ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
Кафедра Мобільних та відеоінформаційних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Методи забезпечення надійності в мережах мобільного зв'язку»

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
освітньо-професійної програми Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис) Василь ЖОВТАЛЮК
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АРДМ-61
Василь ЖОВТАЛЮК

Керівник: Андрій ЛЕМЕШКО

Рецензент: О. Варфоломеєва

Київ – 2023

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут телекомунікацій

Кафедра Мобільних та відеоінформаційних технологій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітньо-професійна програма Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедрою МВТ
_____ Наталія РУДЕНКО
« » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Жовталюку Василю Григоровичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Методи забезпечення надійності в мережах мобільного зв'язку»,
керівник кваліфікаційної роботи Андрій ЛЕМЕШКО, PhD,
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від 19.10.2023 р. №145.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи 25.12.2023 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
   1. Телекомунікаційні системи;
   2. Методи підтримки надійності;
   3. Науково-технічна література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
   1. Аналіз особливостей телекомунікаційних мереж;
   2. Методи підтримання надійності телекомунікаційних систем;
   3. Графічне планування роботи функціональних перетворювачів у телекомунікаційній системі.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація.

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір науково-технічної літератури	19.10.23	Викон.
2.	Аналіз особливостей телекомунікаційних мереж	31.10.23	Викон.
3.	Методи підтримання надійності телекомунікаційних систем	15.11.23	Викон.
4.	Графічне планування роботи функціональних перетворювачів у телекомунікаційній системі	29.11.23	Викон.
5.	Висновки, вступ, реферат	11.12.23	Викон.
6.	Розробка презентації	18.12.23	Викон.

Здобувач вищої освіти _____ Василь ЖОВТАЛЮК
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Андрій ЛЕМЕШКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 75 стор., 9 рис., 3 табл., 27 дж.

Мета роботи – дослідження методів підтримки надійності у телекомунікаційних системах та методики графічного планування роботи телекомунікаційної системи.

Об'єкт дослідження - процес передачі, обробки і оптимізації мережевого трафіка в телекомунікаційних мережах.

Предмет дослідження – методи підтримки надійності у телекомунікаційних системах.

Короткий зміст роботи: У першому розділі проаналізовано особливостей телекомунікаційних мереж. Розглянуто наступні питання: телекомунікаційна галузь та постачальники послуг; технологія мобільного зв'язку 4G/5G та безпроводові мережі Wi-Fi.

Другий розділ присвячено методам підтримання надійності телекомунікаційних систем. Розглянуто наступні питання: методи забезпечення надійності телекомунікаційних систем; програмне забезпечення для підтримання надійності телекомунікаційних систем на прикладі Relyence Studio.

У третьому розділі представлено підходи до планування роботи функціональних перетворювачів у телекомунікаційній системі. Розглянуто наступні питання: аналітичне рішення задачі побудови розкладу обслуговування телекомунікаційних систем; та запропоновано графічне вирішення задачі побудування розкладу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ, МОБІЛЬНИЙ ЗВ'ЯЗОК 4G/5G, БЕЗПРОВОДОВІ МЕРЕЖІ WI-FI, НАДІЙНІСТЬ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ, RELYENCE STUDIO, ГРАФІЧНЕ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПОБУДУВАННЯ РОЗКЛАДУ.

ABSTRACT

Text part of the master's qualification work: 75 pages, 9 pictures, 3 table, 27 sources.

The purpose of the work - study of methods of maintaining reliability in telecommunication systems and methods of graphic planning of telecommunication system work.

Object of research – the process of transmission, processing and optimization of network traffic in telecommunication networks.

Subject of research – methods of maintaining reliability in telecommunication systems.

Summary of the work: The first chapter analyzes the peculiarities of telecommunication networks. The following issues were considered: telecommunications industry and service providers; 4G/5G mobile communication technology and Wi-Fi wireless networks.

The second section is devoted to methods of maintaining the reliability of telecommunication systems. The following issues were considered: methods of ensuring the reliability of telecommunication systems; software for maintaining the reliability of telecommunication systems using the example of Relyence Studio.

The third chapter presents approaches to planning the operation of functional converters in the telecommunications system. The following questions were considered: analytical solution of the task of building a schedule of maintenance of telecommunication systems; and a graphical solution to the task of building a schedule is offered.

KEYWORDS: TELECOMMUNICATION SYSTEMS, 4G/5G MOBILE COMMUNICATION, WIRELESS WI-FI NETWORKS, RELIABILITY OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS, RELIENCE STUDIO, GRAPHICAL SOLUTION OF THE SCHEDULE CONSTRUCTION PROBLEM

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут телекомунікацій

ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістра

Направляється здобувач Жовталюк В.Г. до захисту кваліфікаційної роботи
(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
освітньо-професійної програми Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення

на тему: Методи забезпечення надійності в мережах мобільного зв'язку

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІТ _____ Владислав КРАВЧЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувач Жовталюк Василь Григорович показав гарну теоретичну та інженерну підготовку, уміння володіти технологіями нового покоління, вміло працювати з програмно-апаратними засобами мобільного зв'язку, довідковою і науково-технічною літературою. Працюючи над завданнями, які доручались керівником, проявив ініціативність, сумлінність та хист до інженерної роботи.

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу Жовталюка Василя Григоровича на оцінку «відмінно» та присвоїти йому кваліфікацію «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Андрій ЛЕМЕШКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

“ ” _____ 2023 року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач Жовталюк В.Г.
(прізвище та ініціали)

допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувачка кафедри
Мобільних та відеоінформаційних технологій _____ Наталія РУДЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

“ ” _____ 2023 року

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

на кваліфікаційну магістерську роботу

здобувача вищої освіти Жовталюка Василя Григоровича

на тему: «Методи забезпечення надійності в мережах мобільного зв'язку»

Актуальність:

Надійність у телекомунікаційних системах відіграє критичну роль, оскільки вона безпосередньо впливає на якість та неперервність послуг, що надаються. Це визначає здатність системи працювати без збоїв протягом визначеного періоду часу під конкретними умовами.

Ненадійність може призвести до перерв у роботі, втрати даних, зниження продуктивності та незадоволеності користувачів. Це може вплинути на ділову репутацію компанії та призвести до фінансових втрат.

Дослідження методів підтримки надійності у телекомунікаційних системах та методики графічного планування роботи телекомунікаційної системи, є актуальною задачею.

Позитивні сторони:

Робота дозволяє досить повно оцінити загальну характеристику, сутність та структуру поставленої проблеми. Дається чітке визначення мети, об'єкту та предмету дослідження. Сформульовано наукові проблеми і представлено використані методи дослідження.

Недоліки:

1. В роботі не виконано критичного аналізу методів підтримання надійності телекомунікаційних систем.
2. В п. 2.2 представлено програмне забезпечення тільки однієї компанії.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку кваліфікаційної роботи.

Висновок: кваліфікаційна робота заслуговує оцінку «відмінно», а здобувач Жовталюк Василь Григорович заслуговує присвоєння кваліфікації: «Магістр з телекомунікацій та радіотехніки».

Рецензент: кт.н. доцент Зал О.Г. Варфоломєєва

(науковий ступінь, вчене звання) *(підпис)* *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 9
ВСТУП 10
1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ 12
1.1 Телекомунікаційна галузь та постачальники послуг 12
1.2 Технологія мобільного зв'язку 4G/5G та безпроводові мережі Wi-Fi 16
2 МЕТОДИ ПІДТРИМАННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ 31
2.1 Методи підтримання надійності телекомунікаційних систем 31
2.1.1 Основні визначення надійності у телекомунікаційних системах 31
2.1.2 Методи підтримання надійності телекомунікаційних систем 34
2.2 Програмне забезпечення для підтримання надійності телекомунікаційних систем 39
3 ГРАФІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ 54
3.1 Аналітичне рішення задачі побудови розкладу 54
3.2 Графічне вирішення задачі побудування розкладу 62
ВИСНОВКИ 73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 74
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ 77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

3GPP	3rd Generation Partnership Project
5G	Fifth Generation
AI	Artificial Intelligence
CBM	Condition-Based Maintenance
CDMA	Code Division Multiple Access
GSM	Global System for Mobile Communications
FTA	Free-To-Air
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
IoT	Internet of Things
ISP	Internet Service Provider
FCC	Federal Communications Commission
LAN	Local Area Network
LTE	Long-Term Evolution
MAN	Metropolitan Area Network
MIMO	Multiple Input Multiple Output
RBM	Risk-Based Maintenance
RCM	Reliability-Centered Maintenance
QoS	Quality of Service
VR	Virtual Reality
WAN	Wide Area Network
AM	Амплітудна модуляція
MCE	ITU International Telecommunication Union,

ВСТУП

Телекомунікації - це сфера, яка забезпечує передачу даних на відстань, включаючи звук і відео. Історія телекомунікацій бере свій початок з розвитку телеграфу, і сьогодні він став однією з найбільш швидко розвиваються галузей.

Телекомунікації (ТК) охоплюють різні технології та системи, що використовуються для передачі, обробки, зберігання та відтворення інформації. Телекомунікаційні системи можуть бути проводовими або безпроводовими.

Телекомунікаційні системи відіграють важливу роль в сучасному світі, забезпечуючи зв'язок між людьми та технологіями в усіх сферах нашого життя, від особистих взаємодій до глобального бізнесу. Важливість цих систем вимагає від них високої надійності, і ця робота розглядає ключові аспекти цієї надійності.

Надійність у контексті телекомунікаційних систем визначається як здатність системи ефективно виконувати свої функції без збоїв протягом певного періоду часу. Це включає в себе різні аспекти, від підтримки функціонування обладнання до забезпечення якості передачі даних.

Першочерговим аспектом надійності є підтримка апаратного забезпечення. Апаратні збої - одна з найпоширеніших причин ненадійності телекомунікаційних систем. Для забезпечення надійності необхідне регулярне обслуговування та заміна обладнання.

Програмне забезпечення та протоколи також відіграють важливу роль у підтримці надійності. Вони повинні бути розроблені і впроваджені таким чином, щоб мінімізувати помилки та вирішувати проблеми, що виникають під час їх роботи.

Відключення електроенергії можуть також призвести до збоїв у роботі телекомунікаційних систем. Резервне живлення та резервне обладнання - це критично важливі компоненти для забезпечення надійності.

Моніторинг та обслуговування - це ще од одна важлива область, що впливає на надійність телекомунікаційних систем. Системи моніторингу дозволяють

операторам виявляти та вирішувати проблеми на ранніх стадіях, зменшуючи тим самим час простою та відновлення.

Кібербезпека також є критичною складовою надійності. Зловмисники або шкідливе ПЗ можуть серйозно пошкодити телекомунікаційні системи, спричиняючи збої або, що ще гірше, викрадаючи або знищуючи цінні дані.

Крім того, Quality of Service (QoS) - це важливий фактор, який впливає на надійність. QoS визначає, наскільки ефективно система може обробляти трафік даних, забезпечуючи мінімальні затримки і максимальну пропускну здатність.

В кінцевому підсумку, надійність телекомунікаційних систем - це багатофакторний аспект, який вимагає відповідного планування, управління та обслуговування. Це постійний процес, який вимагає від нас постійної уваги і підтримки.

Тема роботи вкрай актуальна в сучасному світі, де зростає залежність від неперервності та якості телекомунікаційних послуг. Завдяки телекомунікаційним системам, організації можуть здійснювати свої операції, люди знаходяться на зв'язку, а мережеві служби, такі як інтернет, транслюються по всьому світу.

За останні роки стали частішими кібератаки, природні катастрофи та технічні несправності, які можуть пошкодити телекомунікаційні мережі. Крім того, з розвитком таких технологій, як Інтернет речей (IoT), 5G, та штучний інтелект (AI), стає ще більш важливим питання надійності телекомунікаційних систем.

Мета роботи. Дослідження методів підтримки надійності у телекомунікаційних системах та методики графічного планування роботи телекомунікаційної системи.

Об'єктом дослідження є процес передачі, обробки і оптимізації мережевого трафіка в телекомунікаційних мережах.

Предметом дослідження є методи підтримки надійності у телекомунікаційних системах.

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

1.1 Телекомунікаційна галузь та постачальники послуг

Види телекомунікаційних мереж. Найпростіший тип зв'язку відбувається між двома станціями, хоча передача даних між багатьма відправляє і приймальними станціями досить поширена. Телекомунікаційна мережа - це те, що використовується для опису такої установки. Найбільшою телекомунікаційною мережею є Інтернет. У меншому масштабі приклади включають наступне [1]:

– корпоративні та академічні глобальні мережі (WAN);

– телефонні мережі;

– стільникові мережі;

– системи поліцейського та пожежного зв'язку;

– диспетчерські мережі таксі;

– групи радіоаматорів (радіоаматорів);

– мережі мовлення.

Завдяки використанню електричного сигналу, відомого як несуча або несуча хвиля, дані передаються через телекомунікаційну схему. Деякий тип модуляції необхідний носію для передачі інформації. Взагалі кажучи, режим модуляції можна розділити на аналоговий і цифровий.

При аналоговій модуляції характеристики носія постійно змінюються. Амплітудна модуляція (АМ), перший тип аналогової модуляції, все ще використовується на деяких радіочастотах сьогодні. Перший тип цифрової модуляції, азбука Морзе, існувала ще до АМ. Дані передаються через основні фізичні передачі в сучасних телекомунікаціях за допомогою інтернет-протоколів.

Телекомунікаційна галузь та постачальники послуг. У більшості випадків постачальники послуг зв'язку, також відомі як постачальники телекомунікаційних послуг, керують телекомунікаційними системами. Телефонний зв'язок та пов'язані з ним послуги, які колись надавали ці компанії,

були замінені низкою глобальних та інтернет-послуг, мережею мегаполісів (MAN), а також міжнародні послуги.

Уряди контролювали і керували більшістю постачальників телекомунікаційних послуг у кількох країнах. Ситуація змінилася, і багато з них були приватизовані. Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ) є організацією Організації Об'єднаних Націй (ООН), яка здійснює нагляд за законами про телекомунікації та мовлення, тоді як більшість країн також мають свої власні державні органи для створення та забезпечення дотримання законів про телекомунікації. Федеральна комісія зв'язку (FCC) служить головним регулюючим органом країни.

Інтернет-провайдери (ISP), постачальники телекомунікаційного обладнання, бездротові послуги, радіо- та телевізійні мовники, кабельні компанії, провайдери супутникового телебачення та керовані Постачальники послуг - це лише деякі з багатьох організацій, які пропонують різні види телекомунікаційних послуг (MSP).

Виробники телекомунікаційного обладнання, телекомунікаційних послуг та бездротового зв'язку є трьома основними секторами телекомунікаційного бізнесу. Найбільшою галуззю серед цих секторів є телекомунікаційне обладнання, яке включає бездротові напівпровідники, аналогове або цифрове обладнання для комутації загального користування та клієнтське обладнання, як-от маршрутизатори та модеми. Найменшою галуззю промисловості є бездротовий зв'язок [2, 3].

Великі глобальні постачальники послуг включають наступне:

- AT&T;
- Verizon;
- Nippon Telegraph and Telephone (NTT);
- Китай Мобіл Лімітед;
- Deutsche Telekom AG;
- Група компаній SoftBank;
- Китай Телеком;
- Telefónica SA;

– Vodafone;

– Qualcomm;

– América Móvil.

Використання смартфонів, таких як iPhone, був широко поширений до 2012 року. Останнім часом постачальники послуг переключили свою увагу з послуг голосового зв'язку на розширення таких пропозицій, як дані та відео.

Історія телекомунікацій. Слово телекомунікації походить від грецького префікса tele-, що означає «далекий», в поєднанні з латинським словом communicare, що означає «ділитися» [4].

Важливими телекомунікаційними технологіями є телеграф, телефон, радіо, телебачення, відеотелефонія, супутники, закриті комп'ютерні мережі та громадський Інтернет.

1876. Перший телефон винайшов Олександр Грем Белл. Ця рання модель вимагала перекладача або телеграфіста з обох кінців. Ці перші телефони були домофонними системами, де два телефони були з'єднані безпосередньо.

1877. Винахід телефонної системи комутаційної станції дозволило будь-якій комбінації двох телефонних ліній з'єднуватися і розмовляти один з одним.

1891. Були винайдені телефони з набором, які обходили необхідність оператора на кожному дзвінку. Це значно прискорило та спростило здійснення дзвінків по телефону.

1947. Був винайдений транзистор, що призвело до розвитку сучасної електроніки, такої як комп'ютери і калькулятори.

1948. Мікрохвильові печі стали використовуватися для передачі телефонних сигналів, в місцях, де телефонних проводів не існувало.

1960. Телефони почали переходити від механічної комутації до електронної комутації, що дозволило такі функції, як голосові повідомлення, швидкий набір та ідентифікатор абонента.

1984. Bell System, яка забезпечила AT&ampT майже монополію на телекомунікаційні послуги в США, була розпалася, відкривши простір для конкуренції для інших провайдерів.

1984. Введено використання стільникового та персонального зв'язку (PCS), яке пропонувало мобільний зв'язок поза двостороннім використанням радіо.

1990-ті роки. Використання сучасного інтернету набуло широкого поширення.

2000-ті і далі. У першому десятилітті 2000-х років мобільні телефони ставали все більш досконалими. До 2012 року використання смартфонів було широко поширеним.

Проектування, розробка та обслуговування систем передачі інформації на великі відстані є основними цілями інженерної дисципліни, відомої як телекомунікації. Через це, це дуже складна область, яка вимагає міцного досвіду в математиці, фізиці та інформатиці.

Забезпечення надійності в мережах мобільного зв'язку

Мобільні мережі стали невід'ємною частиною нашого сучасного життя, забезпечуючи зв'язок між людьми навіть у віддалених куточках світу. Надійність цих мереж вкрай важлива, оскільки від неї залежить спілкування, доступ до інформації, та, в багатьох випадках, навіть безпека та життя користувачів. Отже, забезпечення надійності в мережах мобільного зв'язку є вельми актуальною проблемою.

Однією з ключових складових надійності є фізична інфраструктура. Мобільні оператори повинні забезпечити належне обслуговування антенних станцій, передавальних веж, та інших елементів інфраструктури. Регулярна підтримка та моніторинг стану обладнання дозволяють запобігти аваріям та зниженню якості зв'язку.

Важливим аспектом є інформаційна безпека. Мережі мобільного зв'язку часто стають об'єктом кібератак, інших загроз та витоків даних. Захист від таких загроз потребує постійного оновлення технічних засобів та впровадження ефективних стратегій кібербезпеки.

Для забезпечення надійності необхідно також мати резервні механізми та аварійне відновлення мережі. Це означає, що в разі виникнення проблем або аварій,

мережа має можливість швидко переключитися на інші ресурси або шляхи зв'язку, забезпечуючи безперервність обслуговування.

На сьогоднішні день актуальним стає також розширення покриття мережі. Завдяки розвитку інтернету речей (IoT) та зростанню попиту на мережеві послуги, мережі мобільного зв'язку мають забезпечити доступ до зв'язку та Інтернету в різних географічних областях, включаючи важкодоступні регіони.

Однак, забезпечення надійності не обмежується лише технічними аспектами. Суттєву роль відіграють також регулятори та нормативна база. Вони встановлюють вимоги до рівня обслуговування, захисту конфіденційності даних та інші стандарти, які повинні бути дотримані операторами мереж мобільного зв'язку.

Отже, забезпечення надійності в мережах мобільного зв'язку є складною завданням, яке вимагає поєднання технічних, організаційних та регуляторних заходів. Враховуючи ростуть залежності сучасного суспільства від мобільного зв'язку, надійність стає важливим фактором для забезпечення комфорту та безпеки життів.

1.2 Технологія мобільного зв'язку 4G/5G та безпроводові мережі Wi-Fi

Технологія мобільного зв'язку четвертого покоління (або 4G) полегшує швидку передачу даних і надає клієнтам доступ до цілого ряду мобільних послуг, включаючи телефонні та відеодзвінки, інтернет-серфінг та інші комунікації. Користувачі можуть отримати доступ до Інтернету з будь-якого місця завдяки впровадженню високошвидкісної бездротової технології 4G [5].

П'яте покоління бездротових технологій, часто відоме як 5G, пропонує значно вищу швидкість передачі даних, ніж 4G. Користувачі можуть отримати доступ до більш складних і передових мобільних послуг, таких як віртуальна реальність та Інтернет речей (IoT).

Вивчення передачі інформації на відстань за допомогою різних технологій відоме як телекомунікації (ТК). Передача мови, даних, відео та інших типів

інформації за допомогою проводів, радіохвиль, супутникових ліній зв'язку та інших типів з'єднань є однією Приклад цього. ТК охоплює різні теми, включаючи планування, створення, адміністрування та обслуговування мереж зв'язку та інших пов'язаних з ними технологій. ТК є вирішальним сектором глобального економічного зростання та між- та внутрішньонаціональних комунікацій.

Телекомунікації органічно влилися в повсякденне життя в сучасному інформаційному світі. Інформація може бути відправлена швидко і надійно в будь-який час і скрізь за допомогою мереж зв'язку, побудованих на технології ТС.

Бездротові технології, до яких відносяться мобільний зв'язок, Wi-Fi, Bluetooth та інші, є однією з найважливіших частин ТК. Інформація набагато легше і швидше доступна завдяки бездротовим технологіям, які дозволяють користувачам підключатися до Інтернету та інших мереж зв'язку без необхідність проводів або з'єднань.

Дві новітні технології мобільного зв'язку, 4G і 5G, забезпечують користувачам мобільних пристроїв швидке і надійне з'єднання. У той час як 5G може похвалитися набагато більшою швидкістю до 20 Гбіт/с, 4G підтримує передачу даних лише зі швидкістю до 100 Мбіт/с. Крім того, 5G пропонує більшу пропускну здатність мережі, дозволяючи більшій кількості пристроїв підключатися та споживати послуги та програми з більшою складністю.

У спеціалізованих курсах, що надаються університетами та іншими освітніми організаціями, висвітлюються основи телекомунікацій. Численні предмети, включаючи радіохвилі, супутниковий зв'язок, архітектуру мережі, технології бездротового зв'язку та багато іншого, можуть бути висвітлені в цих курсах. Враховуючи зростаючу потребу в компетентних працівниках телекомунікаційного сектору, знання, отримані на таких курсах, можуть бути корисними для кар'єрного зростання.

Загалом, телекомунікаційний сектор має важливе значення для зростання сучасного світу, оскільки він дозволив людям швидко спілкуватися та отримувати інформацію і надійно.

Передача інформації по бездротовому каналу зв'язку називається бездротовою технологією. Більшість мобільних пристроїв у сучасному світі використовують бездротові технології, такі як 4G та 5G, щоб запропонувати швидку та зручну передачу даних. Четверте покоління мобільних технологій, або 4G, є бездротовою інновацією, яка пропонує мобільним пристроям високошвидкісний доступ до Інтернету. Він гарантує надійне з'єднання навіть при високому мережевому трафіку і забезпечує швидкість передачі даних до 1 Гбіт/с. Користувачі можуть грати в ігри, транслювати відео у високій чіткості та отримувати доступ до будь-якого інтернет-сервісу за допомогою 4G. Зі швидкістю передачі даних до 10 Гбіт/с, що набагато швидше, ніж 4G, 5G, п'яте покоління мобільних технологій, є рівномірним швидша технологія. Крім того, низька затримка мережі 5G робить його ідеальним для використання з такими технологіями, як Інтернет речей (IoT), автоматизовані системи, віртуальна реальність (VR) та хмарні ігри. Однією з головних переваг 5G є те, що більше пристроїв можуть бути підключені до однієї базової станції, що дозволяє мережі IoT рости і ставати більш доступний для користувачів. Очікується, що 5G буде набагато швидшим, ніж 4G, матиме більшу ємність і мінімальну затримку мережі. Нові технології та додатки, включаючи ті, що використовують доповнену реальність, віртуальну реальність, Інтернет речей, безпілотні автомобілі та багато іншого, стане можливим в результаті. Надзвичайно низька затримка мережі є одним з основних принципів 5G, що має вирішальне значення для додатків, які вимагають реакції в режимі реального часу. Наприклад, водії автономних транспортних засобів повинні швидко реагувати на накази та сигнали, щоб безпечно поводитися зі своїми транспортними засобами. З точки зору безпеки, очікується, що технології 5G забезпечать більший захист, ніж 4G від кібератак. Вони включатимуть нові методи аутентифікації та шифрування, які зменшать ймовірність прогалин у безпеці [6].

З точки зору 5G, це наступний етап еволюції мереж мобільного зв'язку і пропонує значні досягнення в порівнянні з 4G. Значно вищі швидкості передачі даних, більша пропускна здатність мережі, менша затримка мережі, краща

енергоефективність та інші вдосконалення пропонує 5G. Той факт, що 5G має швидкість передачі даних, яка помітно вища, ніж 4G, є однією з його ключових переваг. Завдяки 5G відео високої чіткості та інші значні обсяги даних можна швидко надсилати зі швидкістю 1 Гбіт/с і вище. Крім того, 5G збільшує пропускну здатність мережі, дозволяючи підключати додаткові пристрої до мережі без шкоди для швидкості або якості з'єднання. Зменшення затримки мережі є ще однією важливою перевагою 5G. Час, необхідний для проходження сигналу від пристрою до мережі та назад, відомий як затримка або час Це потрібно для передачі даних. Для численних програм, включаючи відеоконференції, потокове відео та Інтернет речей, таких як 5G, менша затримка дозволяє коротший час очікування відповіді. Крім того, 5G є більш енергоефективною технологією, яка приносить користь мобільним пристроям з акумуляторами, оскільки використовує менше енергії для передачі даних. Якщо порівнювати з мережею 4G, то мережа 5G надає ряд істотних переваг. По-перше, мережа 5G має значно вищі швидкості передачі даних, ніж мережа 4G, що дозволяє завантажувати та відтворювати фільми, займатися онлайн-іграми, і набагато швидше. У ситуаціях, коли є багато підключених пристроїв, 5G пропонує більш надійне та надійне з'єднання з Інтернетом [7].

Крім того, порівняно з 4G, мережа 5G може обробляти більше даних за одиницю часу завдяки збільшеній пропускній здатності. Це дає можливість більшій кількості пристроїв підключатися до мережі та швидко отримувати доступ до Інтернету. Крім того, 5G використовує більш складні інструменти управління мережею, такі як віртуалізація та хмарні сервіси, надаючи мережевим операторам більш ефективний контроль трафіку та забезпечення якості обслуговування. Зменшення затримки або «відставання» мережі 5G є ще однією важливою особливістю. Час, необхідний для передачі сигналу від пристрою до мережі і назад, визначає затримку мережі. Мережа реагує на дії користувачів і пристроїв швидше, чим менша затримка. Через надзвичайно низьку затримку мережі 5G автономні транспортні засоби, дрони та інше автоматизоване обладнання можуть контролюватися більш точно. Однак є ряд проблем 5G, які не менш важливо відзначити. Час, необхідний для передачі сигналу від пристрою до мережі і назад,

визначає затримку мережі. Мережа реагує на дії користувачів і пристроїв швидше, чим менша затримка. Через надзвичайно низьку затримку мережі 5G автономні транспортні засоби, дрони та інше автоматизоване обладнання можуть контролюватися більш точно. Однак є ряд проблем 5G, які не менш важливо відзначити. По-перше, оскільки мережі 5G працюють на більш високих частотах, які пропонують більшу швидкість передачі даних, але обмежують зону покриття і проникнення сигналу через перешкоди, їх розгортання може необхідність додаткової інфраструктури. Крім того, розгортання 5G може бути дорожчим, ніж 4G. Питання безпеки є другим питанням. Оскільки 5G дозволяє одночасно підключати велику кількість пристроїв, ризик злому та кібератак на мережу зростає. Тому важливо підвищити безпеку мережі і підключених до неї пристроїв. В цілому, 5G - це технологія майбутнього, яка дозволить забезпечити швидку передачу даних і низьку затримку для великої кількості пристроїв. Однак він також вимагає додаткової інфраструктури, може бути дорожчим у розгортанні та вимагає підвищеної безпеки.

Будь-яка система, яка надсилає, отримує та обробляє дані на відстані, називається телекомунікаційною системою. Для забезпечення цієї діяльності використовуються різноманітні технології та апарати, включаючи дротові та бездротові канали зв'язку, такі як радіо, телефон, супутникові системи, Інтернет та багато іншого. ТЗ є важливою галуззю технології з декількома способами використання в сучасному житті, включаючи мережі, безпеку, транспорт, охорону здоров'я, енергетику та багато інших області. ТК через бездротовий зв'язок, зокрема Дані можуть передаватися на великі відстані через бездротові телекомунікаційні мережі без необхідності фізичного контакту. Ці системи можуть використовуватися для транспортування даних по мережі з двох точок або багатьох точок. Зазвичай бездротові телекомунікаційні системи використовують радіохвилі для передачі сигналів.

Безпроводові мережі. Пристрої можуть вільно блукати та залишатися підключеними до мережі під час використання безпроводової мережі. Пристрій може розташовуватися далеко від маршрутизатора і при цьому бути підключеним

до мережі, оскільки точки доступу підсилюють сигнали Wi-Fi. Ви підключаєтеся до безпроводової мережі цієї компанії, коли користуєтеся точкою доступу Wi-Fi у кафе, готелі, залі очікування аеропорту або в іншому громадському місці [8].

Пристрої, включаючи ноутбуки та настільні комп'ютери, підключаються до Інтернету або іншої мережі за допомогою кабелів у дротовій мережі. У порівнянні з бездротовою мережею, проводова мережа має кілька недоліків. Те, що ваш гаджет підключений до роутера - його головний недолік. Більшість проводових мереж використовують кабелі, підключені до комп'ютера або іншого пристрою на одному кінці та порт Ethernet на мережному маршрутизаторі на інше.

Проводові мережі колись вважалися швидшими та безпечнішими, ніж безпроводові. Проте розриви в швидкості та безпеці між проводовими та безпроводовими мережами зменшилися внаслідок постійного вдосконалення технології безпроводових мереж, таких як Стандарт мережі Wi-Fi 6.

Бездротова мережа - це мережа передачі даних, яка з'єднує пристрої з мережею за допомогою радіохвиль, а не проводів. Безпроводові мережі можуть бути регіональними (MAN), глобальними (LAN) або локальними (LAN) (WAN). Існує ряд стандартів для бездротових мереж, серед яких Wi-Fi (стандарт 802.11), Bluetooth (стандарт 802.15), ZigBee (стандарт 802.15.4) та інші. Ці стандарти визначають кілька характеристик передачі даних, включаючи максимальну відстань передачі, діапазон частот і швидкість передачі даних.

Компанії можуть скористатися багатьма перевагами бездротової мережі Cisco, зокрема:

Зручність: використовуйте будь-яку точку доступу Wi-Fi або місце в зоні дії вашої бездротової мережі для доступу до мережевих ресурсів.

Мобільність: На відміну від дротового підключення, ви не обмежені робочою станцією. Наприклад, під час зустрічей у конференц-залах ви та ваші співробітники можете увійти онлайн.

Продуктивність: Ваші працівники можуть працювати ефективніше та ефективніше за допомогою бездротового доступу до Інтернету, критично важливих програм і ресурсів, що використовуються вашим бізнесом.

Просте налаштування: Оскільки дроти не потрібно нанизувати, монтаж може бути недорогим і швидким.

Розширюваність: Хоча дротова мережа потребує більшої кількості кабелю, бездротові мережі можна легко розширити за допомогою сучасного обладнання.

Безпека: удосконалення бездротової мережі забезпечують надійний захист безпеки.

Зниження вартості: Запуск бездротових мереж може бути дешевшим, ніж проводових, оскільки вони зменшують або усувають потребу в проводці.

Розгортання безпроводових мереж. Під час створення безпроводової мережі можна вибрати три варіанти розгортання: централізоване розгортання, конвергентне розгортання та хмарне розгортання [9].

1. Централізоване розгортання

Централізоване розгортання, найбільш типовий вид бездротової мережевої системи, як правило, використовується в кампусах, коли мережі та будівлі розташовані поруч один з одним. Безпроводова мережа об'єднується протягом усього цього налаштування, що забезпечує покращені можливості бездротового зв'язку та спрощує оновлення. Контролери розташовані в одній основній зоні і мають базу на місці.

2. Конвергентне розгортання

Конвергентні установки забезпечують однаковість бездротових і дротових з'єднань для невеликих кампусів або філій. У цій конфігурації дротові та бездротові пристрої об'єднані на одному мережевому пристрої — комутаторі доступу, який служить одночасно комутатором і бездротовим контролером.

3. Хмарне розгортання

Для управління мережевим обладнанням, встановленим локально в декількох місцях, це рішення використовує хмару. Хмарні керовані пристрої Cisco Meraki необхідні для рішення, оскільки вони забезпечують повну видимість мережі через свої інформаційні панелі.

п'яте покоління мобільних мереж, або 5G. Після мереж 1G, 2G, 3G та 4G це новий міжнародний стандарт бездротового зв'язку. Для того, щоб зв'язати майже

всіх і все разом, включаючи машини, об'єкти та гаджети, 5G дозволяє створити новий тип мережі.

Мета бездротової технології 5G - надати більшій кількості користувачів швидшу пікову швидкість передачі даних зі швидкістю кілька Гбіт/с, надзвичайно низьку затримку, підвищену надійність, величезну пропускну здатність мережі та більш послідовний користувальницький досвід. Новий користувальницький досвід забезпечується підвищенням продуктивності та ефективності, що також пов'язує нові галузі.

Завдяки групі стандартизації 3GPP технологія 5G була розроблена у співпраці з широким колом підприємств та організацій у всьому світі.

Оскільки 5G є універсальним і відкритим стандартом, кожен може прочитати про те, як він працює і які критерії. Незалежно від того, де ви знаходитесь на земній кулі або який би точний гаджет ви не використовували, мережі та пристрої зможуть спілкуватися один з одним завдяки всесвітня стандартизація 5G.

У чому відмінності попередніх поколінь мобільних мереж від 5G?

Попередні покоління мобільних мереж - 1G, 2G, 3G і 4G.

Перше покоління - 1G

1980-ті: 1G поставляв аналоговий голос.

Друге покоління - 2G

Початок 1990-х: 2G представила цифровий голосовий зв'язок (наприклад, CDMA-Code Division Multiple Access).

Третє покоління - 3G

Початок 2000-х: 3G приніс мобільні дані (наприклад, CDMA2000).

Четверте покоління - 4G LTE

2010-ті: 4G LTE відкрив еру мобільного широкосмугового зв'язку.

1G, 2G, 3G і 4G призвели до появи 5G, який призначений для забезпечення більшої можливості підключення, ніж будь-коли раніше.

Більш ефективним і уніфікованим повітряним інтерфейсом є 5G. Він був побудований з більшою потужністю для підтримки нових моделей розгортання,

розширення можливостей користувацького досвіду наступного покоління та пропонування нових послуг.

Мобільна екосистема буде розширена в нових областях завдяки високій швидкості 5G, відмінній надійності та невеликій затримці. 5G вплине на кожен бізнес, що зробить такі речі, як безпечніший транспорт, віддалене медичне обслуговування, точне землеробство, цифрова логістика тощо.

З моменту створення 3GPP Ericsson був активним учасником і зробив значний внесок у розвиток 5G, особливо в області ультрабережливого радіодизайну, безпеки а також конфіденційність абонентів, розділення мережі та енергоефективність.

Нова цифрова технологія під назвою 5G використовує повітря для зміни байтів або одиниць даних. Він використовує інтерфейс 5G New Radio та інші передові технології для передачі експоненціально більше даних по радіо на набагато вищих радіочастотах (28 ГГц на відміну від 700 МГц до 2500 МГц для 4G) для більш високої швидкості, менших перевантажень і меншої затримки - часу, необхідного для початку передачі даних після інструкції.

За допомогою цього нового інтерфейсу більше пристроїв можуть бути використані в тій же області завдяки спектру міліметрових хвиль; У той час як 4G може обробляти близько 4000 пристроїв на квадратний кілометр, 5G підтримуватиме понад мільйон. Це означає більшу потокову передачу Netflix, безперервні голосові розмови та безперебійну передачу You Tube через обмежений повітряний простір.

Massive MIMO, що означає кілька вхідних даних і є ще однією новою цифровою технологією, що використовується в 5G, використовує кілька сфокусованих променів для відстеження та виділення клієнтів протягом усього періоду клітинний сайт, що покращує покриття, швидкість і ємність. Сучасні мережеві технології освітлюють простір, як прожектори, однак є багато відходів сигналу / світла. Масивні MIMO і 5G New Radio додаються до всіх базових станцій мобільних мереж на додаток до поточної інфраструктури 4G в рамках розгортання 5G.

Мережі 4G/5G. У порівнянні з мобільними мережами третього покоління, 4G дозволяє телефонію в дорозі та раніше непрактичну потокову передачу HD-відео, що призводить до широкого використання прямого телебачення під час повсякденних поїздок на роботу. Але більша кількість потокового відео зробила мережу більш перевантаженою [10].

За словами Кріса Міллса з Tutela, керівника галузевого аналізу, «4G досягає технологічних меж того, скільки даних він може швидко передавати через блоки спектру». Усунення цих заторів є ключовою відмінністю між 5G і 4G. Це унеможливить доступ до веб-браузера і призведе до втрати п'яти смуг мережевого сигналу в годину пік.

Однак цілком можливо, що здатність 5G служити масивною точкою входу в пов'язаний світ IoT виділить його з 4G. Подальші втілення мережі 5G включити

Однак здатність 5G служити масивною точкою входу для світу, підключеного до Інтернету речей, ймовірно, виділить його від 4G. Очікується, що для бізнесу, керованого даними, розумних міст та управління інфраструктурою пізніші версії мереж 5G стануть революційними, оскільки вони зроблять це можливим мати велику кількість пристроїв, які працюють безпечно, надійно та безперебійно в одному просторі.

Загалом, 5G має різні переваги перед 4G, включаючи вищу швидкість, меншу затримку, ємність для більшої кількості підключених пристроїв, менше перешкод та покращену ефективність завдяки нові технології, спектр і частоти, які він використовує.

Протоколи мобільних мереж для передачі даних включають 4G і 5G. Четверте покоління мобільних мереж, часто відоме як LTE або «довгострокова еволюція», зайняло місце стандарту 3G. Крім підтримки потокового відео і високоякісних відеорозмов, 4G забезпечує більш високу швидкість передачі даних, ніж 3G. П'яте покоління мобільних мереж, або 5G, забезпечує більше підключень пристроїв до мережі та швидшу передачу даних. Швидкість передачі даних, зокрема, в 10-20 разів вища з 5G порівняно з 4G.

Крім того, 5G забезпечує зменшення затримки мережі, дозволяючи підключати пристрої, що вимагають майже негайного часу реакції, такі як системи безпеки, дрони та інші прилади. Wi-Fi, Bluetooth, NFC та інші бездротові технології підтримуються як 4G, так і 5G, але останні два швидші та надійніші, ніж їх попередники. У той час як 5G пропонує швидкість до 20 Гбіт/с, 4G пропонує до 100 Мбіт/с. Це вказує на те, що деякі пристрої можуть швидко завантажувати файли за допомогою 5G. Більш ефективне використання ресурсів і зниження виробничих витрат також стали можливими завдяки появі 5G, що також відкриває новий потенціал для зростання виробничої та промислової автоматизації. Крім того, 5G забезпечує зменшення затримки мережі, дозволяючи підключати пристрої, що вимагають майже негайного часу реакції, наприклад, безпека системи, дрони та інші пристрої. Wi-Fi, Bluetooth, NFC та інші бездротові технології підтримуються як 4G, так і 5G, але останні два швидші та надійніші, ніж їх попередники. У той час як 5G пропонує швидкість до 20 Гбіт/с, 4G пропонує до 100 Мбіт/с. Це вказує на те, що деякі пристрої можуть швидко завантажувати файли за допомогою 5G. Більш ефективне використання ресурсів і зниження виробничих витрат також стали можливими завдяки появі 5G, що також відкриває новий потенціал для зростання виробництва і промислової автоматизації. Користувачі можуть отримати доступ до Інтернету через різні гаджети, включаючи телефони, планшети, ноутбуки та інші пристрої, завдяки технологіям 4G та 5G. Це стало можливим завдяки стандарту SIM-карти, який дозволяє зберігати інформацію про користувача та підписку. Бездротові технології, такі як Wi-Fi і Bluetooth, дозволяють бездротове підключення різних пристроїв і передачу даних. Вивчення телекомунікацій має вирішальне значення для людей, які хочуть працювати в цій галузі у світі, де швидкість та якість зв'язку є життєво важливими міркуваннями. Створення та застосування технології 5G є одним із фокусів вивчення телекомунікацій. Існує попит на більш ефективні системи передачі даних у зв'язку зі зростанням обсягу даних, що передаються по телекомунікаційних мережах. Однією з найсучасніших технологій у цій сфері є 5G. Великі обсяги даних можуть надсилатися зі швидкістю до 20 Гбіт/с, що набагато швидше, ніж 4G.

Зростання можливостей бездротових технологій стало можливим завдяки підвищенню стабільності та надійності зв'язку 5G. Відкриваються все більше перспектив їх застосування в самих різних галузях, включаючи медичну, автомобільну промисловість, транспорт, сільське господарство та інші у міру розвитку технологій бездротових мереж. Бездротові мережі, наприклад, можуть використовуватися для збору даних з медичного обладнання та відправки їх на сервер для додаткового аналізу. Сільськогосподарська, транспортна та автомобільна промисловість можуть бути автоматизовані та контролюватися через бездротові мережі. Конкурувати на ринку праці та мати шанс створювати нові технології, що задовольняють очікування ринку, знаючи телекомунікації та бездротові мережі Технології мають вирішальне значення. Університети та інші навчальні заклади пропонують цілий ряд навчальних програм, які дозволяють студентам дізнатися про сучасні технології та останні досягнення, розробляти програмно-технічні засоби для роботи з мережами, осягати основи телекомунікацій та бездротових мереж.

Фактори, що впливають на надійність 5G, та шляхи їх вирішення.

1. Висока частота та короткий діапазон зв'язку:

Однією з головних особливостей 5G є використання високочастотних діапазонів, що дозволяє досягнути високої швидкості передачі даних. Проте висока частота обмежує дальність сигналу та проникнення через перешкоди. Це може впливати на надійність зв'язку, зокрема у великих містах та населених районах. Для розв'язання цієї проблеми необхідно впровадити більше базових станцій та розгорнути мережі мікро- та піко-клітин.

2. Висока обчислювальна потужність:

5G вимагає значної обчислювальної потужності для обробки великої кількості даних та виправлення помилок. Це означає, що оператори та постачальники послуг повинні мати сучасні сервери та інфраструктуру, що може обробляти великий обсяг інформації. Регулярне оновлення обладнання та програмного забезпечення стає необхідним для забезпечення надійності.

3. Кібербезпека:

З ростом кількості підключених пристроїв та обсягу обміну даними в 5G, зростає і ризик кібератак та порушення конфіденційності. Забезпечення надійності включає в себе захист мережі від кіберзагроз, шифрування даних, та розробку стратегій відновлення в разі інциденту.

4. Стандарти та регуляція:

Стандартизація та регулювання важливі для забезпечення сумісності та надійності 5G. Вони визначають технічні параметри, правила співіснування з іншими мережами, та вимоги до якості обслуговування. Забезпечення дотримання стандартів та регулювання сприяє надійності та стабільності мережі.

5. Резервне забезпечення:

Забезпечення надійності включає також наявність резервних механізмів. У випадку відмови одного елементу мережі, інші мають бути готові автоматично взяти на себе навантаження. Такі резервні механізми дозволяють уникнути перерв у наданні послуг та покращують надійність.

Особливості 5G-мереж. Спектр - це набір електромагнітних радіочастот, якими кожен оператор володіє та використовує для трансляції аудіо, даних та відео по всій країні. Вся пропускна здатність мережі, яка впливає на те, як швидко вони можуть транспортувати дані, створюється шляхом додавання цього спектра [1].

За словами Міллса, велика зміна з 5G полягає в тому, що оператор в кінцевому підсумку отримає доступ до спектру близько 1000 МГц для всіх своїх клієнтів у Великобританії. «Сьогодні оператор може мати 100 МГц загального спектру, щоб використовувати його для всіх своїх споживачів у Великобританії», — говорить він.

Це також значно зменшить затримку системи, дозволяючи здійснювати потік даних у режимі реального часу.

За словами Матса Норіна, керівника програми 5G For Industries, Ericsson Research, затримка 5G досягне набагато менше 10 мілісекунд, а в кращому випадку - менше 1 мілісекундні затримки. Для порівняння, затримка 4G часто становить від 20 до 30 мілісекунд (табл. 1.1).

Однак він додає: «Для промисловості – наприклад, для важкої техніки з дистанційним управлінням на далекі відстані – це матиме вирішальне значення. Для споживачів це не так важливо, але змусить речі відчувати себе швидше.

Таблиця 1.1.

Порівняльна таблиця поколінь мобільного зв'язку

	3G	4G	5G
Розгортання	2004-2005	2006-2010	2022 рік
Пропускна здатність	2 Мбіт/с	200 Мбіт/с	>1 Гбіт/с
Затримка	100-500 мс	20-30 мс	<10 мс
Середня швидкість	144 кбіт/с	25 Мбіт/с	200-400 Мбіт/с

Vodafone стверджує, що 5G запропонує швидкість пристрою, яка приблизно в десять разів вище, ніж у 4G. Це означає, що відеодзвінки 4K, які є нормою для комерційного цифрового кіно, будуть завантажуватися ще швидше на смартфони і планшети. Менше 20 мілісекунд передачі даних буде нормою.

Однак Міллс попереджає, що більшість наданої інформації про швидкість 5G є хайпом, особливо для споживачів.

«Пряма трансляція або завантаження HD-відео дуже досяжні за допомогою мережі 4G», – стверджує він. «Швидкість гігабайт корисна для кількох програм, таких як пряма трансляція гарнітури 8k VR через мережу 5G. Однак для звичайного користувача немає великої потреби в такій швидкості на мобільному пристрої».

Орендарі, які не обов'язково хочуть, щоб контракти були пов'язані з нерухомістю, отримають вигоду від використання маршрутизатора 5G Wi-Fi замість того, щоб платити за підключення вдома, додає він. Випробування в США вже фінансуються компаніями Verizon і AT&T.

Нарізка мережі, яка розділяє мережу для адаптації швидкості, ємності, покриття, шифрування та безпеки, може бути корисною у багатьох із цих випадків використання і є набагато простіше реалізувати з 5G.

За словами Дрітана Калеші, керівника відділу технологій 5G в Digital Catapult, «Slicing пропонує виробникам та іншим особам виділену мережу, за допомогою якої вони можуть повністю контролювати і підтримувати їхні рішення IoT для надійного зв'язку з гарантованою якістю обслуговування та хмарними або периферійними обчисленнями».

Це може запропонувати додатковий рівень безпеки, ніж Wi-Fi, який ділиться спектром з іншими і, таким чином, більш сприйнятливий до перешкод, і 4G вважають це складнішим робити, не можна.

За словами Міллса, «нарізка може дозволити це для 5G досить легко», якщо корпорація має надзвичайно конфіденційні дані, які повинні бути доставлені через принципово окремі частини мережах для захисту конфіденційності.

Забезпечення надійності 5G є важливою задачею, що стоїть перед індустрією мобільних комунікацій. Зростаюча кількість підключених пристроїв, великий обсяг даних та нові технічні особливості вимагають інноваційних підходів та постійного вдосконалення. Забезпечення надійності 5G є не тільки технічним завданням, але й вимагає співпраці між операторами, постачальниками послуг та регуляторами для створення надійної, ефективної та безпечної мережі, яка відповідає сучасним вимогам споживачів та підтримує розвиток інтернет-зв'язку, розширення Інтернету речей та інші інновації у світі бездротового зв'язку. Забезпечення надійності 5G відкриває нові можливості для розвитку індустрії, підвищення продуктивності та забезпечення зручності для користувачів, і ця задача стає ключовою для майбутнього мобільних комунікацій.

2 МЕТОДИ ПІДТРИМАННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

2.1 Методи підтримання надійності телекомунікаційних систем

2.1.1 Основні визначення надійності у телекомунікаційних системах

Надійність у телекомунікаційних системах відіграє критичну роль, оскільки вона безпосередньо впливає на якість та неперервність послуг, що надаються. Це визначає здатність системи працювати без збоїв протягом визначеного періоду часу під конкретними умовами [12].

Ненадійність може призвести до перерв у роботі, втрати даних, зниження продуктивності та незадоволеності користувачів. Це може вплинути на ділову репутацію компанії та призвести до фінансових втрат.

В той же час, висока надійність гарантує стабільну роботу телекомунікаційних систем, забезпечує високу якість обслуговування користувачів і є критичною для бізнесу, що залежить від неперервної доступності та передачі інформації.

Надійність телекомунікаційних систем є критично важливою, оскільки вони є основою для розміщення та обміну інформацією. Декілька методів, які використовуються для підтримки надійності телекомунікаційних систем, включають:

1. Резервне копіювання та відновлення: Цей метод включає регулярне створення резервних копій критичних даних та систем, щоб вони могли бути відновлені в разі відмови.

2. Редундантність (зайвість): Це включає встановлення додаткового обладнання або систем, які можуть виконати роль основних у випадку їхньої відмови.

3. Аварійне перемикання: У випадку відмови одного з компонентів система автоматично перемикається на резервний компонент без перерви роботи.

4. Моніторинг та обслуговування: Регулярний моніторинг стану системи допомагає виявляти та вирішувати проблеми, перш ніж вони призведуть до відмови.

5. Стандарти безпеки: Дотримання визначених стандартів безпеки може допомогти уникнути відмов, пов'язаних з кібератаками або втратою даних.

6. Тестування: Регулярне тестування системи може допомогти виявити слабкі місця та відмови, що дозволить провести корекцію до виникнення реальних проблем.

7. Фахівці з обслуговування: Освічені та досвідчені технічні спеціалісти є важливим активом для забезпечення надійності телекомунікаційних систем.

Надійність є однією з найважливіших характеристик телекомунікаційних систем. Вона визначає, наскільки вірогідно система буде працювати без відмов та забезпечувати необхідну якість обслуговування для користувачів. У телекомунікаційних системах надійність грає критичну роль, оскільки будь-яка відмова може призвести до перерви у зв'язку або недоступності послуги, що може призвести до серйозних наслідків.

Надійність визначається на основі різних параметрів та критеріїв, які включають такі параметри:

Доступність (Availability): Цей параметр вказує на час, протягом якого система є готовою до роботи без відмови. Вона вимірюється у відсотках і вказує на те, як часто система доступна для користувачів. Висока доступність означає, що система майже завжди доступна для користувачів.

Надійність (Reliability): Надійність визначається як здатність системи працювати без відмови протягом певного періоду часу. Вона вимірюється у відсотках і вказує на те, як довго система може функціонувати без збоїв. Висока надійність означає, що система має низький ризик відмови.

Тривалість обслуговування (Mean Time Between Failures, MTBF): Це середній час між відмовами системи. Вище значення MTBF свідчить про більшу надійність системи.

Тривалість відновлення (Mean Time To Repair, MTTR): Цей показник вказує на середній час, який потрібно для відновлення системи після відмови. Менше значення MTTR означає, що система може бути швидше відновлена після відмови.

Стійкість до помилок (Fault Tolerance): Це здатність системи продовжувати працювати, навіть коли виникають помилки або відмови в окремих її компонентах. Стійкість до помилок може бути забезпечена за допомогою резервних копій компонентів або механізмами автоматичного відновлення.

Визначення надійності у телекомунікаційних системах є складним завданням, оскільки воно включає в себе багато факторів і аспектів. Для забезпечення надійності системи, необхідно виконувати регулярну підтримку та моніторинг стану обладнання, розробляти стратегії відновлення та резервного забезпечення, а також дотримуватися стандартів та регуляцій, що встановлені в галузі телекомунікацій. Надійність є важливою складовою якості обслуговування для користувачів і визначає успіх та конкурентоспроможність телекомунікаційних систем у сучасному світі.

Поширені причини збоїв телекомунікаційних систем [13]**:**

1. Апаратні збої: Апаратні збої в телекомунікаційних системах часто відбуваються через фізичні пошкодження обладнання, відмову компонентів, а також неправильне обслуговування. Однією з основних причин збоїв є несправність або відмова обладнання, такого як сервери, маршрутизатори, комутатори та інші пристрої. Помилки в апаратурі, включаючи випадки короткого замикання, перегріву, а також дефекти апаратного забезпечення, можуть призвести до втрати зв'язку.

2. Програмні збої: Програмні збої можуть виникнути через помилки в коді, несумісність програмного забезпечення, віруси або шкідливе ПЗ. Такі збої можуть призвести до перерв у роботі, втрати даних або, у найгіршому випадку, до повного зупинення системи.

3. Відключення електроенергії: Відключення електроенергії - це ще одна поширена причина збоїв телекомунікаційних систем. Відсутність стабільного джерела живлення може призвести до незапланованих перерв роботи, які можуть

вплинути на продуктивність і надійність системи. Це також може призвести до втрати даних, якщо система не має адекватних механізмів резервного копіювання та відновлення.

4. Пошкодження кабелів та інфраструктури:

Пошкодження кабелів та інших телекомунікаційних інфраструктурних об'єктів, таких як антени, волоконно-оптичні лінії, може призвести до втрати зв'язку. Причинами таких пошкоджень можуть бути природні катастрофи, будівельні роботи, вандалізм, а також виробничі помилки.

5. Кібератаки та злами:

Кібератаки стають все більш поширеними причинами збоїв у телекомунікаційних системах. Зловмисники можуть намагатися вторгнутися в систему, використовуючи вразливості програмного забезпечення, або завдати шкоди за допомогою вірусів, троянців та інших видів шкідливих програм.

6. Перевищення мережевого трафіку:

Надмірне навантаження на мережу, яке може виникнути через несподівано велику кількість користувачів або деякі події, такі як вірусні атаки або масштабні події, може призвести до збоїв та втрати доступу до мережі.

Для запобігання збоям та забезпечення надійності телекомунікаційних систем необхідно впроваджувати стратегії резервного забезпечення, забезпечувати регулярний моніторинг та обслуговування обладнання, вдосконалювати програмне забезпечення, забезпечувати захист від кібератак та дотримуватися найкращих практик з управління ризиками. При правильному підході збої можуть бути мінімізовані, і телекомунікаційні системи можуть надавати надійний та стабільний зв'язок для користувачів.

2.1.2 Методи підтримання надійності телекомунікаційних систем

1. Резервування в телекомунікаційних системах використовується для підтримки неперервності роботи та забезпечення надійності. Це процес створення

дублюючих або резервних компонентів системи, які можуть взяти на себе роль основних у випадку їх збою або відмови [14].

Резервування в телекомунікаційних системах використовується для підтримки неперервності роботи та забезпечення надійності. Це процес створення дублюючих або резервних компонентів системи, які можуть взяти на себе роль основних у випадку їх збою або відмови.

Основні види резервування включають:

- Гаряче резервування: Резервна система працює паралельно з основною системою і готова взяти на себе обробку даних без затримки у випадку відмови основної системи.

- Тепле резервування: Резервна система працює з певною затримкою від основної системи і може бути запущена в роботу з невеликою затримкою.

- Холодне резервування: Резервна система запускається в роботу лише у випадку відмови основної системи. Це може потребувати значного часу на запуск.

Ці методи резервування допомагають зменшити ризик перерв у роботі телекомунікаційної системи і забезпечити неперервність обслуговування для користувачів.

2. Моніторинг та обслуговування телекомунікаційних систем - це важливі компоненти їх ефективного функціонування. До основних методів можна віднести [15]:

- Моніторинг в реальному часі: Використовуються спеціалізовані програмні рішення для відстеження роботи системи в реальному часі. Вони включають перевірку статусу апаратних компонентів, пропускної спроможності, якості зв'язку, часу відгуку, трафіку мережі та інших критичних параметрів.

- Проактивне обслуговування: Методи прогнозування потенційних проблем перед їх виникненням, наприклад, використовуючи інструменти аналітики даних і штучного інтелекту для аналізу шаблонів та тенденцій.

- Резервне копіювання та відновлення: Регулярне створення резервних копій важливих даних та конфігурацій для швидкого відновлення системи в разі відмов.

- Оновлення та патчі: Систематичне встановлення оновлень та патчів для забезпечення безпеки та оптимізації продуктивності.

- Аудит безпеки: Перевірка системи на вразливості, а також впровадження політик безпеки та заходів з контролю доступу для захисту від зовнішніх та внутрішніх загроз.

- Обслуговування апаратного забезпечення: Регулярна перевірка та обслуговування апаратного забезпечення для попередження механічних та електронних збоїв.

- Аналіз профілю трафіку: Використовується для планування мережевого ресурсу та прогнозування потреб в майбутньому.

Всі ці методи важливі для підтримки надійності, стабільності та продуктивності телекомунікаційних систем. Через це вони допомагають запобігти простоям, зменшити час відновлення після збоїв та забезпечити високий рівень задоволеності користувачів.

3. Планування аварійного відновлення (Disaster Recovery Planning, DRP) в телекомунікаційних системах включає в себе процес розробки процедур і заходів, що мають бути виконані в разі катастрофи або серйозного збою у системі [16].

Цей процес зазвичай включає в себе наступні етапи:

- Оцінка ризиків: Це включає в себе визначення потенційних причин збоїв, таких як природні катастрофи, технічні збої, кібератаки тощо.

- Аналіз впливу на бізнес: Цей етап полягає в оцінці потенційного впливу збоїв на роботу системи та бізнесу в цілому.

- Розробка стратегії відновлення: На цьому етапі розробляються процедури та плани дій, які мають бути виконані в разі збою для швидкого відновлення системи.

- Реалізація та тестування: Після розробки стратегії відновлення, вона реалізується, а потім тестується, щоб переконатися в її ефективності.

- Підтримка та оновлення плану: Це останній, але дуже важливий етап, який включає в себе регулярне оновлення та перегляд плану відновлення, щоб він відповідав змінам у бізнесі та технологіях.

Всі ці кроки є важливими для забезпечення того, що телекомунікаційна система може швидко відновитися після збою та продовжувати надавати необхідні послуги.

4. Заходи кібербезпеки. Кібербезпека є критично важливою для захисту телекомунікаційних систем, адже вона допомагає запобігти, виявити та відновити систему після кібератак.

Телекомунікаційні системи забезпечують необхідну інфраструктуру для передачі та обміну даними, включаючи голос, відео та текст, через різні медіа-канали. Ці системи можуть бути ціллю для кіберзлочинців, які намагаються перехопити, змінити або знищити ці дані.

Незахищені телекомунікаційні системи можуть стати вразливими для різних типів кібератак, таких як DDoS-атаки, шкідливе ПЗ, фішинг та ін. Крім того, порушення кібербезпеки можуть призвести до втрати конфіденційності, цілісності та доступності даних, що може призвести до серйозних наслідків, таких як фінансові втрати, порушення приватності, а також руйнування репутації.

Тому, впровадження ефективних заходів кібербезпеки, таких як шифрування даних, двофакторна аутентифікація, регулярні оновлення та патчі безпеки, здійснення моніторингу мережі та регулярні аудити безпеки, є життєво важливими для забезпечення безпеки телекомунікаційних систем.

5. QoS, або Quality of Service, це термін, що використовується для опису рівня ефективності, якості та задоволення користувача від телекомунікаційної системи або сервісу. Воно відноситься до здатності мережі забезпечувати кращий сервіс певним типам трафіку, шляхом визначення пріоритетів для різних видів даних [17].

QoS є критично важливим в телекомунікаційних системах, особливо в тих, що передають високої якості відео- та аудіодані, відеоконференції, VoIP (Voice over Internet Protocol) і інші види даних, що потребують високої пропускної спроможності та мінімальних затримок.

QoS допомагає в управлінні ресурсами мережі шляхом контролю пропускної спроможності, затримки, затримки відгуку, втрати пакетів і багато іншого. Це може

бути здійснено за допомогою різних методів, включаючи пріоритезацію, гарантування пропускної спроможності, контроль над завантаженням мережі, і т.д.

Відповідно, QoS є важливим аспектом в оцінці та управлінні телекомунікаційними системами, оскільки воно може значно вплинути на задоволення користувача та продуктивність системи.

Quality of Service (QoS) відіграє важливу роль у підтримці надійності телекомунікаційних систем. Його вплив можна розглянути з наступних точок зору:

1. Менеджмент пропускної спроможності: QoS дозволяє контролювати та оптимізувати використання пропускної спроможності мережі. Це означає, що критичні для бізнесу додатки та сервіси можуть бути відведені достатня пропускна спроможність, щоб запобігти втраті продуктивності.

2. Мінімізація затримок: QoS може бути використане для гарантії мінімальних затримок для чутливого до затримки трафіку, такого як VoIP або відеоконференції. Це забезпечує плавне і якісне обслуговування, що підвищує надійність системи.

3. Пріоритезація трафіку: З допомогою QoS, мережеві адміністратори можуть встановлювати пріоритети для різних видів трафіку. Це означає, що важливий трафік може бути оброблений першим, зменшуючи ризик втрати даних і підтримуючи високу надійність.

4. Попередження перевантаження мережі: Застосування QoS допомагає забезпечити, що мережа не буде перевантажена, що може призвести до збоїв у системі.

Таким чином, застосування QoS в телекомунікаційних системах не лише підвищує якість обслуговування для кінцевих користувачів, але й підтримує надійність системи, гарантуючи стабільність і продуктивність.

Всі ці методи важливі для підтримки надійності, стабільності та продуктивності телекомунікаційних систем. Через це вони допомагають запобігти простоям, зменшити час відновлення після збоїв та забезпечити високий рівень задоволеності користувачів.

2.2 Програмне забезпечення для підтримання надійності телекомунікаційних систем

Збільшення часу безвідмовної роботи, підтримання безпеки та мінімізація перебоїв у роботі послуг — особливо під час пікової пропускної здатності — все це є головними проблемами висококонкурентної телекомунікаційної галузі.

Професіонали телекомунікаційної галузі знають, що найкращий спосіб досягти своїх операційних цілей щодо надійності телекомунікаційних мереж — це належне застосування потужного програмного забезпечення для аналізу, подібного до того, яке пропонує Relyence. Програмні інструменти аналізу надійності Relyence створені відповідно до галузевих стандартів, виконують швидкі й точні обчислення та оснащені функціями, які роблять їх комплексними та високоефективними аналітичними інструментами.

Програмне забезпечення відіграє ключову роль у підтримці надійності телекомунікаційних систем, розглянемо процес:

1. Моніторинг та діагностика:

Однією з основних функцій програмного забезпечення є постійний моніторинг стану телекомунікаційних компонентів та мережі в цілому. Це дозволяє вчасно виявляти проблеми, а також передбачати можливі відмови на основі аналізу параметрів, таких як трафік, завантаження серверів і температура обладнання. Моніторинг також допомагає збирати дані для подальшої аналітики та вдосконалення системи.

2. Автоматичне виявлення та відновлення помилок:

Програмне забезпечення може бути налаштоване на автоматичне виявлення та відновлення помилок. Якщо система виявляє проблему, вона може намагатися автоматично виправити її або активувати процес відновлення. Це допомагає мінімізувати вплив відмов на якість обслуговування та забезпечує безперебійну роботу.

3. Резервне забезпечення:

Програмне забезпечення для підтримання надійності може включати в себе можливості резервного забезпечення. Це означає, що в разі відмови одного сервера або мережного з'єднання, програмне забезпечення може переключити трафік на резервні ресурси без помітного впливу на користувачів.

4. Аналіз даних та прогнозування:

Програмне забезпечення може використовувати аналітику даних для виявлення тенденцій та прогнозування можливих проблем. Це дозволяє операторам системи приймати заплановані заходи для підвищення надійності, такі як резервне забезпечення, заміна обладнання або розширення мережі.

5. Захист від кіберзагроз:

З урахуванням зростаючої кількості кіберзагроз, програмне забезпечення для підтримання надійності грає важливу роль у забезпеченні безпеки телекомунікаційних систем. Воно може включати в себе системи виявлення вторгнень, механізми шифрування та захист від вірусів.

6. Автоматизація та оптимізація:

Програмне забезпечення може автоматизувати багато рутинних операцій, що спрощує управління системою і зменшує ризик помилок, які можуть призвести до відмов.

Отже, програмне забезпечення для підтримання надійності телекомунікаційних систем є критичним компонентом, який допомагає забезпечити безперебійну роботу мереж та інфраструктури. Воно виконує широкий спектр функцій, від моніторингу та діагностики до автоматизації та захисту від кіберзагроз, що дозволяє системам телекомунікацій бути надійними та готовими відповідати вимогам сучасного світу з безперервного зв'язку та обміну даних.

Використання програмних засобів для аналізу надійності в телекомунікаційній галузі. У телекомунікаційній галузі здатність оцінити частоту відмов, напрацювання на відмову та доступність системи є критично важливою для професіоналів, які забезпечують високу надійність і час безвідмовної роботи системи. Ось чому програмне забезпечення для аналізу надійності Relyence є таким

цінним інструментом для сектору телекомунікацій – воно допомагає аналітикам надійності та якості мінімізувати ризики, максимізувати час безвідмовної роботи, досягти цілей надійності та приймати більш обґрунтовані рішення щодо проектування [18].

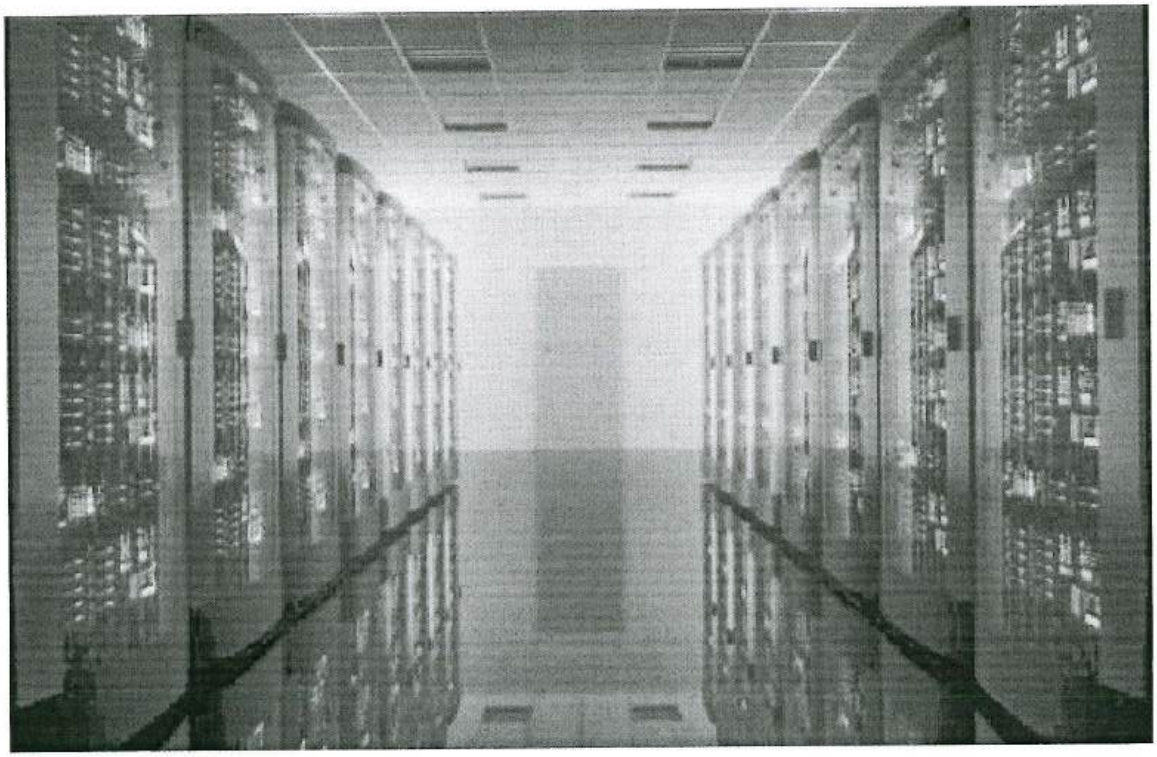


Рис. 2.1. Використання програмних засобів для аналізу надійності в телекомунікаційній галузі

Крім того, для інженерів з надійності та інших фахівців, відповідальних за проектування, виробництво та технічне обслуговування телекомунікаційних систем, Relyence полегшує аналіз за допомогою інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів користувача в поєднанні з потужними механізмами обчислень. Результатом є швидкі й точні розрахунки надійності та доступності, які дозволяють задовольнити найвибагливіші потреби сучасних телекомунікаційних мереж.

Інструменти аналізу надійності Relyence для телекомунікацій. Relyence Studio — це повністю інтегроване безшовне рішення інструментів, які ідеально підходять для суворого аналізу надійності телекомунікаційного обладнання (рис. 2.2). Якщо вам доручено керувати надійністю та якістю вашої телекомунікаційної

системи, наприклад, покращити продуктивність продукту, який є невід'ємною частиною системи побудови мережевого обладнання (NEBS), або розрахувати MTBF (середній час напрацювання на відмову) EMI продукту (електромагнітних перешкод) екранування – є рішення Relyence, готове підтримувати вашу роботу.

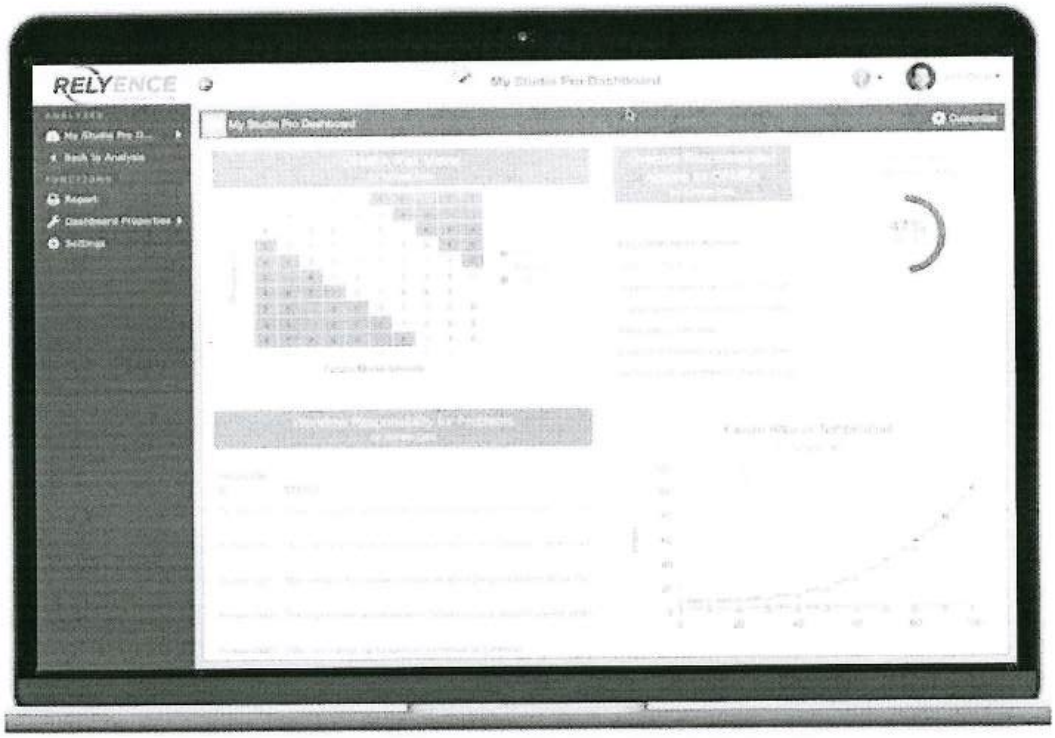


Рис. 2.2. Робоче вікно Relyence Studio

Найпопулярніші інструменти Relyence, які використовуються для оцінки надійності телекомунікаційних пристроїв, включають [18]:

Relyence Reliability Prediction: виконайте всі аналізи MTBF (середнє напрацювання між відмовами) обладнання, вузлів і компонентів. Relyence Reliability Prediction повністю підтримує всі аспекти стандарту Telcordia SR-332 Reliability Prediction, розробленого для телекомунікаційної галузі.

Relyence RBD: Relyence RBD (Reliability Block Diagram) дає змогу експертно моделювати ваші системи та обчислювати низку показників продуктивності, включаючи доступність, загальний час простою, очікувану кількість відмов та багато іншого. Relyence RBD підтримує моделювання складних систем, у тому числі тих, які включають резервування.

Relyence FMEA: Аналіз режимів і наслідків відмови (FMEA) служить однією з основ для аналізу надійності телекомунікаційних систем. З рішенням Relyence FMEA ваші формати FMEA процесів, FMEA дизайну та FMECA будуть доступними, настроюваними та підтримуватимуться шаблонами, які зручно попередньо налаштовані відповідно до галузевих стандартів (рис. 2.3).

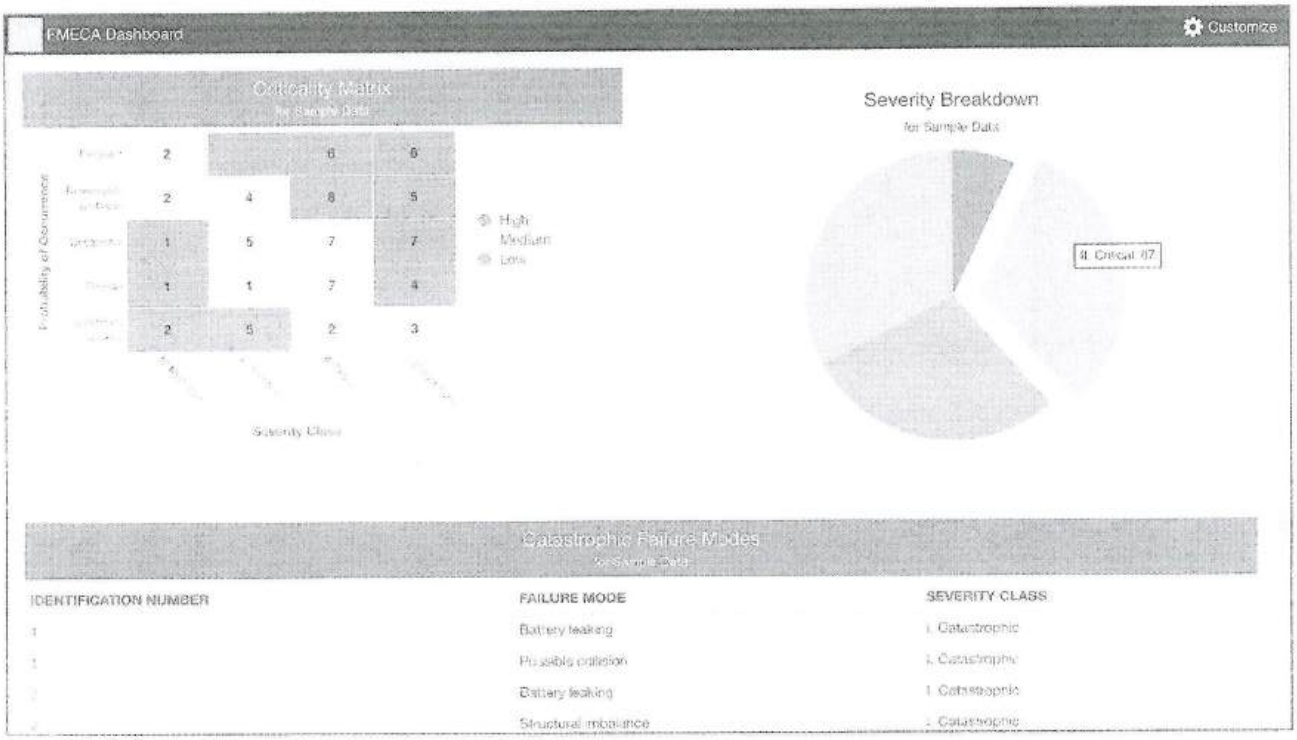


Рис. 2.3. Аналіз режимів і наслідків відмови

Relyence FRACAS/CAPA: Програмне забезпечення Relyence Failure Reporting, Analysis, and Corrective Action System (FRACAS) забезпечить вам найкращу продуктивність у своєму класі, незалежно від того, чи відстежуєте ви проблему відповідності, проблему безпеки чи певний тип помилки тесту. Гнучкість і комплексність програмного забезпечення Relyence FRACAS/CAPA (Коригувальна та превентивна дія) просто неперевершена.

Relyence Fault Tree: програмне забезпечення Relyence Fault Tree Analysis (FTA) дозволить вам точно й ефективно виконувати всі ваші точні оцінки ризиків. Базуючись на загальноприйнятих методах FTA, Relyence Fault Tree базується на

потужному математичному механізмі та підтримується нашою візуально привабливою діаграмою дерева несправностей.

Relyence Weibull: Weibull Analysis (також званий Life Data Analysis) є корисним і широко використовуваним інструментом у розробці надійності. Базуючись на вибірці даних про несправності, Relyence Weibull пропонує можливість прогнозувати тенденції та термін служби продукту. Використовуючи методи Weibull для ваших життєвих даних, Relyence Weibull надає розуміння ваших продуктів, використовуючи інформацію з місця.

Relyence ALT: Relyence Accelerated Life Testing (ALT) — це інструмент, до якого варто звернутися, якщо ви виконуєте будь-який тип прискорених тестів життя. Процедури прискореного тестування на термін служби дозволяють отримувати дані про продуктивність продукту під впливом різних типів навантажень, таких як температура або вологість. У той час як на першому етапі ALT виконуються стрес-тести та збираються дані, Relyence ALT забезпечує критично важливий другий крок: оцінює ці дані, щоб оцінити продуктивність продукту протягом усього терміну служби та гарантує, що ваш продукт може відповідати цілям щодо надійності протягом усього терміну служби.

Relyence Maintainability Prediction: якщо ваша робота вимагає від вас обчислення MTTR та інших життєво важливих показників, пов'язаних із діяльністю з технічного обслуговування, наше програмне забезпечення Maintainability Prediction для вас. Завдяки повній підтримці загальноприйнятого стандарту MIL-HDBK-472 ваша робота організована відповідно до вимог, точно та вчасно. Для ще більшої ефективності наше програмне забезпечення підтримується повною бібліотекою даних для розширення введення даних і обчислень.

Стандарти та вимоги до надійності телекомунікацій. Певні стандарти для телекомунікаційної галузі спрямовані на забезпечення надійної та сумісної роботи мережі, а також на загальну довіру споживачів. Кілька найважливіших стандартів для організацій телекомунікаційної галузі включають [18]:

Telcordia SR-332: Telcordia SR-332 випуск 4 є останньою версією стандарту, раніше відомого як стандарт Bellcore (Bell Communications Research) для

прогнозування надійності. Стандарт Telcordia включає в себе моделі для оцінки частоти відмов великої кількості електромеханічних пристроїв, включає методології коригування прогнозів відмов на основі результатів лабораторних випробувань і фактичних польових показників продуктивності, а також надає методики для розрахунку показників раннього виходу з експлуатації.

Документ SR-332 під назвою «Процедура прогнозування надійності електронного обладнання» описує методи та процедури прогнозування надійності електронного обладнання, що використовується в телекомунікаційних мережах.

Ключові моменти Telcordia SR-332:

• Прогнозування надійності: SR-332 забезпечує систематичний підхід до прогнозування надійності електронного обладнання з урахуванням різних факторів, таких як частота відмов компонентів, умови експлуатації та фактори навколишнього середовища. Він використовує математичні моделі та дані для оцінки очікуваної кількості відмов і простою обладнання.

• Компоненти та підсистеми: стандарт охоплює широкий спектр електронних компонентів і підсистем, які зазвичай зустрічаються в телекомунікаційному обладнанні, включаючи напівпровідники, роз'єми, джерела живлення тощо. Він пропонує конкретні моделі та дані для кожного типу компонента.

• Фактори навколишнього середовища: SR-332 враховує умови навколишнього середовища, які можуть впливати на надійність обладнання, наприклад температуру, вологість і висоту над рівнем моря. Він містить вказівки щодо того, як включити ці фактори в прогнози надійності.

• Аналіз видів і наслідків відмов (FMEA): Стандарт заохочує використання аналізу видів і наслідків відмов як частини процесу прогнозування надійності. FMEA допомагає визначити можливі режими відмови, їх причини та вплив на роботу обладнання.

• Джерела даних: SR-332 покладається на історичні дані про несправності та дані про надійність компонентів з різних джерел, включаючи польові дані, галузеві бази даних і специфікації виробників.

Оновлення та перегляди: Telcordia періодично оновлює та переглядає стандарт SR-332, щоб відобразити зміни в технології, даних про надійність компонентів і найкращих галузевих практиках.

Telcordia SR-332 широко відомий і використовується в телекомунікаційній галузі для оцінки та забезпечення надійності мережевого обладнання. Це допомагає операторам мереж і виробникам обладнання приймати обґрунтовані рішення щодо вибору обладнання, обслуговування та стратегії підвищення надійності. Інструкції та процедури стандарту є важливими для підтримки високих рівнів надійності та доступності, необхідних у телекомунікаційних мережах.

TIA-942: Асоціація телекомунікаційної промисловості (TIA - Telecommunications Industry Association) запровадила TIA-942 як стандарт телекомунікаційної інфраструктури для центрів обробки даних. Він визначає вимоги до центрів обробки даних, починаючи від підприємств з одним орендарем і закінчуючи мережевим хостингом з кількома клієнтами. Він також містить стандарти для структурованих кабелів і має на меті привести центри обробки даних до міжнародних стандартів.

TIA-942 — це стандарт, який містить вказівки та вимоги до проектування та впровадження центрів обробки даних. Він зосереджений на різних аспектах інфраструктури центру обробки даних для забезпечення надійності, доступності та продуктивності. TIA-942 широко визнаний і прийнятий у галузі центрів обробки даних для встановлення найкращих практик і спільних стандартів.

Ключові аспекти, охоплені стандартом TIA-942, включають:

• Топологія: TIA-942 визначає різні топології центрів обробки даних, такі як Tier 1, Tier 2, Tier 3 і Tier 4, на основі їхніх рівнів резервування та відмовостійкості. Кожен рівень відповідає вищому рівню надійності, а рівень 4 є найбільш відмовостійким і надійним.

• Вибір місця та планування: стандарт містить вказівки щодо вибору відповідного місця для центру обробки даних, враховуючи такі фактори, як географічне розташування, близькість до комунікацій та екологічні міркування.

• Архітектурний дизайн: TIA-942 пропонує рекомендації щодо фізичного планування та дизайну центру обробки даних, включаючи такі аспекти, як плани поверхів, заходи безпеки та системи протипожежного захисту.

• Механічні та електричні системи: у ньому вказуються вимоги до систем живлення та охолодження, включаючи рівні резервування, планування потужності та заходи з енергоефективності.

• Кабельна інфраструктура: TIA-942 містить вказівки щодо структурованих кабельних систем із зазначенням типів кабелів, з'єднувачів і рішень для організації кабелів, які будуть використовуватися в центрі обробки даних.

• Телекомунікаційні простори: стандарт визначає різні простори в центрі обробки даних, такі як вхідні кімнати, кімнати обладнання та телекомунікаційні кімнати, з конкретними вимогами до кожного.

• Безпека та контроль доступу: TIA-942 описує заходи безпеки, контроль доступу та вимоги до спостереження для захисту центру обробки даних від фізичних загроз.

• Протипожежний захист: містить рекомендації щодо систем виявлення та гасіння пожежі, щоб мінімізувати ризик простою, пов'язаного з пожежею.

• Контроль навколишнього середовища: стандарт стосується контролю температури та вологості в центрі обробки даних для забезпечення оптимальних умов роботи IT-обладнання.

• Документація та записи: TIA-942 наголошує на важливості ведення точної документації, включно з кресленнями виконання, інвентарними описами обладнання та записами про технічне обслуговування.

• Тестування та введення в експлуатацію: описує процедури тестування та введення в експлуатацію різних систем і компонентів у центрі обробки даних для перевірки їх продуктивності та відповідності стандарту.

TIA-942 — це цінний ресурс для проектувальників, операторів і власників центрів обробки даних, який допомагає їм створювати та підтримувати центри обробки даних, які відповідають найвищим стандартам надійності та доступності. Відповідність TIA-942 часто є вимогою для процесів сертифікації центрів обробки

даних і вважається найкращою практикою для організацій, які покладаються на критично важливу IT-інфраструктуру.

Система класифікації рівня Uptime Institute: Інститут Uptime заснував систему класифікації рівня, щоб допомогти оцінити дизайн та інфраструктуру центрів обробки даних і те, як ці фактори ефективно підтримують вимоги телекомунікаційної галузі щодо доступності системи.

Цю систему класифікації зазвичай називають «системою класифікації рівня». Система класифікації Tier Institute Uptime Institute складається з чотирьох рівнів, де Tier I є найнижчим, а Tier IV – найвищим з точки зору надійності та відмовостійкості.

Огляд кожного рівня:

Рівень I: базова ємність: центри обробки даних рівня I вважаються найпростішими та мають найнижчий рівень надійності. Зазвичай вони мають єдиний шлях розподілу електроенергії та охолодження, що робить їх сприйнятливими до збоїв через технічне обслуговування або збої в роботі обладнання. Центри обробки даних Tier I можуть мати доступність близько 99,671% з очікуваним щорічним простоєм приблизно 28,8 години.

Рівень II: Компоненти надлишкової ємності: центри обробки даних рівня II вводять деяку надмірність у критичні системи. Вони мають кілька шляхів розподілу електроенергії та охолодження, але все одно можуть виникати планові простої на технічне обслуговування. Центри обробки даних Tier II зазвичай досягають доступності близько 99,741% з очікуваним щорічним простоєм приблизно 22 години.

Рівень III: Одночасне технічне обслуговування: центри обробки даних Рівня III спроектовані таким чином, щоб підтримувати одночасне технічне обслуговування, тобто вони можуть проходити технічне обслуговування та заміну обладнання без переривання роботи. Вони мають кілька шляхів розподілу активної потужності та охолодження та резервування N+1 для критично важливих систем. Центри обробки даних Tier III мають на меті забезпечити доступність близько 99,982% з очікуваним щорічним простоєм приблизно 1,6 години.

Рівень IV: стійкість до відмов: центри обробки даних рівня IV забезпечують найвищий рівень надійності та відмовостійкості. Вони побудовані з повністю резервованими системами та шляхами живлення та охолодження, усуваючи будь-яку окрему точку відмови. Центри обробки даних рівня IV можуть витримувати збої обладнання, технічне обслуговування та навіть певні екстремальні події без простою. Вони прагнуть досягти доступності приблизно 99,995% з очікуваним річним простоєм лише 26 хвилин.

Важливо зазначити, що для отримання сертифікату Tier III або Tier IV від Uptime Institute потрібні суворі стандарти проектування та конструкції, зокрема дотримання певних інструкцій щодо інфраструктури, стабільності роботи та відмовостійкості.

Система класифікації рівня Uptime Institute допомагає організаціям оцінювати та повідомляти зацікавленим сторонам рівень надійності та доступності своїх центрів обробки даних. Він допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо проектування, будівництва та експлуатації центрів обробки даних, узгоджуючи інфраструктуру з бізнес-вимогами для критичних програм і послуг.

ANSI/BICSI 002: офіційно названий «Найкращі практики проектування та впровадження центрів обробки даних», — це стандарт, опублікований BICSI (Міжнародна консультаційна служба будівельної індустрії), професійною асоціацією, яка зосереджується на системах інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у архітектурному середовищі. На відміну від TIA-942, який містить мінімальні вимоги до телекомунікаційних центрів обробки даних, BICSI 002 пропонує найкращі практики, які включають такі теми, як архітектура центру обробки даних, безпека, а також проектування механічних і електричних систем.

Relyence повністю реалізує стандарт Telcordia SR-332, а також інші стандарти прогнозування надійності, якщо ви хочете використовувати комбінацію стандартів для комплексного аналізу. Крім того, інші продукти Relyence створені, щоб допомогти вам керувати зусиллями щодо підвищення надійності та якості, які є частиною стандартів телекомунікаційної галузі.

Цей стандарт містить вичерпні рекомендації та найкращі практики щодо проектування, впровадження та експлуатації центрів обробки даних.

Основні аспекти, охоплені ANSI/BICSI 002:

• Проектування центру обробки даних: стандарт пропонує детальні вказівки щодо проектування центру обробки даних, включаючи міркування щодо планування, планування простору, розподілу електроенергії, охолодження, кабельної інфраструктури, безпеки та протипожежного захисту. Він стосується фізичної інфраструктури, необхідної для підтримки критичного IT-обладнання.

• Телекомунікаційні кабелі: ANSI/BICSI 002 надає рекомендації щодо структурованих кабельних систем у центрах обробки даних із зазначенням типів кабелів, роз'ємів і шляхів для забезпечення оптимальної продуктивності та надійності. Це включає міркування щодо мідних і оптоволоконних кабелів.

• Електричні системи: стандарт охоплює електричні системи в центрах обробки даних, включаючи рішення для розподілу електроенергії, заземлення та резервного живлення. Він відповідає потребам у резервуванні та стійкості джерел живлення, щоб мінімізувати час простою.

• Механічні системи: ANSI/BICSI 002 обговорює конструкцію та роботу систем HVAC (опалення, вентиляції та кондиціонування повітря) для контролю температури та вологості. Належні умови навколишнього середовища є важливими для підтримки надійності обладнання.

• Безпека та контроль доступу: пропонує рекомендації щодо заходів фізичної безпеки, систем контролю доступу та спостереження для захисту об'єктів центру обробки даних від несанкціонованого доступу та порушень безпеки.

• Протипожежний захист: стандарт включає вказівки щодо систем виявлення та гасіння пожежі, наголошуючи на важливості мінімізації ризиків, пов'язаних із пожежею, у центрах обробки даних.

• Моніторинг і управління: ANSI/BICSI 002 відповідає потребам у комплексних системах моніторингу та управління для нагляду за продуктивністю критичних компонентів інфраструктури та проактивного виявлення проблем.

• Документація: підкреслюється важливість точної документації, включно з кресленнями, описом обладнання та записами про технічне обслуговування, для підтримки ефективної роботи та усунення несправностей.

• Екологічні міркування: стандарт обговорює екологічну стійкість та методи енергоефективності для центрів обробки даних, щоб зменшити їхній вплив на навколишнє середовище.

ANSI/BICSI 002 є цінним ресурсом для професіоналів центрів обробки даних, включаючи архітекторів, дизайнерів, інженерів та операторів. Він пропагує найкращі практики для планування та будівництва центрів обробки даних, допомагаючи організаціям створювати ефективні, надійні та відмовостійкі об'єкти, які відповідають їхнім операційним потребам. Відповідність цьому стандарту може підвищити продуктивність, надійність і довговічність інфраструктури центру обробки даних.

Переваги використання Relyence як частини вашого набору інструментів для перевірки надійності телекомунікацій. Щоб задовольнити потреби наших клієнтів телекомунікацій, програмне забезпечення для аналізу надійності Relyence пропонує своїм користувачам такі переваги та функції [18]:

Сумісність: Relyence відповідає вашим вимогам щодо відповідності, включаючи повну підтримку та впровадження Telcordia SR-332 випуск 4.

Потужність і точність: коли ви маєте справу з показниками надійності та доступності, які мають вирішальне значення для вашої організації, вкрай важливо, щоб ваші інструменти були не просто ефективними, а й точними. Relyence надає простий у використанні інтуїтивно зрозумілий зовнішній користувальницький інтерфейс у поєднанні з потужними, точними механізмами внутрішніх обчислень.

Системне моделювання. З такими складними системами, як у телекомунікаційній галузі, вам потрібен інструмент, який зможе аналізувати ці складності, наприклад, резервні компоненти, вторинні шляхи та різні розподіли відмов. Інструменти моделювання Relyence забезпечують спрощений спосіб аналізу дуже складних систем.

Оцінка ризиків: Оцінка ризиків є важливою складовою в телекомунікаційному секторі. Relyence пропонує ряд варіантів, які дозволяють оцінити ризик, від FMEA до кількісного аналізу дерева помилок (FTA).

Вибір варіантів хостингу: виберіть варіант хостингу, який є найбільш доцільним для вашої організації — хмара Microsoft, приватна хмара або локальна мережа за власним брандмауером.

Підтримка API: Потрібно підключитися до інших систем? Надійний API Relyence (інтерфейс прикладного програмування) доступний, щоб дозволити вам підключатися та передавати дані в системи та з них за потреби.

Огляд інформаційної панелі: потужні інформаційні панелі Relyence забезпечують огляд високого рівня, щоб тримати вас у курсі критичних показників системи з першого погляду. Деталізація одним клацанням миші дає змогу швидко переглянути базові дані для поглибленого аналізу.

Ролі користувачів і дозволи: Ролі користувачів і груп Relyence можна встановлювати та змінювати відповідно до ваших уподобань.

Інтеграція: коли у вас є кілька інструментів аналізу, ці інструменти є найефективнішими, коли добре працюють разом. Інструменти Relyence створені та розроблені як інтегрована платформа для легкого обміну даними та синергії між методами аналізу для оптимального аналізу.

Навчання: наші інструменти, розроблені з урахуванням зручності користувача, дозволяють негайно почати використовувати їх — без будь-яких інструкцій чи навчання. Або, якщо ви бажаєте, ми пропонуємо широкий спектр варіантів навчання, щоб отримати максимальну віддачу від вашого пакету Relyence.

Що шукати в програмному забезпеченні для аналізу надійності для телекомунікаційної галузі. Вибираючи програмне забезпечення для аналізу надійності телекомунікацій, зверніть увагу на такі важливі функції:

Основні можливості: ваше програмне забезпечення для аналізу надійності має відповідати всім основним вимогам до аналізу – запроваджувати стандарти, визначені для відповідності, обчислювати необхідні показники та точно виконувати складні обчислення.

Простий у використанні: шукайте програмне забезпечення, яке не потребує тривалого навчання чи тривалого навчання. Вам потрібен інструмент, який членам команди легко зрозуміти та використовувати.

Налаштування: структура продукту має бути адаптованою та дозволяти вам працювати так, як ви виберете.

Технологічно сучасні: переконайтеся, що інструменти не базуються на застарілих або навіть застарілих технологіях, а використовують найкращі сучасні пропозиції, включаючи інтерфейси на основі браузера та підтримку мобільних пристроїв.

Гнучкість: звіти, інтерфейси користувача, сповіщення та інші функції можна налаштувати відповідно до ваших вимог.

Повний набір: навіть якщо ви сьогодні використовуєте лише одну техніку аналізу, визнайте, що в міру того, як ваша організація росте та розвивається, у майбутньому ви можете переходити до більш розширених аналізів. З цієї причини шукайте постачальника інструментів, який пропонує низку продуктів, які підтримують різні типи аналізу та повністю інтегровані.

Постійне вдосконалення та оновлення продукту: Методології та стандарти постійно оновлюються та переглядаються. Переконайтеся, що вибраний вами набір інструментів має значний досвід оновлення та вдосконалення.

Експертиза: вам потрібен хтось, хто прислухається до ваших потреб, розуміє ваші вимоги, знає сферу надійності, має необхідний досвід і працює з вами, щоб переконатися, що кінцевий продукт відповідає вашим очікуванням.

3 ГРАФІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

3.1 Аналітичне рішення задачі побудови розкладу

Телекомунікаційні системи відіграють важливу роль у сучасному суспільстві, забезпечуючи життєво важливі канали зв'язку для окремих осіб, підприємств і урядів. Для забезпечення надійної та ефективної роботи цих систем необхідне регулярне обслуговування. Однак традиційні методи обслуговування можуть бути трудомісткими, дорогими та неефективними. У цьому есе ми дослідимо важливість оптимізації технічного обслуговування телекомунікаційних систем і те, як аналітичні рішення можна використовувати для досягнення цієї мети [19, 24].

Технічне обслуговування є ключовим аспектом забезпечення безперебійної роботи телекомунікаційних систем. Він включає ряд заходів, включаючи перевірку, випробування, ремонт і заміну компонентів. Основною метою технічного обслуговування є запобігання збоям системи та мінімізація часу простою, який може мати значні фінансові, операційні та репутаційні наслідки. Загальні практики технічного обслуговування телекомунікаційних систем включають профілактичне технічне обслуговування, прогнозне технічне обслуговування та коригувальне обслуговування. Профілактичне технічне обслуговування передбачає регулярні перевірки та виконання завдань з технічного обслуговування, таких як очищення, змащування та заміна компонентів, щоб запобігти виходу обладнання з ладу. Прогнозне технічне обслуговування використовує аналіз даних і алгоритми машинного навчання для прогнозування несправностей обладнання до їх виникнення, що дозволяє планувати технічне обслуговування заздалегідь. Коригувальне технічне обслуговування передбачає ремонт або заміну обладнання, що вийшло з ладу після того, як сталася несправність.

Оптимізація технічного обслуговування — це процес максимізації ефективності та ефективності технічного обслуговування при мінімізації витрат і часу простою. Він передбачає визначення оптимального графіка обслуговування, частоти та завдань для кожного компонента телекомунікаційної системи. Оптимізація технічного обслуговування має важливе значення в телекомунікаційних системах, оскільки вона може зменшити витрати, підвищити надійність системи та подовжити термін служби обладнання. Існує кілька методів оптимізації технічного обслуговування, включаючи технічне обслуговування, орієнтоване на надійність (RCM), технічне обслуговування на основі стану (CBM) і технічне обслуговування на основі ризиків (RBM). RCM зосереджується на визначенні критичних компонентів системи та розробці планів технічного обслуговування на основі їх режимів відмови. CBM використовує датчики та аналіз даних для моніторингу продуктивності обладнання та прогнозування збоїв. RBM використовує аналіз ризиків для визначення пріоритетів технічного обслуговування на основі ймовірності та наслідків відмови обладнання [20].

Аналітичні рішення — це математичні моделі та алгоритми, які можна використовувати для оптимізації графіків технічного обслуговування та завдань для телекомунікаційних систем. Ці рішення використовують методи аналізу даних, моделювання та оптимізації для визначення оптимальної стратегії обслуговування кожного компонента системи. Переваги використання аналітичних рішень для оптимізації технічного обслуговування включають підвищену точність, зниження витрат і підвищення надійності системи. Аналітичні рішення також можуть допомогти виявити потенційні збої в системі до їх виникнення, дозволяючи планувати технічне обслуговування заздалегідь. Існує кілька типів аналітичних рішень для оптимізації обслуговування телекомунікаційних систем, включаючи аналіз надійності, імітаційне моделювання та алгоритми оптимізації. Аналіз надійності передбачає аналіз даних про збої системи для визначення критичних компонентів і розробки планів технічного обслуговування. Імітаційне моделювання використовує комп'ютерні моделі для імітації поведінки системи та визначення оптимальної стратегії

обслуговування. Алгоритми оптимізації використовують методи математичної оптимізації, щоб визначити оптимальний графік технічного обслуговування та завдання для кожного компонента системи.

Для оптимізації графіків технічного обслуговування телекомунікаційних систем за допомогою аналітичних рішень збір даних є вирішальним кроком. Зібрані дані є основою для розробки математичних моделей і алгоритмів, які можна використовувати для оптимізації графіків технічного обслуговування. Якість і кількість зібраних даних можуть значно вплинути на точність і ефективність процесу оптимізації обслуговування. Типи даних, необхідні для аналітичних рішень, включають дані про несправності обладнання, історію технічного обслуговування, специфікації обладнання та дані про навколишнє середовище. Дані про несправності обладнання важливі для визначення критичних компонентів і розробки планів технічного обслуговування. Історія технічного обслуговування надає інформацію про минулі заходи з технічного обслуговування, дозволяючи визначити тенденції та закономірності. Специфікації обладнання містять інформацію про конструкцію обладнання та його робочі характеристики. Дані навколишнього середовища, такі як температура та вологість, можуть впливати на продуктивність обладнання та частоту відмов. Існує кілька методів збору даних, включаючи ручний збір даних, збір даних на основі датчиків і аналіз даних. Збір даних вручну передбачає збір даних шляхом візуальних перевірок, інтерв'ю та опитувань. Збір даних на основі датчиків використовує датчики для збору даних про продуктивність обладнання та умови навколишнього середовища. Інтелектуальний аналіз даних передбачає аналіз існуючих джерел даних, таких як записи про технічне обслуговування та журнали обладнання, для виявлення закономірностей і тенденцій [21].

Після того, як дані зібрано, їх необхідно проаналізувати, щоб визначити закономірності, тенденції та критичні компоненти. Аналіз даних є важливим кроком у процесі оптимізації технічного обслуговування, оскільки він забезпечує основу для розробки математичних моделей і алгоритмів, які можна використовувати для оптимізації графіків технічного обслуговування. Існує

кілька методів аналізу даних, зокрема статистичний аналіз, машинне навчання та візуалізація даних. Статистичний аналіз передбачає використання статистичних методів для виявлення закономірностей і тенденцій у даних. Машинне навчання передбачає розробку алгоритмів, які можуть навчатися на основі даних і робити прогнози на основі цього навчання. Візуалізація даних передбачає представлення даних у візуальному форматі, наприклад графіках або діаграмах, для виявлення закономірностей і тенденцій. Фактори, які слід враховувати під час аналізу даних, включають якість і кількість даних, точність даних і релевантність даних для процесу оптимізації обслуговування. Важливо переконатися, що дані, які використовуються для аналізу, є точними, актуальними та високоякісними, щоб забезпечити точність і ефективність процесу оптимізації технічного обслуговування.

Застосування аналітичних рішень для оптимізації графіків технічного обслуговування телекомунікаційних систем включає кілька кроків. Ці кроки включають збір даних, аналіз даних, розробку моделі та оптимізацію графіка обслуговування. Переваги використання аналітичних рішень для оптимізації графіків технічного обслуговування включають підвищену точність, зниження витрат і підвищення надійності системи. Аналітичні рішення можуть допомогти виявити потенційні збої в системі до їх виникнення, дозволяючи планувати технічне обслуговування заздалегідь, скорочуючи час простою та витрати. Однак існують також проблеми, пов'язані з використанням аналітичних рішень для оптимізації графіків технічного обслуговування. Ці виклики включають потребу в точних і релевантних даних, складність використовуваних математичних моделей і алгоритмів, а також потребу в кваліфікованому персоналі для розробки та впровадження моделей [22-23].

Є кілька реальних прикладів успішної оптимізації технічного обслуговування за допомогою аналітичного рішення в телекомунікаційних системах. Одним із таких прикладів є оптимізація графіків технічного обслуговування для великого постачальника телекомунікаційних послуг у Сполучених Штатах. Компанія використовувала аналітичні рішення для

визначення критичних компонентів, розробки планів технічного обслуговування та оптимізації графіків технічного обслуговування. У результаті їм вдалося скоротити час простою, підвищити надійність системи та заощадити мільйони доларів на витратах на обслуговування. Іншим прикладом є оптимізація графіків обслуговування телекомунікаційної мережі в Індії. Компанія використовувала аналітичні рішення для розробки моделі прогнозного технічного обслуговування, яка використовувала алгоритми машинного навчання для прогнозування несправностей обладнання до їх виникнення. Модель змогла визначити потенційні збої системи з високим ступенем точності, що дозволило планувати технічне обслуговування заздалегідь і зменшити час простою та витрати. Уроки, отримані з цих прикладів, включають важливість якості та відповідності даних, потребу в кваліфікованому персоналі для розробки та впровадження аналітичних рішень, а також потенційні переваги використання аналітичних рішень для оптимізації графіків технічного обслуговування.

Майбутнє оптимізації технічного обслуговування в телекомунікаціях Системи, що використовують аналітичні рішення, є багатообіцяючим, оскільки розвиваються такі тенденції, як використання штучного інтелекту та Інтернету речей (IoT) для збору та аналізу даних. Ці технології мають потенціал для революції в процесі оптимізації технічного обслуговування, надаючи дані в реальному часі та прогнозну аналітику. Однак у цих розробок також є потенційні недоліки, такі як необхідність посилення заходів кібербезпеки для захисту конфіденційних даних і можливість переміщення робочих місць, оскільки все більше завдань стає автоматизованим. Рекомендації щодо майбутніх досліджень включають вивчення потенційних переваг і недоліків нових технологій, розробку нових аналітичних рішень, які можуть обробляти великі та складні набори даних, а також проведення додаткових тематичних досліджень для виявлення найкращих практик і отриманих уроків.

На завершення технічне обслуговування оптимізація є важливою в телекомунікаційних системах для зниження витрат, підвищення надійності системи та продовження терміну служби обладнання. Аналітичні рішення, такі

як аналіз надійності, імітаційне моделювання та алгоритми оптимізації, можна використовувати для оптимізації графіків технічного обслуговування та завдань для кожного компонента системи. Збір і аналіз даних є ключовими кроками в процесі оптимізації технічного обслуговування, а нові технології, такі як AI та IoT, можуть революціонізувати процес оптимізації технічного обслуговування. Однак у цих розробок також є потенційні недоліки, і необхідні додаткові дослідження, щоб визначити найкращі практики та отримані уроки.

Телекомунікаційне обладнання відіграє ключову роль у підтримці безперебійної роботи мережі. Однак, планування та обслуговування такого обладнання можуть бути нелегким завданням, особливо в умовах швидкого розвитку технологій та зростаючих вимог до якості обслуговування. Розглянемо аналітичний підхід до рішення задачі побудови розкладу обслуговування телекомунікаційного обладнання [25]:

1. Збір та аналіз вхідних даних: Першим кроком у процесі планування розкладу обслуговування є збір вхідних даних, таких як частота обслуговування, тривалість обслуговування, потреби в запасних частинах та персоналі. Ці дані можуть бути отримані з документації виробника, історичних даних про обслуговування або засновані на експертних оцінках.

2. Визначення оптимального розкладу обслуговування: Наступним кроком є визначення оптимального розкладу обслуговування, який задовольняє потреби у обслуговуванні та мінімізує загальні витрати. Це може бути досягнуто за допомогою аналітичних методів, таких як лінійне програмування, або за допомогою евристичних методів, таких як жадібний алгоритм або метаевристики (наприклад, генетичні алгоритми).

3. Урахування обмежень: При побудові розкладу обслуговування важливо враховувати обмеження, пов'язані з обладнанням, персоналом та ресурсами. Це може включати доступність спеціалістів, обмеження щодо часу роботи, кошти на запасні частини та обмеження, пов'язані з безпекою. Врахування цих обмежень допоможе забезпечити, що розклад обслуговування є реалістичним та виконанним.

4. Оцінка розкладу обслуговування: Після побудови розкладу обслуговування важливо провести його оцінку з метою виявлення можливих проблем та необхідності оптимізації. Оцінка може включати перевірку відповідності розкладу вимогам до обслуговування, аналіз впливу розкладу на ефективність обслуговування та виявлення потенційних ризиків.

5. Ітераційний процес оптимізації: Аналітичне рішення задачі побудови розкладу обслуговування телекомунікаційного обладнання може потребувати декількох ітерацій, щоб досягти оптимального рішення. Це може передбачати зміну вхідних параметрів, застосування альтернативних методів аналізу або адаптацію розкладу до змінюваних умов.

У цілому, аналітичний підхід до рішення задачі побудови розкладу обслуговування телекомунікаційного обладнання дозволяє забезпечити ефективне та надійне функціонування мережі, а також знижує загальні витрати на обслуговування. Водночас, такий підхід вимагає високого рівня знань з аналітичних методів, а також глибокого розуміння специфіки телекомунікаційного обладнання та мереж.

Графічне планування роботи функціональних перетворювачів відіграє важливу роль у забезпеченні якості та продуктивності телекомунікаційних систем.

1. Роль функціональних перетворювачів:

Функціональні перетворювачі включають в себе різноманітні пристрої, такі як модеми, кодери, декодери, мультиплексори, демультиплексори та інші, які відповідають за перетворення сигналів і сигнальних параметрів для ефективної передачі даних. Графічне планування їх роботи визначає, як ці пристрої будуть взаємодіяти між собою та з іншими компонентами системи.

2. Досягнення максимальної ефективності:

Графічне планування дозволяє досягти максимальної ефективності в роботі функціональних перетворювачів. Воно включає в себе оптимізацію маршрутів передачі сигналів, налаштування параметрів сигналу та використання алгоритмів компресії та корекції помилок для забезпечення надійності та якості передачі.

3. Управління трафіком:

Графічне планування також включає в себе управління трафіком у телекомунікаційній мережі. Це означає розподіл сигналів відповідно до їх пріоритету та використання маршрутів, які найбільше відповідають вимогам конкретного типу даних (наприклад, відео, голос, текст).

4. Відмовостійкість і захист:

Планування роботи функціональних перетворювачів включає в себе також заходи для забезпечення відмовостійкості та захисту від кібератак та інших загроз. Це може включати в себе резервне забезпечення та криптографічні методи шифрування даних.

5. Скальованість та майбутні розширення:

Графічне планування повинно бути розроблено з урахуванням можливості майбутнього росту телекомунікаційної системи. Це означає, що планування повинно бути гнучким і забезпечувати можливість легкої розширення або зміни конфігурації системи для відповіді на зростаючі потреби та нові технології.

6. Моніторинг та аналіз продуктивності:

Графічне планування роботи функціональних перетворювачів включає в себе також систему моніторингу та аналізу продуктивності. Це дозволяє операторам системи в реальному часі відстежувати роботу пристроїв, ідентифікувати проблеми та приймати дієві заходи для їх вирішення.

7. Підвищення якості послуг:

Графічне планування роботи функціональних перетворювачів спрямоване на підвищення якості телекомунікаційних послуг для користувачів. Це означає забезпечення стабільності зв'язку, мінімізацію відмов та забезпечення доставки даних у відповідності до вимог користувачів.

Усі ці аспекти графічного планування роботи функціональних перетворювачів є важливими для побудови ефективних та надійних телекомунікаційних систем. Планування повинно бути ретельним та докладним, а також постійно оновлюватися з урахуванням змін у технологіях та вимогах користувачів. Графічне планування роботи функціональних перетворювачів грає

ключову роль у забезпеченні успішного функціонування телекомунікаційних систем у сучасному світі зростаючих вимог до зв'язку та передачі даних.

3.2 Графічне вирішення задачі побудування розкладу

При аналітичному будуванні розкладу обслуговування вимог системою СОІ без порушення директивних термінів вирішення виходить громіздким при неодночасному надходженні вимог на обслуговування. В цьому випадку при невеликій (порядку десяти) кількості вимог на обробку більше прийнятим стає графічний спосіб побудування розкладу [23 - 25].

Для переходу до графічної побудови розкладу введемо для вимог, які надходять на обслуговування, поняття резерву часу, визначеного співвідношенням

$$R_i = D_i - T_i - d_i, i = \overline{1,N} \tag{3.1}$$

З урахуванням (3.1) та перепишемо у вигляді

$$2k\Delta T + \sum_{i=1}^{K-1} Ti \le R_K, \forall K \epsilon [1,N] \tag{3.2}$$

З (3.2) слідує, що допустимою нижньою границею R_K^0 резерву R_K для K-ої вимоги множини Q є величина

$$R_K^0 = 2k\Delta T + \sum_{i=1}^{K-1} Ti, \forall K \epsilon [1,N] \tag{3.3}$$

Якщо K вимога, $K = \overline{1,N}$ має резерв менший, ніж той, що потребується співвідношеннями (3.2), (3.3), то на одному приладі обслужити N вимог неможливо. Резерв часу для вимог, які знаходяться в черзі, зменшиться в часі лінійно, тобто

$$R_K(t) = R_K(d_K) - t \tag{3.4}$$

Резерв часу вимог, які обслуговуються системою, залишається постійним. Якщо $R_K = R_K^0$, то із (3.4) слідує, що рівність нулю, а точніше подвоєному часу перемикання, в деякий момент часу є умова негайного встановлення його на

обслуговування. Графічне рішення задачі побудови розкладів без порушення директивних термінів потрібно шукати так: в точках осі координат, відповідних моментам надходження вимог на обслуговування, відкладаються в напрямі, перпендикулярному осі координат, резерви часу, які надходять на обслуговування вимог. Як при постановці вимоги на обслуговування, так і при знятті його резерв зменшиться на величину часу перемикання. Якщо вимога знаходиться в черзі, то його резерв лінійно зменшується. Якщо виявиться, що кількість вимог з нульовими резервами перевищує кількість пристроїв в системі, то необхідно додати один пристрій і повторити процедуру надходження розкладу спочатку.

Для пояснення графічного способу побудови розкладу роботи СОІ наводимо неділька прикладів.

Одночасне надходження вимог. Нехай в момент часу $d_K = 0$ на вхід системи надходять шість вимог з T_K і D_K, K=1,6, заданими в умовних одиницях табл. 3.1.

Знайдемо, відповідно з (3.11), резерви часу, які надходять на обслуговування вимог R_1=8; R_2=9; R_3=2,5; R_4=9,5; R_5=10; R_6=13 і відкладемо їх значення на осі абсцис (Рис. 3.1) в точці t=0. Пунктиром на всіх малюнках проведена лінія, яка відповідає величині $2\Delta T$, яка для всіх прикладів прийнята однаковою умовної одиниці часу. Упорядкувавши вимоги в порядку не зменшення директивних термінів $Q=\{Q_4,Q_3,Q_5,Q_2,Q_1,Q_6\}$, знаходимо, що першим на обслуговування в систему, що складається з одного пристрою, потрібно встановити вимогу Q_4. При цьому його резерв зменшиться на $2\Delta T$ і далі буде залишатися постійним (3.зменшення резерву за рахунок часу переналагодження на всіх малюнках позначено точковою лінією), а резерві всіх інших вимог будуть спадати пропорційно часу.

Таблиця 3.1.

Вхідні вимоги до системи

K	1	2	3	4	5	6
T_K	12	10	10	1,5	3,5	49

D_K	20	19	12,5	11	13,5	62

До моменту часу t=2 резерв часу R_3 вимоги стане рівним $2\Delta T$ і його необхідно встановити на обслуговування. До цього моменту буде завершено обслуговування вимоги Q_4. Перемикання системи на обслуговування вимоги Q_3 не визиває труднощів.

Вимога Q_3 потребує на обслуговування T_3=10 одиниць часу, але до моменту t=7,5 резерв R_1 потреби Q_1 стане рівним і потреба повинна бути поставлена на обслуговування. Так як до моменту часу t=7,5 обслуговування Q_3, уже не маючого резерву, ще не буде завершено, то СОІ, яка складається з одного приладу, в розглянутому прикладі не забезпечує розклади без порушення директивних термінів.

Додамо в систему один прилад. В цьому випадку в момент часу t=0 на обслуговування ставляться вимоги Q_3 и Q_4. Їх резерви (рис. 3.2) зменшуються на величину $2\Delta T$, а резерви інших вимог – пропорційно часу. До моменту часу t=2 обслуговування вимоги Q_4 буде завершено. Воно буде знято з системи і на обслуговування поставлено вимогу Q_5. Його резерв при цьому зменшиться на $2\Delta T$ і далі змінюватись не буде, а резерви вимог Q_2,Q_1 і Q_6 будуть продовжувати зменшуватись.

До моменту часу t=6 буде закінчено обслуговування вимоги Q_5. Воно знімається з системи і на обслуговування встановлюється вимога Q_2.

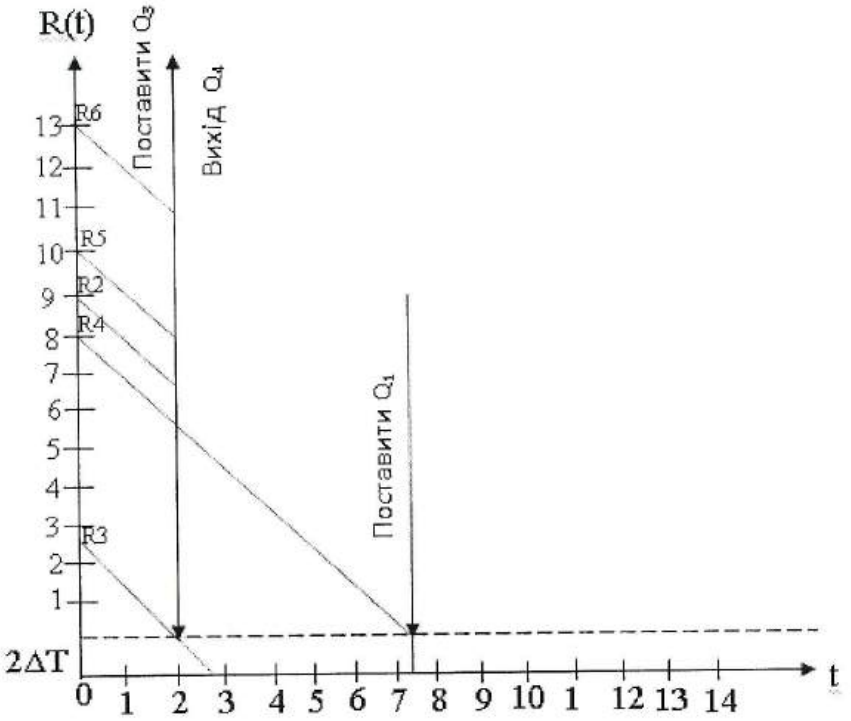


Рис. 3.1. Резерви часу, які надходять на обслуговування вимог

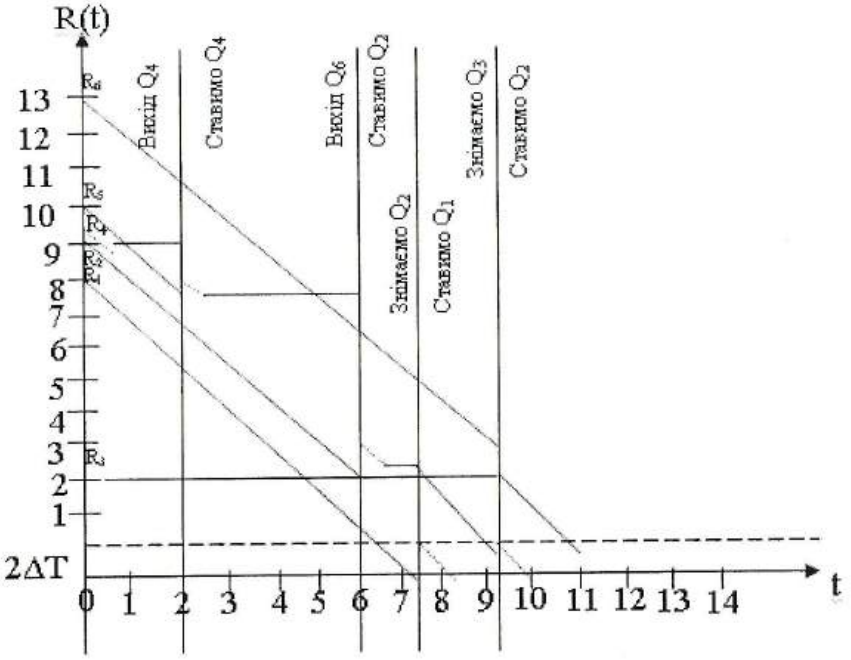


Рис. 3.2. Резерви при додаванні пристрою

До моменту часу t=7,5 одиниць резерв R_1 вимоги Q_1 стає рівним $2\Delta T$, тобто вимогу Q_1 необхідно встановлювати на обслуговування. В свою чергу, на обслуговуванні знаходиться вимога Q_3 і Q_2. Знімаємо Q_2 як вимогу, яка має великий резерв часу R_2. Відмітимо, що після постановки на обслуговування вимог Q_1 його резерв становиться рівним нулю. Починаючи з t=7,5 на обслуговуванні будуть знаходитись вимоги Q_1 і Q_3, а в черзі Q_2 і Q_6.

До моменту часу t=9,5 резерв часу R_2 вимог Q_2 стає рівним $2\Delta T$ і, так я в цей момент часу із обслуговуваних вимог Q_1 і Q_3 резервом володіє тільки вимога Q_3 (причому, $R_1=0$), то вимога Q_3 знімається з обробки і на її місце встановлюється вимога Q_2.

В моменту часу t=11 одиниць резерв R_3 вимоги Q_3 стане рівним $2\Delta T$. Але обслуговування вимог Q_1 і Q_2, які мають нульовий резерв, ще не закінчено, СОІ із 2-х приладів в розглядуваному прикладі не в стані обслуговувати всі вимоги без порушення директивних термінів.

Додаємо в систему третій пристрій. В цьому випадку в момент t=0 на обслуговування стають вимоги Q_4, Q_3 і Q_6 (рис. 3.3).

В момент часу t=2 одиниці закінчують обслуговування вимог Q_4. Воно знімається з системи і на його місце встановлюється вимога Q_2. В момент часу t=4 одиниці закінчується обслуговування вимог Q_5. Знімаємо його з системи і ставимо на обслуговування вимоги Q_1.

В момент часу t=10,5 одиниці закінчують обслуговування вимоги Q_5 і на обслуговування встановлюється вимога Q_6. В прикладі, для забезпечення розкладу без порушення директивних термінів необхідно, щоб СОІ складалася із трьох приладів.

Графік постановки вимог, що надійшли на обслуговування слідує із рис. 3.3.

1.3 Рівномірне надходження вимог.

Нехай на вхід СОІ поступає шість вимог з $d_K T_K$ і $D_K (K=\overline{1,6})$, які були приведені в умовних одиницях в табл. 3.2.

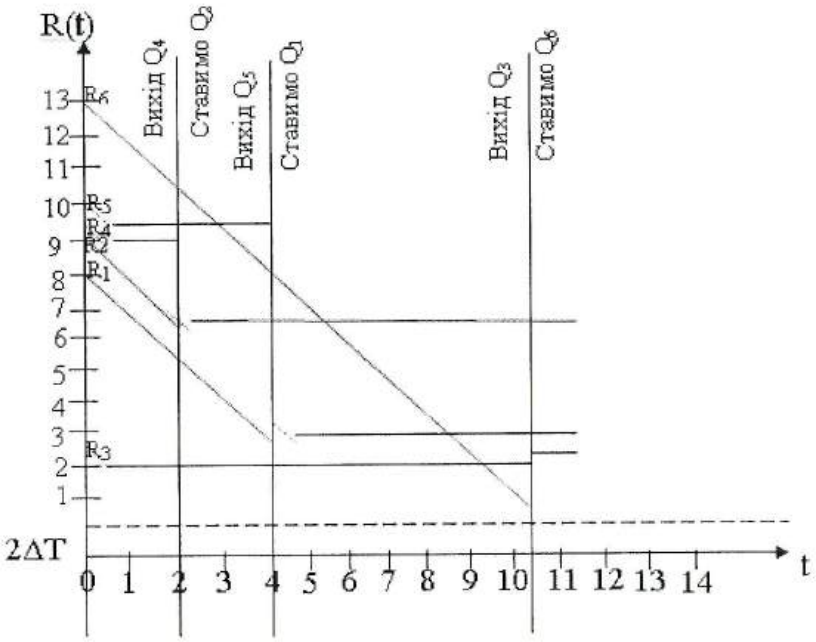


Рис. 3.3. Резерви при додаванні пристрою

Таблиця 3.2.

Вхідні вимоги до системи

K	1	2	3	4	5	6
d_K	2,5	3	1	3,5	1,5	0
T_K	12	10	10	1,5	3,5	49
D_K	22,5	22	13,5	14,5	15	62

Знайдемо резерви, які поступають на обслуговування вимог. Відповідно з (3.1) маємо R_1=8; R_2=9; R_3=2,5; R_4=9,5; R_5=10; R_6=13. Нехай СОІ складається з одного приладу. В момент t=0 на вхід системи, як це видно з табл. 3.2, поступає тільки одна вимога Q_6, її і ставимо на обслуговування (рис. 3.4).

В момент t=1 на обслуговування поступає вимога Q_3. Сформуємо безліч вимог $Q=\{Q_3,Q_6\}$, упорядкованих в порядку не убування директивних термінів. Вимога Q_6 з обслуговування необхідно зняти і поставити вимогу Q_3. В момент t=1,5 на вхід системи поступає вимога Q_5. Сформуємо нову безліч вимог, впорядкованих в порядку не убування директивних термінів $Q=\{Q_3,Q_5,Q_6\}$. Вимоги Q_3 залишається на обслуговуванні, а вимога Q_5 встановлюється в чергу.

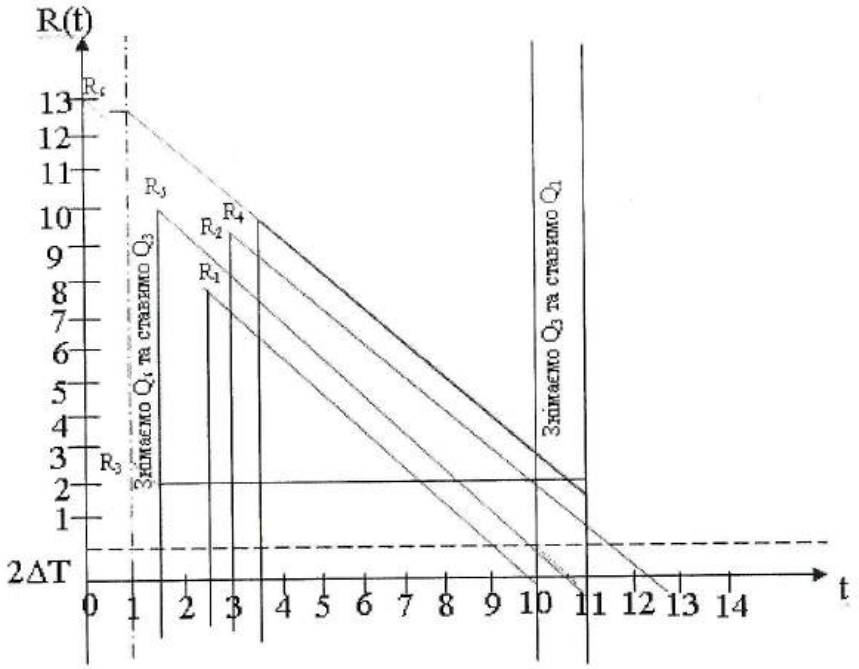


Рис. 3.4. Резерви при вхідних даних згідно табл. 3.2

В момент часу t=2,5 на обслуговування поступає вимога Q_1 і безліч вимог Q приймає вигляд $Q=\{Q_3,Q_5,Q_1,Q_6\}$. Отже, вимога Q_1, як раніше і вимога Q_5, встановлюється в чергу. В момент t=3 на обслуговування поступає вимога Q_2, яка також встановлюється в чергу. То же відбудеться і в момент $t \neq 3{,}5$, коли на вхід системи поступає вимога Q_4.

В момент t=10 резерв часу R_1 вимога Q_1 стане рівним $2\Delta T$. Знімаємо з обслуговування вимогу Q_3 і ставимо на обслуговування вимогу Q_1.

В момент часу t=11 дорівнює $2\Delta T$ стане резерв R_5 вимоги Q_5. Але вимогу Q_1 зняти з обслуговування неможливо в силу рівності нулю його резерву. Одного приладу для обслуговування надійшовших вимог недостатньо. Добавимо в систему один прилад. Як і при одному приладі, надходячи в момент t=0 вимога Q_6 зразу же стає на обслуговування (рис. 3.5).

Так само чинимо і з вимогою Q_3, яке подається на систему в момент t=1. В момент часу t=1,5 на систему поступить вимога Q_5. Тоді безліч вимог, упорядкованих в порядку не убування директивних термінів, буде безліч $Q=\{Q_3,Q_5,Q_6\}$.

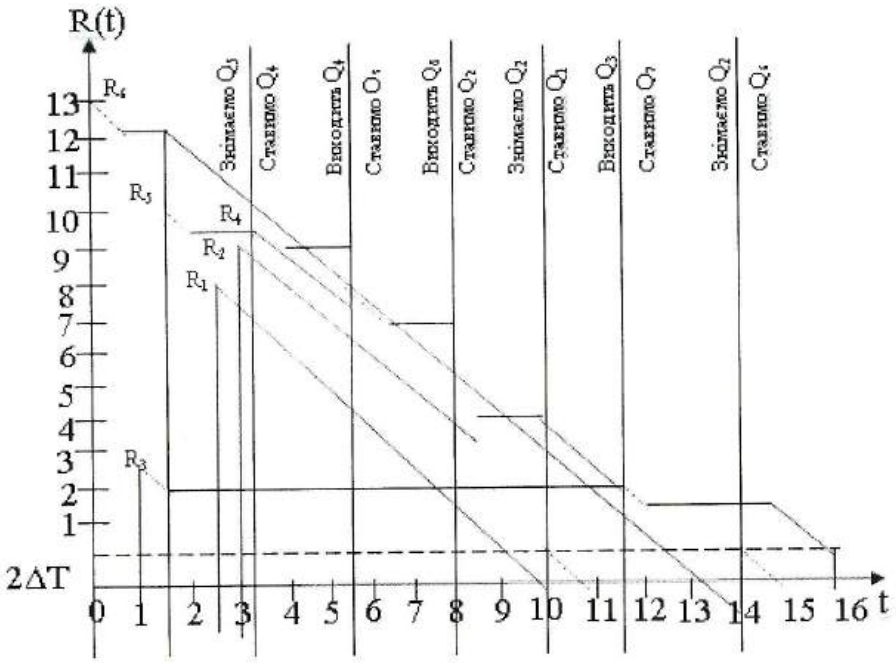


Рис. 3.5. Резерви при додаванні пристрою

Необхідність зняти з обслуговуванням вимоги Q_6 і поставити на обслуговування вимоги Q_5. В момент t=2,5 на вхід системи поступає вимога Q_1. Для безлічі Q маємо $Q=\{Q_3,Q_5,Q_1,Q_6\}$, тобто вимога Q_1 встановлюється в чергу і система продовжує обслуговувати вимоги Q_3 і Q_5.

В момент t=3 на систему поступає вимога Q_2. В результаті отримаємо безліч $Q=\{Q_3,Q_5,Q_2,Q_1,Q_6\}$, тобто, як і в момент t=2,5, на обслуговування залишається вимога Q_4. При цьому безліч Q буде мати структуру $Q=\{Q_3,Q_4,Q_5,Q_2,Q_4,Q_6\}$. З обслуговування слідує зняти вимогу Q_5 і ввести в систему вимогу Q_4. Обслуговування вимоги Q_4 буде закінчено через півтори одиниці часу. При цьому безліччю вимог, упорядкованих в порядку не убування директивних термінів, стає $Q=\{Q_3,Q_5,Q_2,Q_1,Q_6\}$.

На обслуговування, а точніше, на дообслуговування, встановлюється вимога Q_5. В момент t=8 обслуговування вимоги Q_2. В момент t=10 резерв часу вимоги Q_1 стає рівним $2\Delta T$. Оскільки директивних термін D_3 вимоги Q_3 менше директивного терміна D_2 вимоги Q_2, то з обслуговування знімаємо вимогу t=11,5 і в систему буде повернена вимога Q_2. В момент часу t=14 резерв часу R_6 вимоги Q_6 стає рівним $2\Delta T$

. Оскільки вимога Q_1 має резерв часу, який дорівнює нулю, то з обслуговування знімаємо вимогу Q_2 і замість нього ставимо вимогу Q_6.

В момент t=16,5 стає рівним $2\Delta T$ резерв часу вимоги Q_2, але ні вимога Q_1, ні вимога Q_6 з обслуговуванням зняти неможливо, так як їх резерви дорівнюють нулю. Система з двох пристроїв в розглянутому випадку не може обслуговувати всі вимоги без порушення директивних термінів.

Добавимо в систему третій прилад. При цьому вимога Q_6, Q_4 і Q_5 будуть встановлюється на обслуговування в порядку їх надходження (рис. 3.6).

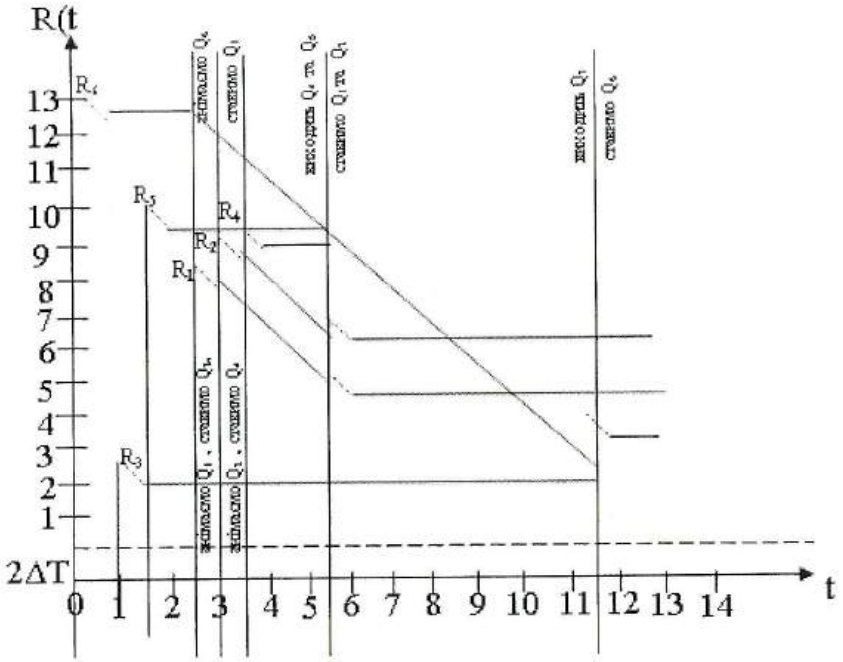


Рис. 3.6. Резерви при додаванні пристрою

В момент часу t=2,5 на обслуговування поступає вимога Q_1 і безліч Q приймає вигляд $Q=\{Q_3,Q_5,Q_1,Q_6\}$. Вимога Q_6 знімаємо з обслуговування і ставимо замість нього вимога Q_1.

В момент t=3 на вхід системи поступає вимога Q_2. З урахування того, що $Q=\{Q_3,Q_5,Q_2,Q_1,Q_6\}$, вимога Q_1 з обслуговування знімаємо і ставимо на обслуговування вимоги Q_2.

В момент часу t=3,5 на систему поступить обслуговування Q_4 і безліч Q перетворюється до вигляду $Q_3=\{Q_3,Q_4,Q_5,Q_2,Q_1,Q_6\}$. Отже, вимога Q_2 з обслуговування необхідно зняти і на його місце поставити вимогу Q_4.

В момент t=5,5 закінчується обслуговування вимоги Q_4 і Q_5. При цьому для безлічі Q маємо: $Q=\{Q_3,Q_2,Q_1,Q_6\}$, а значить на дообслуговування повертається вимога Q_2 і Q_1.

В момент t=11,5 закінчується обслуговування вимоги Q_3 на обслуговування становиться вимога Q_6. Система, яка складається з трьох приладів, забезпечує обслуговування вступних на неї вимог без порушення директивних термінів.

Графік постановки вимог на обслуговування зображений на рис. 3.6.

Графік постановки вимог на обслуговування стає важливим інструментом у керуванні та підтримці телекомунікаційних систем.

Функції графіку постановки вимог:

1. Періодичність обслуговування:

Графік постановки вимог на обслуговування визначає, як часто та яким чином система має бути перевірена та підтримана. Це може включати в себе регулярні планові огляди, технічне обслуговування, моніторинг та тестування. Періодичність залежить від важливості системи та її функціональних характеристик.

2. Визначення вимог:

Графік також включає в себе чітке визначення вимог щодо обслуговування. Це включає в себе список завдань, які повинні бути виконані, стандарти якості та процедури виконання. Вимоги можуть бути специфічними для різних компонентів системи, включаючи обладнання, програмне забезпечення та комунікаційні канали.

3. Пріоритети та відгук на відмови:

Графік повинен визначити пріоритети обслуговування та реакцію на відмови. Деякі завдання можуть бути невідкладними та критичними для функціонування системи, тоді як інші можуть бути запланованими на регулярне обслуговування. Ключовою частиною графіка є також план відновлення у разі відмови або аварії.

4. Запобігання проблемам:

Графік постановки вимог на обслуговування також має застерігати від можливих проблем та визначати проактивні заходи для їх запобігання. Це може включати в себе оновлення програмного забезпечення, заміну старого обладнання та вдосконалення системи захисту від кіберзагроз.

5. Залучення фахівців:

Графік також визначає, які фахівці та команди відповідають за обслуговування системи. Важливо мати кваліфікованих спеціалістів, які здатні реагувати на різноманітні виклики та вирішувати проблеми.

6. Звітність і вдосконалення:

Останнім, але не менш важливим, елементом є звітність та процес вдосконалення. Графік повинен включати в себе систему відстеження та звітності про виконані роботи та реакцію на події. На основі звітів можуть прийматися рішення про вдосконалення графіка та процесів обслуговування.

Таким чином, графік постановки вимог на обслуговування є невід'ємною частиною ефективного управління телекомунікаційними системами. Він допомагає забезпечити стабільну роботу та доступність системи, захищає від відмов та сприяє підвищенню якості послуг для користувачів. Такий графік є ключовим інструментом у досягненні мети надійності та продуктивності в сфері телекомунікаційних технологій.

ВИСНОВКИ

У першому розділі проаналізовано особливостей телекомунікаційних мереж. Розглянуто наступні питання: телекомунікаційна галузь та постачальники послуг; технологія мобільного зв'язку 4G/5G та безпроводові мережі Wi-Fi.

Показано, що телекомунікаційні системи відіграють важливу роль в сучасному світі, забезпечуючи зв'язок між людьми та технологіями в усіх сферах нашого життя, від особистих взаємодій до глобального бізнесу.

У другому розділі подано методи підтримання надійності телекомунікаційних систем. Розглянуто наступні питання: методи забезпечення надійності телекомунікаційних систем; програмне забезпечення для підтримання надійності телекомунікаційних систем на прикладі Relyence Studio.

Показано, що збільшення часу безвідмовної роботи, підтримання безпеки та мінімізація перебоїв у роботі послуг — особливо під час пікового навантаження — все це є головними проблемами висококонкурентної телекомунікаційної галузі.

Надійність у телекомунікаційних системах відіграє критичну роль, оскільки вона безпосередньо впливає на якість та неперервність послуг, що надаються. Це визначає здатність системи працювати без збоїв протягом визначеного періоду часу під конкретними умовами.

У третьому розділі представлено підходи до планування роботи функціональних перетворювачів у телекомунікаційній системі. Розглянуто наступні питання: аналітичне рішення задачі побудови розкладу обслуговування телекомунікаційних систем; та запропоновано графічне вирішення задачі побудування розкладу.

Показано, що, аналітичний підхід до рішення задачі побудови розкладу обслуговування телекомунікаційного обладнання дозволяє забезпечити ефективне та надійне функціонування мережі, а також знижує загальні витрати на обслуговування. Водночас, такий підхід вимагає високого рівня знань з аналітичних методів, а також глибокого розуміння специфіки телекомунікаційного обладнання та мереж.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Farrel, "Telecommunications and Data Communications Handbook", Wiley-Interscience, 2017.

2. D. M. West, "Digital Divide: Improving Internet Access in the Developing World through Affordable Services and Diverse Content", Brookings Institution, 2019.

3. M. Sauter, "From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband", Wiley, 2017.

4. T. J. Sugrue, "The Structure of the Telecommunications Industry: Past, Present, and Future", The Antitrust Bulletin, 2016.

5. T. S. Rappaport, "Wireless Communications: Principles and Practice", Prentice Hall, 2016.

6. E. Dahlman, S. Parkvall, and J. Skold, "4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband", Academic Press, 2018.

7. M. Sauter, "From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband", Wiley, 2017.

8. Ghosh, R. Ratasuk, B. Mondal, N. Mangalvedhe, and T. Thomas, "LTE-Advanced: Next-Generation Wireless Broadband Technology", Wireless Communications, IEEE, 2017.

9. M. R. Akdeniz et al., "Millimeter Wave Channel Modeling and Cellular Capacity Evaluation", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2018.

10. J. Lansford and A. Stephens, "Wi-Fi (802.11b) and Bluetooth: Enabling Coexistence", IEEE Network, 2020.

11. M. Gast, "802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide", O'Reilly Media, 2016.

12. Воробієнко П.П., Нікітюк Л.А., Резніченко П.І. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підруч. для ВНЗ. - К.: «Саміт-книга», 2010. - С. 146-180.

13. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Проектування телекомунікаційних мереж: підруч. для студ. вищ. навч. зал. за напрямком «Телекомунікації»/ за ред. В.К. Стеклова. - К.: «Техніка», 2016. - С. 94-173.

14. Додонов А.Г., Ланде Д.В. Живість інформаційних систем. - К.: Наук. думка, 2017. - 256 с.

15. Andriy Kovalenko, Heorhii Kuchuk, Vitalii Tkachov Метод забезпечення живучості комп'ютерної мережі на основі vpn-тунелювання // Системи управління навігації та зв'язку Збірник наукових праць. - February 2021. - 1(63):90-95. - DOI: 10.26906/SUNZ.2021.1.090

16. Зайченко Ю.П., Мохаммадреза М. Аналіз показників живучості комп'ютерної мережі з технологією MP1.P // Вісник Національного технічного університету "КПІ". Інформатика, управління та обчислювальна техніка. - Вип. 43. - 2015. - С. 73-80.

17. Mingdong Tang, Yechun Jiang, Jianxun Liu and Xiaoqing Liu, "Location-Aware Collaborative Filtering for QoS-Based Service Recommendation", Web Services (ICWS) 2017 IEEE 19thInternational Conference on, pp. 202-209, 2017.

18. Князєва Н.А., Ненов А.Л. Метод оцінки структурної надійності мережі за зміни її структури // Вісник ДУІКТ. Т.9. - 2011. - № 4. - С. 318-325.

19. Reliability Analysis Software for the Telecommunications Industry. Relyence. URL: https://relyence.com/industries/telecom/. (дата звернення 21.10.23)

19. Maintenance planning and scheduling: an overview. *Reliable Plant*. URL: http://www.reliableplant.com (дата звернення 21.10.23)

20. What is maintenance scheduling? Importance of maintenance scheduling in CMMS. *FieldCircle*. URL: http://www.fieldcircle.com/articles/what-is-maintenance-scheduling/ (дата звернення 11.11.23)

21. Chapter 6 - telecommunications handbook for transportation professionals. *FHWA Operations*. URL: https://ops.fhwa.dot.gov/publications/telecomm_handbook/chapter6.htm (дата звернення 11.11.23)

22. NaaS playbook field maintenance - telecom infra project. *Telecom Infra Project*. URL: https://telecominfraproject.com/naas-playbook-field-maintenance/ (дата звернення 16.11.23)

23. M. Boucadair, O. Bonaventure, M. Piraux et al., "3GPP Access Traffic Steering Switching and Splitting (ATSSS) - Overview for IETF Participants", draft-bonaventure-quic-atsss-overview-00 (work in progress), May 2020.

24. Jieming Zhu et al., "Online QoS Prediction for Runtime Service Adaptation via Adaptive Matrix Factorization", IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 28, pp. 2911-2924, 2019.

25. A. Moussaoui, F. Semchedine and A. Boukerrama, "A link-state QoS routing protocol based on link stability for Mobile Ad hoc Networks", Journal of Network and Computer Applications, vol. 39, pp. 117-125, 2021.

B. An and S. Papavassiliou, "An Entropy-Based Model for Supporting and Evaluating Route Stability in Mobile Ad Hoc Wireless Networks", IEEE Communications Letters, vol. 6, no. 8, pp. 328-330, Aug. 2019.

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Презентація по магістерській роботі на тему:

Методи забезпечення надійності в мережах мобільного зв'язку

Виконав: студент
Жовталюк Василь Григорович

Мета роботи

Об'єкт дослідження – процес передачі, обробки і оптимізації мережевого трафіка в телекомунікаційних мережах.

Предмет дослідження – методи підтримки надійності у телекомунікаційних системах.

Мета роботи – дослідження методів підтримки надійності у телекомунікаційних системах та методики графічного планування роботи телекомунікаційної системи.

Види телекомунікаційних мереж



Телекомунікаційна галузь та постачальники послуг



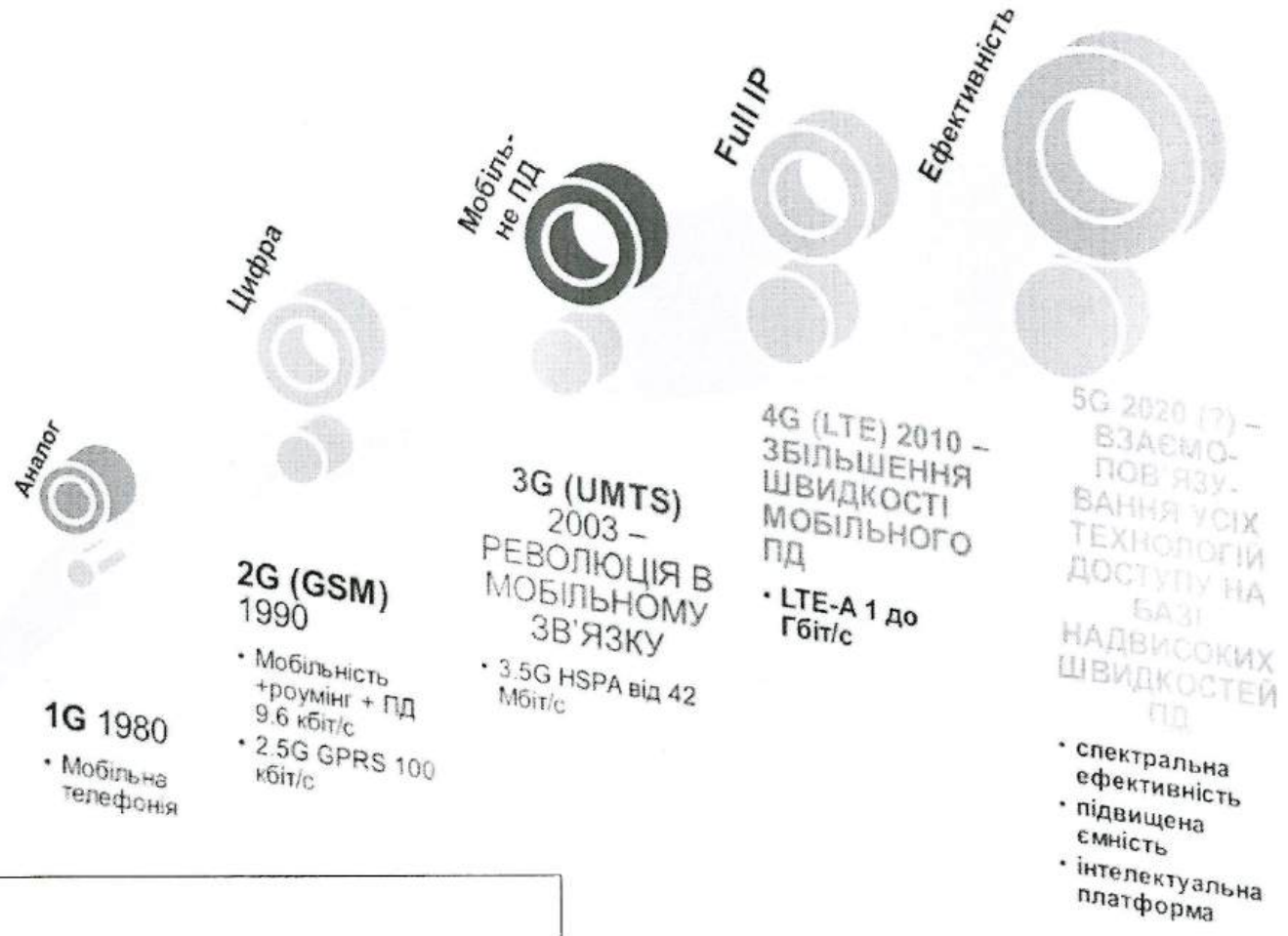








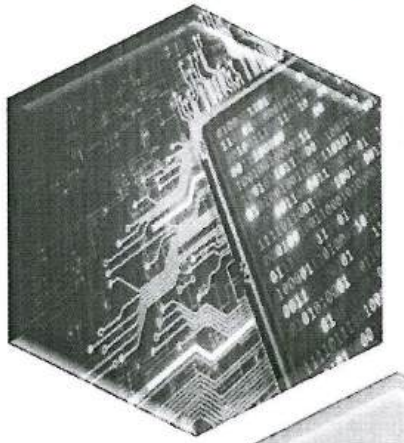
Технологія мобільного зв'язку 4G/5G



Методи підтримання надійності телекомунікаційних систем

- Резервування в телекомунікаційних системах
- Моніторинг та обслуговування телекомунікаційних систем
- Планування аварійного відновлення
- Заходи кібербезпеки
- Quality of Service

Quality of Service (Якість обслуговування)

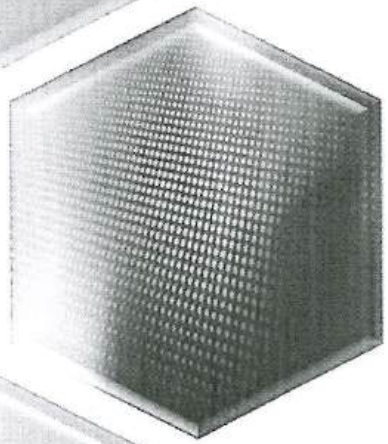


Управління пропускною здатністю

Управління

Мінімізація

Мінімізація затримок

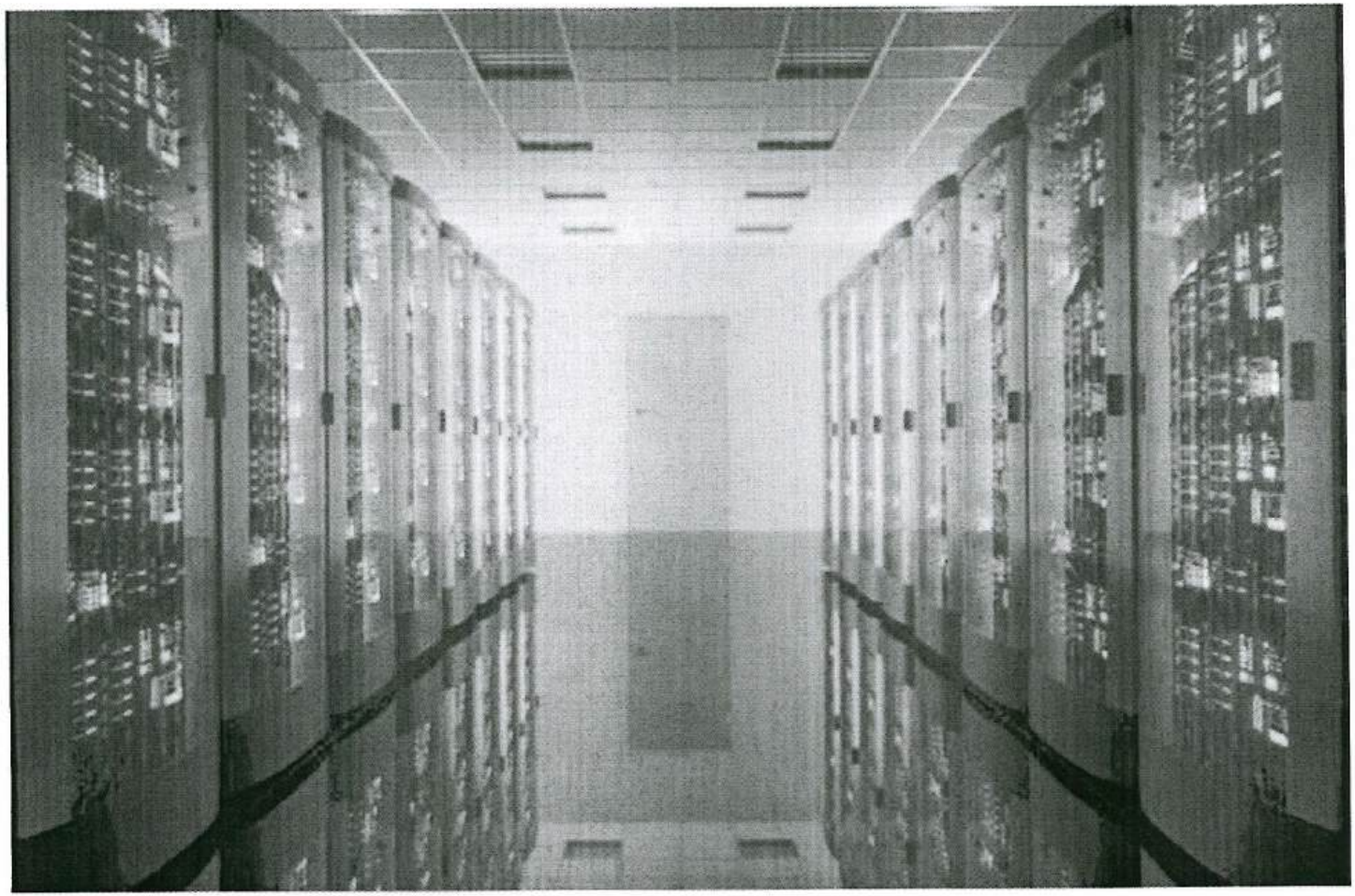


Попередження перевантаження мережі

Пріоритезація трафіку

Попередження

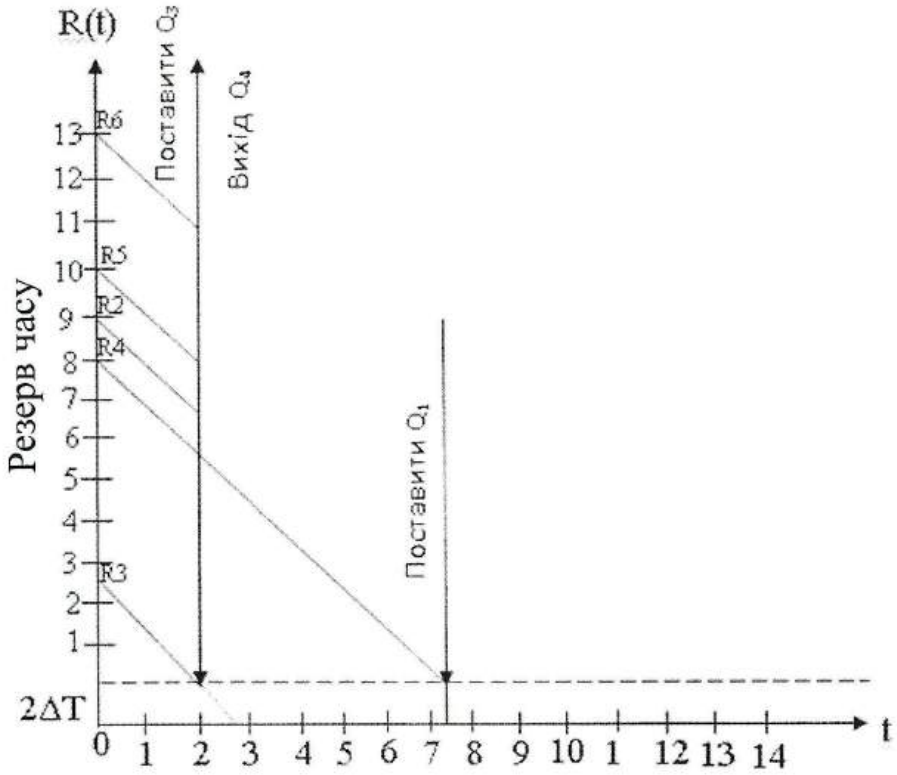
Використання програмних засобів для аналізу надійності в телекомунікаційній галузі



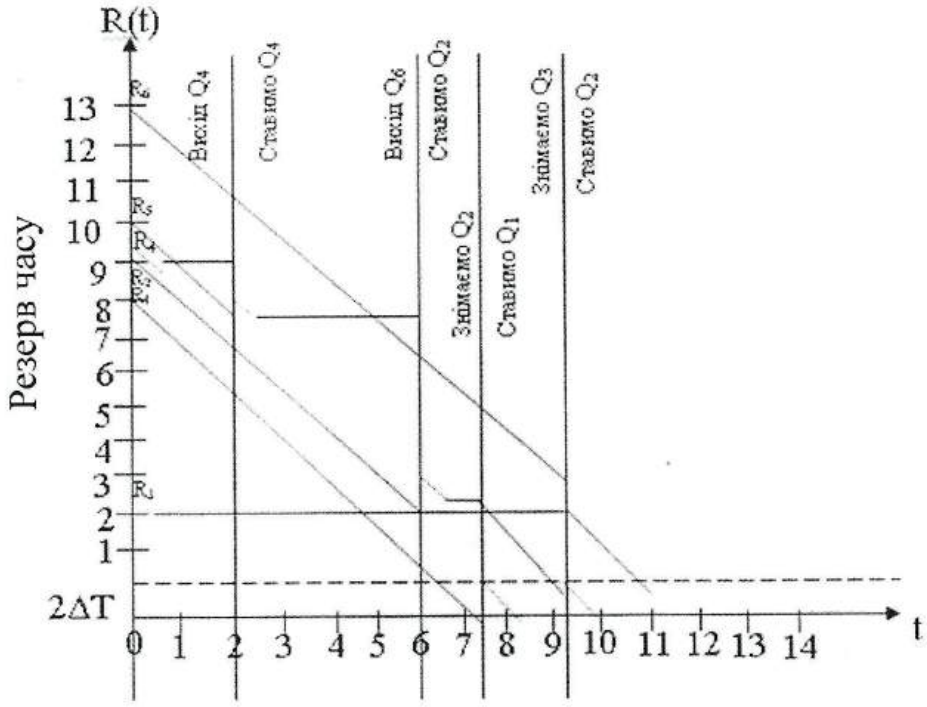
Інструменти аналізу надійності Relyence для телекомунікацій



Графічне планування роботи у телекомунікаційній системі



Резерви часу на обслуговування телекомунікаційних пристрої



Резерви при додаванні пристрою

Висновки

У першому розділі проаналізовано особливостей телекомунікаційних мереж. Розглянуто наступні питання: телекомунікаційна галузь та постачальники послуг; технологія мобільного зв'язку 4G/5G та безпроводові мережі Wi-Fi.

У другому розділі подано методи підтримання надійності телекомунікаційних систем. Розглянуто наступні питання: методи забезпечення надійності телекомунікаційних систем; програмне забезпечення для підтримання надійності телекомунікаційних систем на прикладі Relyence Studio.

У третьому розділі представлено підходи до планування роботи функціональних перетворювачів у телекомунікаційній системі. Розглянуто наступні питання: аналітичне рішення задачі побудови розкладу обслуговування телекомунікаційних систем; та запропоновано графічне вирішення задачі побудування розкладу.

Апробація результатів магістерської роботи

Основні результати магістерської роботи доповідалися на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Telecommunication: problems and innovation», Київ: ДУІКТ, 20 грудня 2023 р.

Основні наукові результати магістерської роботи опубліковано в науковому журналі “Наукові записки ДУІКТ, – 2023, – №2”.

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Василь ЖОВТАЛЮК

Назва: Методи забезпечення надійності в мережах мобільного зв'язку

Координатор: Андрій ЛЕМЕШКО

Підрозділ: ННІТ

Коефіцієнт подібності 1 :10.4

Коефіцієнт подібності 2 :6.0

Тривога: 5

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☑ виявлені в роботі запозичення є сумлінними і не мають ознак плагіату. Тому робота визнається самостійною і допускається до захисту;

☐ виявлені в роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання;

☐ виявлені в роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. У зв'язку з чим, робота не допускається до захисту.

....

Дата *Підпис Наукового керівника*