/informatika/ponyatie_multiservisnoy_seti_klassifikatsiya_uslug_multiservisnoy_seti#381
15. <https://www.sviaz-expo.ru/ru/ui/17137/>
16. <https://siblec.ru/telekommunikatsii/osnovy-teorii-mobilnoj-i-besprovodnoj-svyazi/4-metodika-mnogokriterialnogo-proektirovaniya-besprovodnykh-setej-svyazi#4.3.2>
17. <https://studfile.net/preview/5582384/page:2/>
18. https://ops.fhwa.dot.gov/publications/telecomm_handbook/chapter4.htm

19 Telecommunications Network Design Handbook of Optimization in Telecommunications, 2006 ISBN : 978-0-387-30662-9 Anders Forsgren, Mikael Prytz Volume 77, Page 322

20. <http://conferenc.its.kpi.ua/proc/article/view/230831>

21. <https://rectorate.ru/2019/12/osoblivosti-matematichnix-modelej-merezh-zvyazku/>

22. Bezruk V. M., Semenets V. V., Chebotarova D. V., Kaliuzhniy N. M., Guo Qiang, Zheng Yu OPTIMIZATION AND MATHEMATICAL MODELING OF COMMUNICATION NETWORKS Monograph Volume 5.2 Page 79

23. <https://its.kpi.ua/sites/default/files/NDI%20TK%202021/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F%20%D0%9F%D0%A2/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%9F%D0%A2/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97%20%D0%9F%D0%A2%202021%20ISSN%20%D1%80.pdf>