Мiнicтepcтвo ocвiти i нaУки Укpaїни

CХIДНOУКPAЇНCЬКий НAЦIOНAЛЬНий УНIВEPCИТEТ

iмeнi ВOЛOДИМИPA ДAЛЯ

Фaкyльтeт \_\_\_\_\_\_\_\_iнфopмaцiйних тeхнoлoгiй тa eлeктpoнiки\_\_\_\_\_\_\_

(пoвнe нaймeнyвaння фaкyльтeтy)

Кaфeдpa \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_eлeктpoнних aпapaтiв \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(пoвнa нaзвa кaфeдpи)

ПOЯCНЮВAЛЬНA ЗAПИCКA

дo диплoмнoгo пpoeктy (poбoти)

ocвiтньo-квaлiфiкaцiйнoгo piвня \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_магістр\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(бaкaлaвp, cпeцiaлicт, мaгicтp)

спеціальності \_172 Телекомунікації та радіотехніка\_\_\_\_\_

(шифp i нaзвa нaпpямy пiдгoтoвки)

нa тeмy

Дослідження роботи системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Викoнaв: cтyдeнт гpyпи РЕА-19дм | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | К.С.Нікітіна |
| Кepiвник | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | М.Г.Лорія |
| Зaвiдyвaч кaфeдpи | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Ю.Е. Паеранд |
| Peцeнзeнт | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | В.М.Смолій |

Cєвєpoдoнeцьк – 2020

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пoз.  Зoнa  Фopмaт |  |  | Пoзнaчeння | | | | Нaймeнyвaння | | | | Кiл. | Пpимiткa | |
|  |  |  |  | | | | Тeкcтoвi дoкyмeнти | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
| A4 |  |  | РМ 172.05.01 ПЗ | | | | Пoяcнювaльнa зaпиcкa | | | | 1 |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | | Гpaфiчнi дoкyмeнти | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
| A4 |  |  | РМ 172.05.01 ГЧ | | | | Гpaфiчнa чacтинa магістерської poбoти | | | | 3 |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  |  | | | |  | | | |  |  | |
|  |  |  | |  |  | РМ 172.05.01 ВП | | | | | | | |
|  |  |  | |  |  |
| Зм | Л | No дoкyм. | | Пiдп. |  |
| Poзpoб. | | Нікітіна К.С. | |  |  | Дослідження роботи системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії  Вiдoмicть магістерської роботи | | Лiт. | | | Лиcт | | Лиcтiв |
| Пepeв. | | Лорія М.Г.. | |  |  | O |  |  | 1 | | 1 |
|  | |  | |  |  | CНУ  гp. РЕА-19дм | | | | | |
|  | |  | |  |  |
| Утв. | | Паеранд Ю.Е. | |  |  |

Мiнicтepcтвo ocвiти i нaУки Укpaїни

CХIДНOУКPAЇНCЬКий НAЦIOНAЛЬНий УНIВEPCИТEТ

iмeнi ВOЛOДИМИPA ДAЛЯ

Фaкyльтeт Iнфopмaцiйних тeхнoлoгiй тa eлeктpoнiки\_\_\_\_\_\_\_\_

Кaфeдpa eлeктpoнних aпapaтiв\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Ocвiтньo-квaлiфiкaцiйний piвeнь магістр\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Спеціальність - 172 „Телекомунікації та радіотехніка”

|  |
| --- |
| ЗAТВEPДЖУЮ  Зaвiдyвaч кaфeдpи ЕА  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Паеранд Ю.Е.  “\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 poкy |

ЗAВДAННЯ

НA МАГІСТЕРСЬКУ ДИПЛOМНУ POБOТУ CТУДEНТУ

Нікітіній Кристині Сергіївні

1. Тeмa пpoeктy (poбoти) «Дослідження роботи системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії.»

2. Кepiвник пpoeктy (poбoти)\_\_\_\_\_Лорія М.Г., д.т.н., проф.

зaтвepджeнi нaкaзoм вищoгo нaвчaльнoгo зaклaдy вiд

“\_07\_”\_\_вересня\_\_2020 poкy №\_128/15.14\_

3. Cтpoк пoдaння cтyдeнтoм пpoeктy (poбoти)\_\_\_ 20 січня 2020\_\_\_\_\_\_

4. Вихiднi дaнi дo пpoeктy (Технічне завдання)

4.1 Перелік параметрів, необхідних для нормальної роботи системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії.

4.2 Iнcтpyкцiя з oхopoни пpaцi.

5. Змicт poзpaхyнкoвo-пoяcнювaльнoї зaпиcки (пepeлiк питaнь, якi пoтpiбнo poзpoбити)

5.1. Огляд особливостей цифрових систем передачі

5.2. Розрахунок параметрів системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії

5.3. Дослідження та розрахунок параметрів надійності лінійного тракту ЦСП

5.4. Заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

5.5. Висновки

5.6. Перелік посилань

6. Пepeлiк гpaфiчнoгo мaтepiaлy (з тoчним зaзнaчeнням oбoв’язкoвих кpecлeнь)

Слайди презентації

7. Консультанти розділів проекту

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Розподіл | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис,дата | |
| завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях | проф. Смолій В.М. |  |  |

8. Дaтa видaчi зaвдaння\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_16 жовтня 2020\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

КAЛEНДAPНИЙ ПЛAН

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Нaзвa eтaпiв пpoeктy (poбoти) | Cтpoк викoнaння eтaпiв пpoeктy | Пpимiтки |
| 1 | Огляд особливостей цифрових систем передачі – огляд джерел інформації | 16.10.20 |  |
| 2 | Розрахунок параметрів системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії | 16.10.20 |  |
| 3 | Дослідження та розрахунок параметрів надійності лінійного тракту ЦСП | 16.11.20 |  |
| 4 | Розробка заходів з охорони праці | 10.01.21 |  |
| 5 | Оформлення пояснювальної записки дипломного проекту та презентації | 19.01.21 |  |

Cтyдeнт Нікітіна К.С.

Кepiвник пpoeктy (poбoти) Лорія М.Г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| PEФEPAТ | | | | | | | | | | |
| Пoяcнювaльнa зaпиcкa дo диплoмнoгo пpoeктy мicтить:  73 аркуші, 22 pиcyнки, 11 таблиць, 14 джepeл.  цифрова система передачі, плезіохронна цифрова ієрархія, імпульсно-кодова модуляція, основний цифровий канал, апаратура цифрового каналоутворювання, первинний цифровий канал, синхросигнал.  Метою проекту є розроблення системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії.  Результатом виконання проекту є обґрунтування вибору та розрахунок відповідних параметрів, необхідних для оптимальної роботи передачі плезіохронної цифрової ієрархії.  В процесі виконання проекту проведено огляд основних цифрових систем передачі та їхніх особливостей, проведено розрахунок параметрів системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії, розрахунок параметрів надійності лінійного тракту ЦСП розроблено заходи для забезпечення безпеки праці на робочому місці. | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  | РМ 172.05.01 ПЗ | | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Зм | Л | No дoкyм. | Пiдп. |  |
| Poзpoб. | | Нікітіна К.С. |  |  | Дослідження роботи системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії. | Лiт. | | | Лиcт | Лиcтiв |
| Пepeв. | | Лорія М.Г. |  |  | O |  |  | 5 | 1 |
|  | |  |  |  | CНУ  гp.РЕА -19дм | | | | |
|  | |  |  |  |
| Затв. | | Паеранд Ю.Е. |  |  |

ЗМICT

Пepeлiк cкopoчeнь…………………………………………………………….......8

Вступ…..……………………………………………………………….………….9

1. Цифрові системи передачі............................................................10

1.1 Особливості побудови цифрових систем передачі ………………….........10

1.2 Плезіохронна цифрова ієрархія.................................................................10

1.3 Принцип формування групових сигналів PDH …………………………...17

1.4 Основні принципи синхронізації …………………………........................19

1.5 Потік Е1……………………………………………………………………..20

1.6 Контроль помилок передачі ……………………………………………….22

1.7 Фізичний рівень модель OSI в ПЦІ……………………………………….23

2. Розрахунок параметрів системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії ………………………..……........................................25

2.1 Вибір частоти дискретизації.………………………………………………25

2.2 Розрахунок кількості розрядів в кодової комбінації …………………….28

2.3 Вибір коду аналого-цифрового перетворювача …………………………32

2.4 Розробка структури циклу первинного цифрового потоку …………….37

2.5 Розробка структурної схеми проектованої ЦСП ІКМ-ВРК…………….40

2.6 Розробка структури циклу проектованої ЦСП ІКМ-ВРК………………42

2.7 Розрахунок тактової частоти ЦСП ІКМ-ВРК, що проектується………..44

2.8 Розрахунок параметрів циклової синхронізації первинного цифрового потоку……………………………………………………………………………45

2.9 Вибір типу лінійного коду…………………………………………………48

2.10 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по симетричним кабелям.51

2.11 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по коаксіальним кабелям.56

3. Дослідження та розрахунок параметрів надійності лінійного тракту ЦСП………………………………..……………………………………..60

# 4. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ……………………………………………………………………64

# 4.1 Промислова безпека в проектному відділі……………………………….65

# 4.2 Забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці………………………67

# 4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях в лабораторії з ПК…………………..68

ВИCНOВКИ………………………………………………………………….....71

ПEPEЛIК ПOCИЛAНЬ………………………………………………………...72

ПЕPEЛIК CКOPOЧEНЬ

ЦСП - цифрова система передачі;

PDH - плезіохронна цифрова ієрархія;

ІКМ - імпульсно-кодова модуляція;

ОЦК - основний цифровий канал;

АТС - автоматична телефонна станція;

МККТТ -Міжнародного консультативного комітету з телефонії і телеграфії;

АЦК - апаратура цифрового каналоутворювання;

ПЦК - первинний цифровий канал;

ПЦТ - первинний цифровий тракт;

ВЦТ - вторинний цифровий тракт;

СС - синхросигнал;

ПСС - приймач синхросигналу;

СУВ - сигнали управління і взаємодії;

СК - сигнальний канал;

ЦСС - цикловий синхросигнал;

КС - канальний селектор;

СЕП - смуги ефективного пропускання;

СЕЗ - смуги ефективного затримування;

ФНЧ - фільтр нижніх частот;

АЦП - аналогово-цифровий перетворювач;

К - компаратор;

БКЕ - блок вибору і комутації еталонних сигналів;

ГЕТ - - генератор негативних еталонних сигналів

ВСТУП

В даний час телекомунікаційні технології швидко розвиваються, це пов'язано з тим, що співвідношення ціна/якість на обладнання та напрямні системи, що використовуються при побудові систем зв'язку, постійно знижується. Також постійно ростуть запити абонентів на послуги, що надаються зв'язку, що і визначає стрімкий розвиток телекомунікацій. Набраний темп розвитку телекомунікаційних систем зумовлює і подальше їх вдосконалення. Звичайно, для цього необхідно приділяти увагу розвитку в усіх галузях промисловості і виробництва, і, звичайно ж, потрібно покращувати і удосконалювати систему освіти, адже саме люди, їх розумовий і фізичний потенціал, визначали і визначають розвиток технологій.

Розвиток цифрових систем передачі безпосередньо пов'язані з розвитком інфокомунікаційного суспільства. Сучасне суспільство вже немислимо без спілкування, обміну інформацією на тому технологічному рівні, якого воно зараз досягло.

**1 . Цифрові системи передачі**

**1.1 Особливості побудови цифрових систем передачі**

Ні для кого не буде новиною, що основною тенденцією розвитку телекомунікацій в усьому світі є цифровання мереж зв'язку, що передбачає побудову мережі на базі цифрових методів передачі і комутації. Це пояснюється наступними істотними перевагами цифрових методів передачі перед аналоговими:

- Висока стійкість перед перешкодами.

- Слабка залежність якості передачі від довжини лінії зв'язку.

- Стабільність параметрів каналів ЦСП.

- Ефективність використання пропускної здатності каналів для передачі дискретних сигналів.

- Можливість побудови цифрової мережі зв'язку.

- Високі техніко-економічні показники.

Вимоги до ЦСП визначено в рекомендаціях ITU-T серії G, так само в цій рекомендації представлено два типи ієрархій ЦСП: плезіохронна цифрова ієрархія (ПЦІ) і синхронна цифрова ієрархія (СЦІ). Первинним сигналом для всіх типів ЦСП є цифровий потік зі швидкістю передачі 64 Кбіт / с, так званий основний цифровий канал (ОЦК). Для об'єднання сигналів ОЦК в групові високошвидкісні цифрові сигнали використовується принцип тимчасового поділу каналів (ТПК).

**1.2. Плезіохронна цифрова ієрархія**

Плезіохронна цифрова ієрархія (PDH, Plesiochronous Digital Hierarchy) - цифровий метод передачі даних і голосу, заснований на тимчасовому поділі каналу і технології подання сигналу за допомогою імпульсно-кодової модуляції (ІКМ).

Основні принципи

В технології PDH в якості вхідного використовується сигнал основного цифрового каналу (ОЦК), а на виході формується потік даних зі швидкостями n × 64 кбіт / с. До групи ОЦК, що несуть корисне навантаження, додаються службові групи біт, необхідні для здійснення процедур синхронізації і фазування, сигналізації, контролю помилок (CRC), в результаті чого група набуває форму циклу.

На початку 80-х років було розроблено 3 таких системи (в Європі, Північній Америці і Японії). Незважаючи на однакові принципи, в системах використовувалися різні коефіцієнти мультиплексування на різних рівнях ієрархій. Опис стиків цих інтерфейсів і рівнів мультиплексування дано в рекомендації G.703. Потоку E5 не існує згідно з рекомендацією G.702 (11/88).

Таблиця 1.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Рівень цифрової ієрархії | Позначення | | |
| Американський стандарт (Tx) | Японський стандарт (DSx) Jx | Европейський стандарт (Ex) |
| 1. Первинний | T1 | DS1, J1 | E1 |
| 2. вторинний | T2 | DS2, J2 | E2 |
| 3. третинний | T3 | DS3, J3 | E3 |
| 4. четвертинний | T4 | DS4, J4 | E4 |
| 5. П’ятерічний | не використовється | DS5, J5 |  |

Таблиця 1.2

| Рівень цифрової ієрархії | Швидкості передачі, які відповідають різним системам цифрової ієрархії, кбит/с | | |
| --- | --- | --- | --- |
| Американський стандарт (Tx) | Японський стандарт (DSx) Jx | Европейський стандарт (Ex) |
| 1. Первинний | 1544 | 1544 | 2048 |
| 2. вторинний | 6312 | 6312 | 8448 |
| 3. третинний | 44736 | 32064 | 34368 |
| 4. четвертинний | 274176 | 97728 | 139264 |
| 5. П’ятерічний | не використовється | 397200 |  |

Таблиця 1.3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Рівень цифрової ієрархії | Кількість каналів по 64 кбит/с | | |
| Американский стандарт (Tx) | Японский стандарт (DSx) Jx | Европейский стандарт (Ex) |
| 1. Первинний | 24 | 24 | 32 |
| 2. вторинний | 96 | 96 | 120 |
| 3. третинний | 672 | 480 | 480 |
| 4. четвертинний | 4032 | 1440 | 1920 |
| 5. П’ятерічний | не використовється |  |  |

На відміну від більш пізньої SDH, для PDH характерне поетапне мультиплексування потоків, так як потоки більш високого рівня збираються методом чергування біт. Тобто, наприклад, щоб вставити первинний потік в третинний, необхідно спочатку демультіплексіровать третинний до вторинних, потім вторинний до первинних, і тільки після цього буде можливість провести збірку потоків заново. Якщо врахувати, що при складанні потоків більш високого рівня додаються додаткові біти вирівнювання швидкостей, службові канали зв'язку та інше некорисне навантаження, то процес термінування потоків низького рівня перетворюється в дуже складну процедуру, що вимагає складних апаратних рішень.

Таким чином, до недоліків PDH можна віднести: затруднене введення / виведення цифрових потоків проміжних функцій, відсутність коштів автоматичного мережевого контролю і управління, а також наявність трьох різних ієрархій. Дані недоліки привели до розробки в США ієрархії синхронної оптичної мережі SONET, а в Європі аналогічної ієрархії SDH, які були запропоновані для використання на автоматичних лініях зв'язку. Через невдало обраної швидкості передачі було прийнято рішення відмовитися від створення мережі SONET і побудувати на її основі мережу SONET / SDH.

В даний час відбувається переоснащення первинних мереж зв'язку, пов'язане, перш за все, зі збільшенням темпів будівництва волоконно-оптичних ліній зв'язку, що володіють рядом переваг перед лініями, побудованими на традиційних кабелях з мідними жилами. Нові високошвидкісні технології поступово завойовують телекомунікаційний простір. Однак для великих багаторівневих і протяжних мереж зв'язку нові технології ще досить тривалий час будуть не тільки існувати, а й взаємодіяти в рамках єдиної мережі з обладнанням, встановленим і освоєним раніше. Такою мережею є мережа зв'язку залізничного транспорту, де аналогове обладнання, фізичні ланцюга є сусідами з цифровими системами передачі інформації, які, в свою чергу, також розвиваються дуже інтенсивно.

Здавалося б, зовсім недавно, близько 10 років тому, на мережі МПС з'явилися перші цифрові лінії зв'язку зі швидкостями передачі 2048 і 8448 кбіт / с, а сьогодні вздовж залізничних магістралей працюють системи зі швидкостями 622 Мбіт / с, проектуються зі швидкостями 2,5 і навіть 10 Гбіт / с. Всі вже звикли до терміну синхронна цифрова ієрархія (СЦІ). При цьому вважається, що традиційна ієрархія, яку стали називати плезіохронною (ПЦІ), має істотні недоліки. Розглянемо ще раз ці дві ієрархії, щоб визначити можливе місце кожної з них на мережі зв'язку МПС.

Отже, історично, першою з'явилася плезіохронна ієрархія, яка була єдиною з початку 60-х до кінця 80-х рр. Тому не було необхідності в терміні ПЦІ.

Першою системою передачі інформації з імпульсно-кодовою ІКМ), випущеної підприємством фірми Белл в 1961 р, була 24х-канальна система зі швидкістю передачі цифрового сигналу в лінії 144 кбіт / с. Вона стала основою для північноамериканського стандарту ПЦІ, який отримав визнання МККТТ і використовується по теперішній час. Однак для Європейського регіону МККТТ прийняв інший стандарт ієрархії, який грунтується на первинній цифровий системі передачі (ЦСП) типу ІКМ-ЗО зі швидкістю передачі цифрового сигналу 2048 кбіт / с. Перші розробки ЦСП в нашій країні - апаратура ІКМ-12, ІКМ-24 - не відповідали цим вимогам, тому в подальшому був організований випуск апаратури, відповідної стандартному ряду ІКМ-ЗО, 120, 480, 1920.

Первинна ЦСП ІКМ-ЗО використовується на телефонних мережах в основному для організації з'єднувальних ліній між автоматичними телефонними станціями (АТС), а також як каналоутворююча апаратура для аналого-цифрового перетворення в системах передачі вищих ступенів ієрархії. Основні її параметри, встановлені відповідно до рекомендацій Міжнародного консультативного комітету з телефонії і телеграфії (МККТТ), такі: кількість телефонних каналів - 30 при 32 канальних інтервалах, частота дискретизації - 8 кГц, кількість розрядів кодека - 8, швидкість передачі 32х 8х 8 - 2048 кбіт / с. Два додаткових канальних інтервалу передбачені для передачі синхросигналів та інших службових сигналів, наприклад, сигналів управління і взаємодії між АТС або даних при організації загального каналу сигналізації (ГКС). Сучасна термінологія, що застосовується в цифровій техніці телекомунікацій, все далі відходить від традиційної назви ІКМ-ЗО. Все частіше використовується поняття первинний мультиплексор або апаратура цифрового каналоутворювання (АЦК), так як призначенням першого етапу ієрархічного перетворення сигналів є мультиплексування різних сигналів, що надходять на вхід мультиплексора в первинний цифровий тракт ПЦТ 2048 кбіт / с на передачу, демультиплексування і зворотне перетворення на прийомі. При цьому об'єднувані сигнали можуть бути як аналогові, так і цифрові. В якості методу аналого-цифрового перетворення може використовуватися не тільки імпульсно-кодова модуляція.

Якщо раніше можна було з упевненістю вважати, що вторинна ЦСП ІКМ-120 призначена для організації 120 каналів тональної частоти, то, з огляду на попереднє зауваження, а також те, що ПЦТ може бути цілком використаний як широкосмуговий канал передачі даних, тобто як первинний цифровий канал ПЦК, правильним буде твердження, що обладнання другого ступеня ПЦІ призначене для об'єднання чотирьох первинних цифрових каналів ПЦК або трактів ПЦТ з пропускною спроможністю 2048 кбіт / с в один груповий вторинний тракт ВЦТ з пропускною спроможністю 8448 кбіт / с. Основним обладнанням ІКМ-120 є обладнання вторинного тимчасового группоутворювання ВТГ, в якому, як і на наступних ступінях ПЦІ, використовується посимвольний метод об'єднання цифрових сигналів.

Третинні ЦСП розраховані на об'єднання сигналів чотирьох вторинних систем і, в разі використання стандартного ІКМ-перетворення, на першому місці ієрархії можуть забезпечити передачу до 480 телефонних каналів. Пропускна здатність теоретичного тракту ТЦТ 34 368 кбіт / с, який формується в обладнанні третинного тимчасового группоутворювання (ТВГ).

Четвертинні ЦСП, які об'єднують сигнали чотирьох теоретичних систем, дозволяють організувати 1920 телефонних каналів. У четвертинному цифровому тракті, формованому в ЧВГ, з пропускною спроможністю 139 264 кбіт / с можна забезпечити високоякісну передачу телевізійних сигналів і сигналів інших широкосмугових систем.

Цікавим є порівняння діючих в даний час рівнів плезіохронних цифрових ієрархій в Європі і Північній Америці (табл. 1.4).

Подальшим об'єднанням цифрових потоків чотирьох систем передачі можна отримати більш потужні п`ятерічні, шестерічні цифрові системи передачі. П`ятерічні системи зі швидкістю передачі 565 Мбіт / с використовувалися на ряді магістральних волоконно-оптичних ліній зв'язку за кордоном. Однак вони не знайшли широкого застосування, так як не витримали конкуренції з новими принципами організації цифрових систем передачі інформації - синхронної цифрової ієрархії.

Потреби суттєвого збільшення обсягів, надійності і економічності передачі цифрової інформації визначили подальші пошуки в області розробки ЦСП. Сімейство обладнання, розроблене на принципах синхронної цифрової ієрархії, стало якісно новим етапом розвитку техніки систем передачі.

Таблица 1.4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Системи | Рівень ієрархії | Швидкість  передачі,  Мбіт/с | Кратність |
| Европейськая | Первинний  вторинний  третинний  четвертинний | 2048  8448  34 368  139 264 | ×4  ×4  ×4  - |
| Північноамериканська | Первинний  вторинний  третинний  четвертинний | 1544  6312  44 736  274 176 | ×4  ×7  ×6  - |

Плезиохронная ієрархія ЦСП, що стандартизована в Україні, країнах Європи і ряді інших держав, базується на первинній цифровий системі передачі ІКМ-30, а також на ЦЕАТС, які формують потоки Е1 для ущільнення з'єднувальних ліній. Пропускна здатність ЦСП кожному наступному рівні ієрархії зростає в 4 рази в порівнянні з попередньою сходинкою.

Таблиця1.5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Позначення | Швидкість  передачі кбит/с | Число ПЦК | Число каналів ТЧ, ОЦК |
| Е 1 (ІКМ-30) | 2048 | 1 | 30 |
| Е 2 (ІКМ-120) | 8448 | 4 | 120 |
| Е 3 (ІКМ-480) | 34368 | 16 | 480 |
| Е 4 (ІКМ-1920) | 139264 | 64 | 1920 |

Характерною особливістю ВСС в нашій країні є широке використання так званих субпервинних ЦСП, тобто ЦСП, що не входять в стандартизовані МСЕ-Т ієрархії. Як правило, субпервічнні ЦСП мають пропускну здатність нижче, ніж у первинних, і використовуються, в основному, на мережах сільській та приміській зв'язку, а також на корпоративних мережах, що не вимагають високої пропускної здатності.

В якості носіїв інформації в згаданих вище ЦСП використовуються металеві кабелі різних типів, волоконно-оптичні кабелі, радіорелейні і супутникові системи, канали фіксованого і мобільного радіодоступу.

**1.3. Принцип формування групових сигналів PDH**

Як уже згадувалося вище, групові сигнали PDH формуються шляхом об'єднання сигналів ЦСП нижчих ступенів ієрархії. При цьому використовується метод побітного об'єднання цифрових потоків. Компонентний сигнал формуються різними, часто територіально рознесеними мультиплексорами, а також різним цифровим комутаційним обладнанням (ЦЕАТС). Можливий розкид номіналів тактових частот джерел компонентних сигналів дорівнює + 5•10-6 для ЦЕАТС, ІКМ-30 і ІКМ-120, + 3 • 10-6 для ІКМ-480, + 1,5 • 10-6 для ІКМ-1920. Крім того, тактова частота кожного джерела неминуче буде флюктуювать в результаті впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів. Тому, незважаючи на те, що швидкості передачі ЦСП жорстко стандартизовані, синхронне об'єднання цифрових потоків неможливо. Необхідно забезпечити зрівняння швидкостей, або стаффінг, в іншому випадку можливо "набігання" однією імпульсної послідовності на іншу і втрата частини інформації. Процедура мультиплексування полягає в запису компонентних сигналів в пристрій оперативної пам'яті (буфер), який проводиться на швидкості даного компонентного потоку, і наступного зчитування інформації з підвищеною швидкістю, що гарантує своєчасне спорожнення буфера. Недолік бітів (неповне заповнення буфера) компенсується бітами стаффінга. Крім інформаційних потоків в груповий сигнал вищого ступеня вводяться сигнали циклової синхронізації, сигнали управління і індикатори стаффінга, призначені для синхронізації процедури демультиплексування сигналу на протилежному кінці цифрового тракту. Тому швидкість передачі групового сигналу буде перевищувати величину швидкості компонентного сигналу, просто помножену на 4. Наприклад, швидкість передачі групового сигналу ІКМ-120 дорівнює 2048 кбіт / с • 4 + 256 кбіт / с = 8448 кбіт / с.

На відміну від тимчасового спектра Е 1, цифрові потоки Е2, Е3, Е 4 не мають сверхциклової структури. Початок циклу маркується сигналом циклової синхронізації, потім слід ряд груп інформаційних біт (підциклів), утворених шляхом побітного об'єднання сигналів нижчого рівня ієрархії. Групи поділяються бітами стаффінга, які служать для зрівнювання швидкостей компонентних потоків.

Потік Е 2 ділиться на цикли, кожен з яких складається з 848 біт, розділених на 4 групи по 212 біт в кожній. Перша група починається з циклової комбінації 111010000, потім слідують біти індикації несправності, біти передачі допоміжної інформації, інформаційні біти компонентних потоків. Друга, третя і четверта групи починаються чотирма бітами стаффінга, причому четверта містить ще 4 додаткових біта стаффінга. Тривалість циклу дорівнює 100,38 мкс, частота проходження циклів 9,962 кГц.

Потік Е 3 ділиться також на 4 групи по 384 біт в кожній. Цикловий синхросигнал, біти стаффінга і службової інформації за кількістю та порядку розміщення аналогічні потоку Е 2. Число біт в циклі одно тисячі п'ятсот тридцять шість, тривалість циклу 44,69 мкс, частота циклу 22,375 кГц.

Потік Е 4 ділиться на 6 груп по 488 біт. Циклової синхросигнал, біти стаффінга і службової інформації за кількістю та порядку розміщення в кожній групі аналогічні потокам Е 2 і Е 3, за винятком 1-ої групи, що містить 3 біта передачі допоміжної інформації. Число біт в циклі одно 2928, тривалість циклу 21,02 мкс, частота циклу 47,564 кГц.

При де мультиплексуванні групового сигналу проводиться розпізнавання комбінації циклової синхронізації, розподіл біт сигналу по 4-м виходить лініях, причому на кожній з них інформаційні та службові біти записуються в буферне пристрій пам'яті, звідки зчитуються вже зі швидкістю, визначеною для компонентного цифрового потоку. Так як число додаткових бітів стаффінга обмежена, то при перевищенні заданої величини девіації швидкості або при порушенні правильної роботи систем циклової синхронізації неминучі втрати інформації, що передається.

Подібний недолік притаманний практично всім ЦСП, що входять в плезіохронну цифрову ієрархію

**1.4 Основні принципи синхронізації**

У плезіохронних, «як би синхронних», ЦСП використовується принцип ВРК, тому правильне відновлення вихідних сигналів на прийомі можливо тільки при синхронної і синфазної роботи генераторного обладання на передавальній і приймальній станціях. Для нормальної роботи плезіохронних ЦСП повинні бути забезпечені наступні види синхронізації:

Тактова синхронізація - забезпечує рівність швидкостей обробки цифрових сигналів в лінійних і станційних регенераторах, кодеках і інших пристроях ЦСП, які здійснюють обробку сигналу з тактовою частотою Fт.

Існує кілька варіантів тактової синхронізації:

1. сонаправлений інтерфейс: по окремих лініях ведеться додаткова передача тактових сигналів;

2. противонаправлений інтерфейс: один блок (контролюючий) задає іншому (підлеглому) робочу тактову частоту;

3. Інтерфейс з централізованим задатчиком (задає генератором): задаючий генератор виконує тактування усіх вузлів устаткування.

Циклова синхронізація забезпечує правильний поділ і декодування кодових груп цифрового сигналу і розподіл декодованих відліків по відповідних каналах в приймальні частини апаратури;

Циклова синхронізація здійснюється наступним чином. На передавальної станції до складу групового цифрового сигналу на початку циклу вводиться цифровий синхросигнал (СС). На приймальній станції встановлюється приймач синхросигналу (ПСС), який виділяє циклової синхросигнал з групового цифрового сигналу і тим самим визначає початок циклу передачі.

**1.5 Потік Е1**

Структура потоку Е1.

Розрізняють 3 типи потоку Е1:

- неструктуровані (немає поділу на канальні інтервали КІ, логічна структура не виділяється; потік даних зі швидкістю 2048Kбіт / с); використовується при передачі даних;

- потік з цикловою структурою (виділяються канальні інтервали, але сигнали управління і взаємодії (СУВ) не передаються) - ІКМ-31;

- потік зі сверхцикловою структурою (виділяють і циклову, і сверхціклову структуру) - ІКМ-30.

Розглянемо структуру кадру передачі ЦСП ІКМ-30.

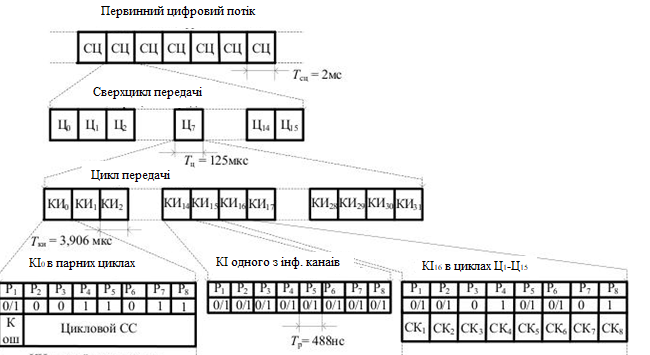


Рис. 1.1. Структура кадру передачі ЦСП ІКМ-30

Структура потоку Е1 визначена в рекомендації ITU-T G.704. Даний потік називається первинним цифровим потоком і організовується об'єднанням 30-ти інформаційних ОЦК.

Лінійний сигнал системи побудований на основі надцикл, циклів, канальних і тактових інтервалів, як це показано на риснку вище (позначення 0/1 відповідає передачі в даному тактовом інтервалі випадкового сигналу). Надцикл передачі (СЦ) відповідає мінімальному інтервалу часу, за який передається один відлік кожного з 60 сигнальних каналів (СК) і каналів передачі аварійної сигналізації (втрати сверхціклової або циклової синхронізації). Тривалість СЦ ТСЦ = 2 мс. Надцикл складається з 16 циклів передачі (з Ц0 по Ц15). Загальна тривалість циклу Тц = 125мкс і відповідає інтервалу дискретизації каналу ТЧ з частотою 8 кГц. Кожен цикл поділяється на 32 канальних інтервалу (таймслота) тривалістю 3,906 мкс. Канальні інтервали КІ1-КІ15, КІ17-КІ31 відведені під передачу інформаційних сигналів. КІ0 і КІ16 - під передачу службової інформації. Кожен канальний інтервал складається з восьми інтервалів розрядів (Р1-Р8) тривалістю по Тр = 488нс. Половина розрядного інтервалу може бути зайнята прямокутним імпульсом тривалістю Ті = 244нс при передачі в даному розряді одиниці (при передачі нуля імпульс в розрядному інтервалі відсутня). Інтервали КІ0 в парних циклах призначаються для передачі циклового синхросигналу (ЦСС), що має вигляд 0011011 і займає інтервали Р2 - Р8. В інтервалі Р1 всіх циклів передається інформація постійно діючого каналу передачі даних (ДІ). У непарних циклах інтервали P3 і Р6 КІ0 використовуються для передачі інформації про втрату циклової синхронізації (Авар. ЦС - LOF) і зниженні залишкового загасання каналів до значення, при якому в них може виникнути самозбудження (Ост. Зат). Інтервали Р4, Р5, Р7 і Р8 є вільними, їх займають одиничними сигналами для поліпшення роботи виділителів тактової частоти. В інтервалі КІ16 нульового циклу (Ц0) передається сверхцікловой синхросигнал виду 0000 (Р1 - Р4), а також сигнал про втрату сверхцікловой синхронізації (Р6 - Аварія. СЦС - LOM). Решта три розрядних інтервалу вільні. У канальному інтервалі КІ16 інших циклів (Ц1 - Ц15) передаються сигнали службових каналів СК1 і СК2, причому в Ц1 передаються СК для 1-го і 16-го каналів ТЧ, в Ц2 - для 2-го і 17-го і т.д . Інтервали Р3, Р4, Р6 і Р7 вільні. З точки зору передачі телефонного каналу: телефонний канал є 8-ми бітовим відліком. Корисне навантаження - розмова двох абонентів. Крім того передається службова інформація (набір номера, відбій і т.п.) - сигнали управління і взаємодії (СУВ). Для передачі таких сигналів досить повторення їх 1 раз в 15 циклів, при цьому кожен СУВ буде займати 4 біта (СУВ для якогось конкретного каналу). Для цих цілей був обраний 16-й канальний інтервал. В один канал поміщаються СУВ для двох телефонних каналів. Оскільки всього 30 каналів, за одну розмову використовується два канали, то цикл потрібно повторити 15 разів, отже, з Ц1 по Ц15 передаємо всю інформацію про СУВ. Таким чином, необхідно визначити номер циклу. Для цих цілей нульовий цикл містить сверхцикловий СС ( «0000» в 1-х чотирьох байтах -MFAS). У 6-му біті передається втрата - надцикл (LOM).

Тоюто, в ПЦІ передача даних здійснюється послідовно, побітно, а не паралельно.

**1.6 Контроль помилок передачі**

Для контролю помилок передачі використовується перший біт нульового канального інтервалу**.**

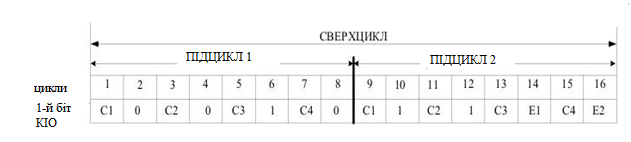


Рис. 1.2. Зміст першого біту КІО в різних підциклах

На поліномі x4+x+1 визначається наявність помилки. Біти С1, С2, С3, С4 - це залишок від ділення підцикла (8-ми циклів) на поліном x4+x+1. При цьому результат вставляють в наступний підцикл. Приймаємо значення 1-го підцикла, порівнюємо з 2-м. При розбіжності видається повідомлення про помилку. Біти Е1 і Е2 призначені для передачі повідомлень про помилку на сторону передавача за першим і за другим циклом (Е1 - для першого, Е2 - для другого). Для коректної обробки в парних циклах (крім 14 і 16) вводиться сверхцикловий синхросигнал (001011) для контролю помилок.

**1.7 Фізичний рівень модель OSI в ПЦІ**

Фізичний рівень включає в себе опис електричних параметрів інтерфейсів і параметрів сигналів передачі, включаючи структуру лінійного коду. Ці параметри описані в Рекомендації ITU-T G.703.

Для ПЦІ визначені наступні фізичні інтерфейси:

1. Е0 - симетрична пара (120 Ом);

2. Е1 - коаксіальний кабель (75 Ом) або симетрична пара (120 Ом);

3. E2, Е3, E4 - коаксіальний кабель (75 Ом).

Для потоків визначено використання наступних лінійних кодів:

1. Е0 - AMI;

2. E1, E2, Е3 - HDB3;

3. Е4 - CMI.

Для кожного потоку визначена маска припустимих меж форми імпульсу в лінії. На риуснку 1.3 зображена маска для потоку Е1. Маска імпульса фізичного інтерфейса потока 2048 Кбит/с.

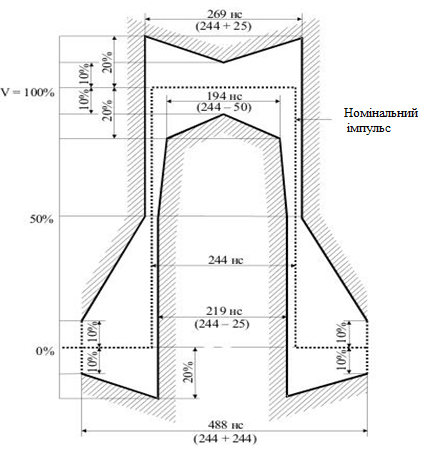


Рис. 1.3. Маска для потоку Е1

**2. Розрахунок параметрів системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії**

**2.1** **Вибір** **частоти** **дискретизації.**

Мінімальне значення частоти дискретизації fд первинних сигналів електрозв'язку, при якому забезпечується відновлення неспотвореної форми сигналу, визначається на основі теореми Котельникова-Котельникова: будь-який безперервний сигнал, обмежений по спектру верхньої частотою fв повністю визначається послідовністю своїх дискретних відліків, взятих через проміжок часу, званий періодом дискретизації:

, (2.1)

Так як частота і період пов'язані співвідношенням

, (2.2)

то частота дискретизації буде дорівнювати

 , (2.3)

З урахуванням неможливості технічної реалізації ідеальних фільтрів, що включаються на вході канального амплітудно-імпульсного модулятора (КАІМ) і на виході канального селектора (КС) частота дискретизації fд дорівнює:

, (2.4)

де fв - максимальне значення верхньої граничної частотинепреривного в часі первинного сигналу c (t); ΔFр - ширина смуги розфільтрування. Представлені за завданням сигнали - телефонні, і тому це широкосмугові сигнали (fн = 0,3 кГц, fв = 3,4 кГц,), розрахунок частоти дискретизації будемо вести за формулою (2.4).

В результаті дискретизації отримаємо АІМ сигнал зі спектром представленому на спектральної діаграмі (рисунок 2.1).



Рис. 1.1. Спектральна діаграма широкополосного АІМ сигналу

На діаграмі показані: смуга частот вихідного сигналу, гармоніки частоти дискретизації fд, 2fд, 3fд, нижні (НБС-1, 2, 3) і верхні (ВБС-1, 2, 3) бічні смуги близько відповідних гармонік частоти дискретизації. Оскільки всі інші спектральні складові будуть розташовуватися далеко від основного сигналу, їх розрахунок не має сенсу, і вони на діаграмі не зображені. Вказані смуги ефективного пропускання (СЕП) і ефективного затримування (СЕЗ) фільтра нижніх частот (ФНЧ), що здійснює демодуляцію АІМ сигналу (виділення вихідного сигналу з АІМ спектра).

Загасання фільтрів в смузі затримування AЗ = 50 ... 60 дБ - це мінімально припустиме загасання в ПЕЗ, що забезпечує достатнє придушення побічних продуктів перетворення. Ширина смуги розфільтрування ΔFр залежить від крутизни характеристики ослаблення фільтрів в смузі затримування ηф, яка залежить від елементної бази, що реалізують фільтри і від діапазону частот, в якому вони працюють. Для економічних LC-фільтрів, що працюють в смузі частот 0,1 ... 8 кГц, величина ηф = 0,05 дБ/Гц.

Смугу розфільтрування розраховують за формулою:

 (2.5)

Розрахуємо смугу роз фільтрування заданого сигналу:

 (2.6)

Тепер, за формулою 2.4 знайдемо частоту дискретизації:



Також проведемо розрахунок бічних смуг частот дискретизації. Результати розрахунків заносимо на спектральну діаграму sАІМ(f) телефонного АSМ сигналe (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Спектральна діаграма телефонного АSМ сигналу.

Процес дискретизації або амплитудно-импульсної модуляції, формировання канального АІМ сигналу c(nTд) виконується в особистому АІМ тракті, узагальнена функціональна схема якого наведена на рисунку 2.3. Робота схеми полягає в наступному.



Рис. 2.3. Функціональна схема індивідуального АІМ тракту

**2.2 Розрахунок кількості розрядів в кодової комбінації**

Визначення розрядності кодової комбінації необхідно для забезпечення захищеності від шумів квантування і вибору рівномірного (лінійного) або нерівномірного (нелінійного) квантування.

Якщо у всьому діапазоні значень вхідного сигналу від -U0 до + U0 величина кроку квантування δi залишається величиною постійною, то таке квантування називається рівномірним; якщо ж величина кроку квантування змінюється зі зміною значення Uвх сигналу, то таке квантування називається нерівномірним.

Захищеність сигналу потужністю Рс від шуму квантування потужністю РКВ визначається наступними виразами:

Акв = , (2.7)

 (2.8)

 (2.9)

Для підвищення захищеності від шумів квантування слабких сигналів і зменшення надлишкової захищеності для сильних сигналів, крок квантування роблять змінним, що знаходяться в залежності від величини відліку АІМ-2, тобто застосовують нерівномірне (нелінійне) квантування. При цьому захищеність для слабких сигналів збільшується, а для сильних знижується, залишаючись, проте, досить високою.

Спочатку нелінійне квантування було реалізовано для відліків аналогового сигналу шляхом стиснення (компресії) динамічного діапазону сигналу перед рівномірним квантуванням і подальшого його розширення (експандування) після декодування. Компресор і експандер, разом узяті, утворюють компандер. А процес компресії і експандування динамічного діапазону сигналу називається компандування.

Компресор являє собою пристрій з нелінійною амплітудною характеристикою Uвих к = f (Uвх к), яку називають характеристикою компресії. В Європі застосовується компандування по А-закону, його амплітудна характеристика описується наступною формулою.

 (2.10)

де А - параметр компресії (стиснення). Перша ділянка характеристики А-закону компандування лінійна, а ділянку характеристики від (1/А х  1) може бути досить точно апроксимована лінійними сегментами. Параметр стиснення А пов'язаний з числом сегментів Nc співвідношенням . Якщо Nc = 8, то А = 87,6 (типове значення). А-закон нелінійного квантування має вісім сегментів для позитивного і вісім - для негативного відліків. Формально загальне число сегментів дорівнює 16, але чотири центральних сегмента (два позитивних в першому квадраті і два негативних в третьому квадранті) фактично утворюють один сегмент і тому прийнято вважати, що загальне число сегментів одно 13. Сегменти апроксимації за законом А-87,6/13 для позитивних значень відліків представлені на рис. 2.4.



Рис. 2.4. Апроксимація характеристики компандування А-закону.

Захищеність від шумів квантування для двополярного сигналу (а саме такі сигнали представлені) при нелінійному квантуванні по А-закону розраховується за формулою (2.11).

, (2.11)

ге m - число елементів в кодовій комбінації (кодовому слові), або її розрядність;

c середньоквадратичне значення напруги сигналу, який підлягає квантуванню;

c макс - середньоквадратичне значення максимального за напругою сигналу, який підлягає квантуванню;

k - пік-фактор сигналу: для мовного сигналу k = 5, для многоканального групового телефонного сигналу k = 4;

А = 87,6  параметрА - закона компандування.

Бачимо, що приріст захищеності при використанні нелінійного квантування за А-законом (для типового значення параметру А = 87,6) в порівнянні з рівномірним квантуванням становить 24дБ. З урахуванням n переприйомів за тональною частотою захищеність від шумів квантування знижується і стає рівною:

 (2.12)

Мінімально допустима кількість елементів (розрядів) в кодовій комбінації при використанні нелінійного кодування за А-законом компандування для телефонного сигналу при заданій величині захищеності АКВ і заданому числі n переприйомів дорівнює:

 (2.13)

тут символ ent означає округлення до більшого цілого числа.

Визначимо розрядність кодової комбінації мовного сигналу, захищеність від шумів квантування якого за завданням дорівнює АКВ = 21 дБ, а число переприйомів по тональній частоті одно п = 3. Згідно (2.13), розрядність кодової комбінації дорівнює

.

Розрахуємо і побудуємо залежність захищеності від шумів квантування на виході КТЧ від рівня сигналу. Визначимо по формулі (2.10) мінімальну величину захищеності сигналу від шумів квантування в пункті прийому в діапазоні рівнів -36 дБ pс 0 дБ (захищеність для динамічного діапазону телефонного сигналу Dс = 36 дБ, вважаючи, що Рmax = 0 дБ і Pmin = - 36 дБ) з урахуванням заданого числа переприйомів по тональній частоті і розрядності кодової комбінації



Максимальна величина захищеності в тому ж діапазоні буде на 3 ... 4 дБ більше мінімальної



Побудуємо графік залежності Акв = (рс). Для чого нанесемо на графік горизонтальні прямі, відповідні знайденим значенням АКВmax і АКВmin. Захищеність при рс min = -36 дБ приблизно на 2 дБ вище мінімальної, тобто



Значення захищеності від шумів квантування в діапазоні рівнів -36 дБ  рс  0 дБ лежать між цими прямими. В діапазоні -  рс  -36 дБ квантування є рівномірним (лінійним) і тому АКВ убуває на 1 дБ при зменшенні рівня сигналу на таку ж величину. При АКВ min = 24 дБ діапазон зміни рівня сигналу, в якому захищеність залишається не нижче заданої, становить Dс = 39 дБ (визначається за графіком рис. 2.5).



Рис. 2.5. Графік залежності захищеності від рівня вхідного сигналу

**2.3 Вибір коду аналого-цифрового перетворювача**

Кодування відліків квантованного АІМ-сигналу здійснюється пристроєм, який називається кодером або аналого-цифровим перетворювачем (АЦП).

Кодування двополярних відліків квантованного АІМ-сигналу здійснюється симетричним кодом, в якому для позначення знака полярності відліку використовується перший розряд ( «1» використовується для позначення позитивного відліку, а «0» - для позначення негативного відліку), а інші розряди використовуються для позначення абсолютної величини .

Дуже зручним графічним представленням кодів є таблиця - кодовий растр, який ілюструє всю кодову таблицю шляхом подання її комбінацією по порядку рівнів (рис. 2.6). На рисунку 2.6 (а) показана кодова таблиця 4-розрядного натурального двійкового коду; одиниці (знаки) і нулі (прогалини) показані відповідно чорними і білими квадратами; на рисунку 2.6 (б) приведена кодова таблиця симетричного двійкового коду, де всі розряди, крім вищого, використовуються для кодування абсолютного значення рівня відліку у вигляді двійкового коду.



Рис. 2.6. Таблиця двійкових кодів: a - натурального; б - симетричного

Кодування по А-закону компандування передбачає розбиття характеристики компандування на сегменти, в межах яких здійснюється лінійне квантування з відповідним цьому сегменту кроком квантування. Число розрядів для кодування номера сегмента розраховується за формулою

 (2.14)

де Dc - динамічний діапазон сигналу, визначений за методикою викладеною вище.

У межах кожного сегмента число кроків квантування є величиною постійною. Число розрядів для кодування рівнів в межах сегмента дорівнює:

 (2.15)

Таким чином, кодова комбінація, необхідна для кодування АІМ квантованих відліків матиме вигляд:



Розрахуємо  и  :

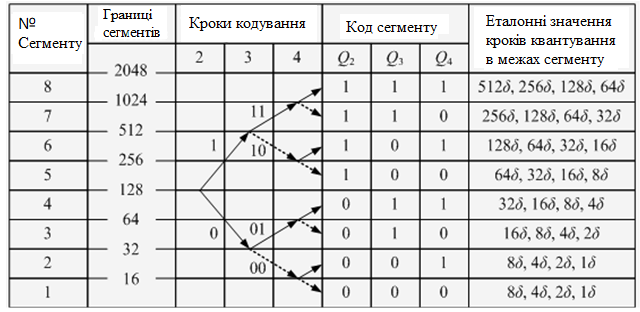




За підсумками розрахунку отримаємо кодову групу має вигляд Q1Q2Q3Q4Q5Q6Q7, де символ Q1 (0 або 1) позначає полярність кодованого відліку; Q2Q3Q4 - символи, що позначають номер сегменту, в який потрапляє відлік,що кодується, і що представляють собою натуральний двійковий код номера сегмента; Q5Q6Q7 – символи, що позначають номер рівня квантування всередині сегмента.

Рівні квантування, відповідні нижніх меж сегментів, утворюють ряд 0δ, 16δ, 32δ, ... 1024δ (δ - мінімальний крок квантування). У межах кожного сегмента 16 рівнів квантування формуються за допомогою чотирьох еталонних сигналів. Значення цих сигналів для кожного сегмента і алгоритм кодування номера сегмента показані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Значення сигналів для кожного сегмента і алгоритм кодування номера сегмента



Для формування всіх рівнів квантування при кодуванні сигналу однієї полярності, як випливає з таблиці 3.2, досить 11 еталонних сигналів; при кодуванні одного відліку одночасно використовується не більше п'яти еталонних сигналів: один для визначення межі сегменту і чотири для визначення кроку квантування в межах сегмента.

Для зменшення спотворень при декодуванні використовується 12-й коригувальний еталон, рівний половині мінімального кроку квантування сегмента, в якому знаходиться конкретний відлік. Згідно з проведеним розрахунком, число розрядів для кодування рівнів в межах сегмента дорівнює трьом, отже, при кодуванні буде використовуватися тільки три старших еталонних розряду. Структурна схема нелінійного АЦП наведена на рисунку 2.7, де прийняті такі позначення: К - компаратор; БКЕ - блок вибору і комутації еталонних сигналів; МЕТ + - генератор позитивних еталонних сигналів; ГЕТ- - генератор негативних еталонних сигналів; КЛ - компресуюча логіка; ЦР - цифровий регістр; ПК - перетворювач коду з паралельного в послідовний; ГО - генератор тактової частоти.

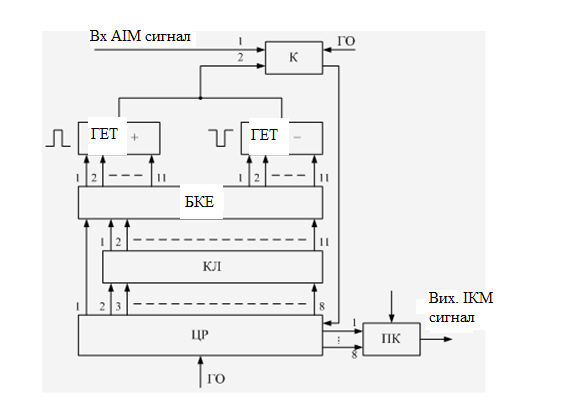


Рис. 2.7. Структурна схема нелінійного АЦП

Структурна схема нелінійного декодера - цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) приведена на рисунку 2.8, де, крім уже наведених позначень, використовується нове: ЕЛ - експандуюча логіка. Для зменшення спотворень при декодуванні використовується 12-й коригувальний еталон, рівний половині мінімального кроку квантування сегмента, в якому знаходиться конкретний відлік.

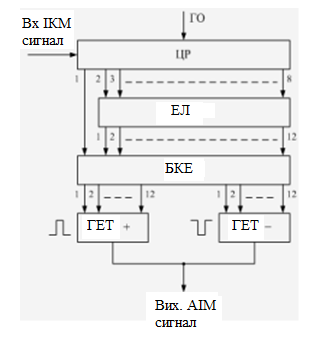


Рис. 2.8. Структурна схема нелінійного ЦАП

Розглянемо приклад визначення структури кодової комбінації відліку Uотс = 1850.

1. Оскільки відлік позитивний, то Q1 = 0.

2. Визначення номера сегмента. З таблиці 2.1 випливає, що відлік з амплітудою 1850 потрапляє в п'ятий сегмент з діапазоном вхідних амплітуд 1280…2560. Отже, код цього сегмента має вигляд 100.

3. Для визначення символу Q5 складається сума U1 = Uнг + Uет3, де Uнг - нижня межа сегмента, Uет3 - вищий еталон напруги сегмента. Амплітуда вихідного відліку порівнюється з отриманою сумою. Якщо відлік більше суми - 1, ні - 0. В нашому випадку Uнг = 128 і Uэт3 = = 64, U1 = 192>Uотс = 185. Отже, Q5 = 0.

4. Для визначення символу Q6 складається сума U2 = Uнг + Q5Uэт3+ + Uэт2. Для нашого прикладу маємо: Uэт2 = 32, U2 = 1600<Uотс = 1850. Отже, Q6 = 1.

5. Для визначення символу Q7 складається сума U3 = Uнг + Q5Uэт3+ +Q6Uэт2 +Uэт1; Uэт1 = 16, U3 = 176>Uотс = 185. Отже, Q7 = 1.

Т.ч., заданому відліку відповідає кодова комбінація 1100011.

**2.4 Розробка структури циклу первинного цифрового потоку**

В даний час розроблені і широко застосовуються три стандарти плезіохронної цифрової ієрархії (PDH), де в якості вхідного сигналу використовується сигнал основного цифрового каналу (ОЦК) або DigitalSignaloflevel0 (DS0) зі швидкістю передачі С0 = 64 кбіт / с.

Оскільки потрібно організувати 144 каналу ТЧ (ОЦК), візьмемо в якості первинного цифрового потоку (ПЦП) потік DS1 північно-американського стандарту. Даний стандарт ПЦП на 24 канальних інтервалу забезпечує швидкість передачі рівну СDS1 = 1,544 Мбіт / с.

Загальна тривалість циклу Тц завжди величина постійна і зворотна частоті дискретизації первинного сигналу, Тц = 1/fд = 1/8000 = 125 мкс.

Тривалість канального інтервалу визначається зі співвідношення:

Ткі = Тц / Nкі (2.16)

де Тц - тривалість циклу ПЦП;

Nкі - число канальних інтервалів, для потоку DS1, рівне 24.

Підставивши значення, отримаємо:

Тки = 5,21 мкс.

Кожен канальний інтервал має вісім розрядних символів, тривалість яких дорівнює:



Половина розрядного інтервалу може бути зайнята передачею символу «1» - прямокутного імпульсу тривалістю τ = Трі = 325 нс, друга половина представляє собою захисний проміжок. При передачі символу «0» імпульс в розрядному інтервалі відсутня.

Частота проходження циклів дорівнює частоті дискретизації, т.е.fд = Fц; частота проходження канальних інтервалів визначається зі співвідношення:

fкі = fд·Nкі = fц·Nкі, (2.17)

і дорівнює

fкі = 192 кГц.

Частота розрядних імпульсів-символів в циклі, або тактова частота первинного цифрового потоку дорівнює:

, (2.18)

Так як в кожному розряді (розрядному інтервалі) передається 1 біт інформації, то швидкість передачі в цифровому потоці дорівнює

, (2.19)

Тимчасова структура циклу первинного цифрового потоку типу DS1 представлена на рисунку 2.9.

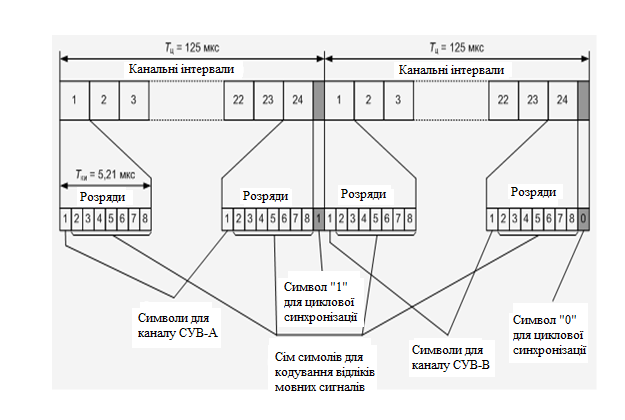


Рис. 2.9. Тимчасова структура циклу первинного цифрового потоку типу DS1.

Як випливає з рисунку 2.9, цикл містить 24 восьмирозрядних канальних тимчасові інтервали (КІ) і один додатковий символ в кінці кожного циклу. Цей символ, приймаючи по черзі в послідовних циклах значення «1» і «0», утворює розподілений циклової синхросигнал (ЦСС).

Зі структури циклу цифрового потоку DS1 слід, що перший розряд (символ) кожного з 24 канальних інтервалів використовується для утворення каналів передачі сигналів управління і виклику (СУВ).

Надцикл виходить об'єднанням 16-ти циклів, одна частина яких 0-й, 2-й, 4-й, ... 14-й є парними циклами, а інша - 1-й, 3-й, ... 15-й є непарними.

Для створення двох сигнальних каналів, призначених для обслуговування одного телефонного каналу, згаданий вище розряд (символ) переносить інформацію першого сигнального каналу А в парних циклах, а другого сигнального каналу В - в непарних циклах.

**2.5 Розробка структурної схеми проектованої ЦСП ІКМ-ВРК**

Відповідно до завдання на проект потрібно організувати 144 каналу ТЧ. Оберемо коефіцієнти мультиплексування відповідно 24 (об'єднання 24 ОЦК в потік DS1) і 6 (об'єднання 6 потоків DS1 в потік DS2). Таким чином, для організації потоку DS2 необхідно два ступені тимчасового групоутворювання.

Схема тимчасового групоутворювання і коефіцієнти мультиплексування наведені на рисунку 2.10.



Рис. 2.10. Схема тимчасового групоутворювання

Оскільки в ПЦІ (PDH) прийнято посимвольне об'єднання цифрових потоків, використовуємо його при формуванні групового сигналу ЦСП. При цьому методі об'єднані імпульси (компонентних) цифрових потоків коротшають і розподіляються послідовно (перші імпульси компонентних потоків, потім другі і т.д.) в часі так, щоб в звільнених інтервалах могли розміститися імпульси інших потоків.

Креслення узагальненої структурної схеми цифрової системи передачі ІКМ-ВРК наведено на рисунку 2.11.

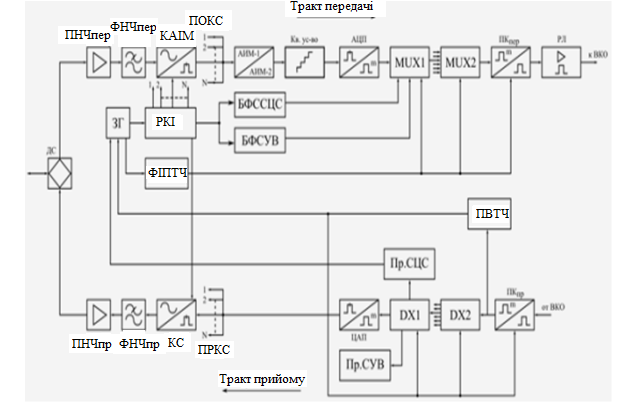


Рис. 2.11. Узагальнена структурна схема цифрової системи передачі ІКМ-ВРК.

На рисунку 2.1 введені наступні позначення:

ДС - диференціальна система, що розділяє тракти передачі і прийому;

ПНЧпер, ПНЧпр - підсилювачі низької частоти трактів передачі і прийому індивідуального обладнання ЦСП;

ФНЧпер, ФНЧпр - фільтри нижніх частот (ФНЧ) трактів передачі і прийому індивідуального обладнання ЦСП;

КАІМ - канальний амплітудно-імпульсний модулятор;

КС - канальний селектор;

РЛ - лінійний регенератор;

ПОКС - пристрій об'єднання канальних (індивідуальних) АІМ-1 сигналів в сигнали АІМ - групового тракту передачі;

ППКС - пристрій поділу канальних сигналів АІМ - групового тракту прийому;

АІМ-1 / АІМ-2 - пристрій перетворення АІМ-1 індивідуальних сигналів в груповий АІМ-2 сигнал;

АЦП - аналого-цифровий перетворювач, який здійснює кодування сигналів АІМ-2 згідно із законом застосовуваного коду (натуральний, симетричний або код Грея);

ЦАП - цифро-аналоговий перетворювач, який здійснює декодування цифрових сигналів;

БФССЦС - блок формування сигналів різних видів синхронізації;

БФСУВ - блок формування сигналів управління і виклику і їх введення в первинний цифровий потік;

MUX1 - мультиплексор первинного тимчасового групоутворення;

MUX2 - мультиплексор вторинного тимчасового групоутворення;

DX1 - демультиплексор первинного тимчасового групоутворення;

DX2 - демультиплексор вторинного тимчасового групоутворення;

Пр. СЦС - приймач синхросигналов різного призначення;

Пр. СУВ - приймач сигналів управління і виклику;

ЗГ - генератор, що задає, призначений для формування періодичної послідовності імпульсів;

РКІ - розподільник канальних імпульсів, призначений для розподілу тактових імпульсів, що надходять з ЗГ на різне устаткування;

ПКпер, ПКпр - перетворювач коду, формує лінійний цифровий сигнал, відповідно тракту передачі і тракту прийому;

ПВТЧ - пристрій виділення тактової частоти;

ВКО - ввідно-кабельне обладнання, призначене для підключення апаратури лінійного тракту ЦСП до кабельних лініях зв'язку.

**2.6 Розробка структури циклу проектованої ЦСП ІКМ-ВРК**

Необхідно сформувати цикл передачі вторинного цифрового потоку DS2 з двостороннім і двокомандним управлінням. Відзначимо, що швидкість передачі агрегатного цифрового потоку буде завжди вище суми швидкостей передачі входять до нього компонентних потоків за рахунок додавання різних службових символів. Структура циклу передачі агрегатного (об'єднаного) цифрового потоку DS2 ', одержаного шляхом асинхронного об'єднання 6 компонентних (первинних) цифрових потоків DS1, містить позиції для передачі наступних символів:

- інформаційних - для передачі кожного з компонентних цифрових потоків;

- команд про наявність узгодження швидкостей, число символів, що забезпечують необхідну стійкість цих команд;

- сигналу циклової синхронізації, число і тривалість яких повинні забезпечити необхідний час відновлення синхронізму;

- інформаційних, формованих при негативному або позитивному узгодженні швидкостей і ін.

При побудові циклу передачі ЦСП ІКМ-ВРК також необхідно враховувати наступні важливі вимоги до його структурі:

- число наступних поспіль службових символів має бути по можливості мінімальним, що забезпечує мінімізацію обсягу пам'яті запам'ятовуючих пристрої (ЗП) обладнання тимчасового групоутворювання (ОТГ);

- розподіл символів синхросигналу має бути таким, щоб забезпечувався мінімальний час відновлення синхронізму (зазвичай це досягається формуванням зосередженого синхросигналу відповідної тривалості);

- розподіл команд узгодження швидкостей повинно бути таким, щоб забезпечувалася їх максимальна стійкість;

- розподіл службових символів в циклі повинно бути рівномірним, що забезпечує мінімізацію обсягу пам'яті ЗП ОТГ;

- тривалість циклу повинна бути мінімальною, що дозволяє зменшити час входження в синхронізм і тимчасові флуктуації цифрового сигналу за рахунок ОТГ;

- структура циклу повинна забезпечувати можливість роботи системи як в асинхронному, так і в синхронному режимах.

Стандарт організації цифрового потоку DS2 передбачає організацію малої кількості службових символів, і як наслідок, більшу економічність.

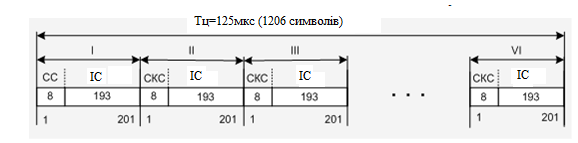


Рис. 2.12. Структура циклу ЦСП ІКМ-ВРК, що проектується

Мінімізуючи число службових символів, і так само розподіляючи їх по циклу, отримуємо структуру циклу, зображену на рисунку 2.12, де СС - символи синхросигналу, ІС- інформаційні символи компонентних потоків, СКУ - символи команд узгодження швидкостей.

**2.7 Розрахунок тактової частоти ЦСП ІКМ-ВРК, що проектується**

Лінійний цифровий сигнал цифрової системи передачі будується на основі надциклів, циклів, канальних і тактових інтервалів первинних цифрових потоків. Тактова частота первинного цифрового потоку DS1 була розрахована раніше.

При будь-якому способі об'єднання цифрових потоків залежність між тактовою частотою об'єднуються або компонентних цифрових потоків fт1 і тактовою частотою об'єднаного цифрового потоку fт має вигляд:

 (2.20)

де q - відношення числа додаткових символів в циклі об'єднаного цифрового потоку до числа інформаційних символів;

М - кількість поєднуваних цифрових потоків.

Вторинний цифровий потік DS2 'об'єднує шість первинних потоків (зі швидкістю 1544 кбіт / с з числом символів 201 в циклі). Компонентні цифрові потоки об'єднуються по шість в групі. Всі групи містять 1206 символів

(6 ∙ (193 + 8) = 1206.



Підставивши числові значення, отримаємо тактову швидкість цифрового потоку DS2 'рівну



**2.8 Розрахунок параметрів циклової синхронізації первинного цифрового потоку**

З метою узгодження роботи передавальної і приймальні станцій ЦСП на основі ІКМ з ВРК передбачається синхронізація генераторного обладнання приймальні і передавальної станцій по тактовій частоті, циклам і надциклам цифрових потоків. Системою циклової синхронізації називають сукупність пристроїв, що погоджують роботу передавальної і приймальні станцій з метою забезпечення правильного декодування і розподілу береться стверджувати інформації. Основними параметрами системи циклової синхронізації є:

- час входження в синхронізм Тв при первісному включенні апаратури в роботу і час відновлення стану циклового синхронізму після перерви зв'язку або втрати синхронізму;

- середній час між виходами зі стану циклового синхронізму Тзб (час збою) при певному коефіцієнті помилок Kпом;

- захисний час Тзах, що представляє середній час відновлення синхронізму в системі вищого порядку (цифрового потоку DS2 в структурі потоку DS1);

Час відновлення синхронізму Тв складається зі складових:

- часу пошуку синхронізму Тп;

- часу утримання сінхронізму Ту.

Таким чином, час відновлення визначається за формулою:

Тв = Тп + Ту., (2.21)

Середній час пошуку синхронізму визначається зі співвідношення:

 (2.22)

де  число наступних один за одним правильних циклових синхросигналов, необхідних для відновлення циклового синхронізму, приймемо = 3;

Nц - число символів в циклі цифрового потоку (Nц = 512);

РЛ - ймовірність появи помилкового синхросигналу;

ТЦС - період повторення циклового синхросигналу, ТЦС = 125 мкс.

, (2.23)

де Рош - ймовірність збігу інформаційного символу з символами синхросигналу, Рош = 0,5;

а - число символів в синхросигналами (а = 7).

Максимальне значення часу пошуку синхронізму визначається за формулою:

Тпmax = Тп + 3, (2.24)

де Тп - середній час пошуку синхронізму,  - стандартне відхилення часу пошуку синхронізму, рівне:

 = ТцсNцРл /(1 - Рл), (2.25)

Час утримання сінхронізма Т у визначається співвідношенням:

Ту = Тцс, (2.26)

де  - число символів послідовно перекручених циклових синхросигналов, необхідних для переходу зі стану «циклового синхронізму» в стан «вихід з циклового синхронізму»,  = 4.

Таким чином:

, (2.26)

Для оцінки загальної тривалості відновлення синхронізму маємо:

Твmax = Тв + ТцсNцРл /(1 - Рл), (2.27)

Середній час між виходами зі стану «циклового синхронізму» дорівнює:

Тсб = Тцс/(Kпом), (2.28)

де Kпом- коефіцієнт помилок, Kпом = 10-9.

Захисний час визначається залежністю:

Тзах = (-1)Тцс., (2.29)

Підставами значення вищенаведених постійних, отримаємо середній час відновлення синхронізму:



Максимальний час відновлення синхронізму:

Тв max = 1503,94·10-6 + 125·10-6·512·0,57/(1 - 0,57) = 1503,94·10-6 + +1007,87·10-6 = 2511,81 мкс.

Середній час між виходами зі стану «циклового синхронізму»:

Тсб = 125·10-6/(4·10-3)4 = 125·10-6/(16·10-12) = 7,81·106 с.

Значення захисного часу:

Тзах = (4 - 1)·125·10-6 = 375 мкс

Результати розрахунків параметрів системи циклової синхронізації наведені в таблиці 2.2.

Таблица 2.2 Результати розрахунків параметрів системи циклової синхронізації

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тв | Тв max | Тсб | Тзах |
| 1,504 мс | 2,512 мс | 7,81·106с | 375 мкс |

**2.9 Вибір типу лінійного коду**

Лінійний цифровий сигнал (ЛЦС) передається по лінії зв'язку і формується на основі лінійного коду повинен відповідати наступним вимогам:

- Енергетичний спектр сигналу повинен: бути зосереджений у відносно вузькій смузі частот, не містити постійну складову, містити значно ослаблені низькочастотні і високочастотні складові; виконання цих умов дозволяє зменшити міжсимвольні спотворення, обумовлені обмеженням смуги частот лінійного тракту як в області верхніх частот, так і в області нижніх частот, або збільшити довжину регенераційної ділянки, або при заданій довжині регенераційної ділянки - підвищити вірність передачі;

- Структура ЛЦС повинна бути такою, щоб можна було просто і надійно виділити тактову частоту в кожному лінійному регенераторі;

- Повинна бути забезпечена можливість постійного і досить простого контролю коефіцієнта помилок в лінійному тракті без перерви зв'язку;

- Зменшення при необхідності тактової частоти переданого сигналу в порівнянні з вихідною двійковій послідовністю або вихідним двійковим сигналом;

- Формування ЛЦС має бути досить простим і не приводити до розмноження помилок.

Для лінійних трактів ЦСП, що використовують електричні кабелі - симетричні, коаксіальні - деякі типи кодів і відповідні їм лінійні цифрові сигнали показані на рисунку 2.13.

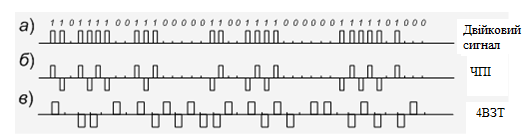


Рис. 2.13. Лінійні цифрові сигнали різних кодів.

На рисунку 2.13(а) приведена випадкова реалізація цифрового сигналу на виході формувача цифрового сигналу або обладнання тимчасового групоутворювання (мультиплексування). Цей двійковий сигнал являє однополярну послідовність символів "1" і "0".

В ЦСП значного поширення набули так звані алфавітні коди типу nВkМ, де:

n- число символів в двійковій групі, що кодується;

B (Binary) - вказує, що у вихідній послідовності використовується двійкове числення (рисунок 2.13, a);

k- чісло символів в групі лінійного коду;

М - буква, що відображає кодове підставу числення лінійного коду, наприклад:

Т - третинна (Ternary),

Q - четвертинна (Quaternary) і т.д.

Найбільш простим з цього виду кодів є код виду 1B1T (для якого n = 1, k = 1 і М = 3, тобто один символ двійкового коду перетворюється в один символ потрійного коду). Такий найпростіший алфавітний код називається кодом чергування полярності імпульсів - ЧПІ (або AlternateMarkInversion-AMI), двійковий код зі зміною полярності сигналу на кожній одиниці, нуль передається відсутністю сигналу. В результаті формується біполярний трирівневий код. Перетворення вихідної двійковій послідовності в квазітроїчний код типу ЧПІ наведено на рис. 2.13 б. Як випливає з цього рисунку, нулі вихідної двійковій послідовності перетворень не піддаються, а поодинокі посилки змінюють полярність на зворотню по відношенню до попередньої одиничної посилки. Будь-яка помилка, що з'явилася при передачі викликає порушення закону чергування полярності імпульсів, що може бути легко виявлено. Перевагою коду ЧПІ є простота його формування на передачу і декодування на прийомі. Енергетичний спектр коду ЧПІ не містить постійної складової і концентрація основної енергії відбувається в області нвпівтактовой частоти (0,5 fт) вихідної двійковій послідовності.

Однією з характеристик алфавітних кодів є надмірність:

 (2.30)

де n- число символів в кодируемой двійковій послідовності (для коду ЧПІ n = l);

k- число символів в групі нового коду (для коду ЧПІ k = l);

M- буква, що відображає кодове підставу числення нового коду (для коду ЧПІ, як троїчного або квазітроїчного коду М є Т = 3). Підставивши в (2.30) значення величин n, k, M, отримаємо:



або у відсотках 

Отже, код ЧПІ (1B1T) має високу ступінь надмірності, але основним його недоліком є труднощі виділення тактової частоти (необхідної для забезпечення стійкої роботи регенераторів - пристрою виділення тактової частоти) при довгих серіях нулів (пропусків) у вихідній двійковій послідовності. Тому в лінійному цифровому сигналі довгі серії нулів (прогалин) неприпустимі.

Від вище зазначених недоліків вільні алфавітні коди типу nBkT, рисунок 2.13(в) (приклад коду 4В3Т), які отримали відносно широке поширення.

У процесі формування кодів типу nBkT використовується кілька варіантів алфавітів, вибір конкретного з них здійснюється на основі аналізу деякого числа попередніх символів з урахуванням структури вихідної послідовності. Отже, одна і та ж група вихідних двійкових символів може бути представлена різними групами коду 4В3Т. Таким чином, забезпечується рівність числа позитивних і негативних імпульсів третинної послідовності, а також неможливість появи серій нулів.

Надмірність коду 4В3Т визначимо, підставивши в (2.30) значення величин n, k, M:



що більш ніж в 2 рази нижче ніж в коді типу ЧПІ.

Відзначимо, що коди типу nBkT кілька знижують тактову частоту лінійного цифрового сигналу.

Отже, в якості лінійного коду для систем, що працюють по електричним кабелям зв'язку буде використовуватися код 4В3Т.

**2.10 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по симетричним кабелям**

Для симетричних кабелів зв'язку основним джерелом перешкод в цифровому лінійному тракті (ЦЛТ) є взаємні впливи між парами, обумовлені кінцевою величиною перехідного затухання між ними на ближньому і далекому кінцях. Ці перешкоди залежать від способу організації двостороннього зв'язку:

- однокабельна схема, при якій пари передачі прямого і зворотного напрямків знаходяться в одному кабелі та взаємні впливи між ними визначаються перехідним загасанням на ближньому кінці А0;

- двухкабельна схема організації зв'язку, при якій пари передачі прямого і зворотного напрямків знаходяться в різних кабелях, і взаємні впливи між ними визначаються перехідним загасанням на дальньому кінці Аl.

На величину перехідних перешкод впливає число систем передачі, що працюють по одному і тому ж кабелю, довжина регенераційної ділянки і коефіцієнт загасання кабелю. Захищеність від перешкод перехідних впливів в ЦЛТ, як правило, визначається в межах однієї регенераційної ділянки, тому що на виході лінійного регенератора (РЛ) відбувається повне відновлення форми лінійного цифрового сигналу і повне виключення зовнішніх перешкод. Однак необхідно враховувати деяке зниження захищеності на величину Аз, обумовлене міжсимвольними перешкодами, допусками на амплітуду і тривалість імпульсів, точністю корекції амплітудно-частотних характеристик регенераційної ділянки пристроями корекції лінійного підсилювача регенератора (підсилювачем-коректором), нестабільністю порога і кінцевої чутливістю порогового пристрою РЛ , відхиленнями моментів стробування - точності виділення тактової частоти в пристрої хронуванняя РЛ. Зазвичай величина Аз приймається рівною 3 ... 6 дБ. У проекті слід прийняти двох кабельну схему організації двостороннього зв'язку. Захищеність від перехідних перешкод для такої схеми організації зв'язку визначається перехідним загасанням на дальньому кінці і визначається за формулою:

, (2.31)

де Al- перехідне загасання на дальньому кінці, дБ;

- коефіцієнт загасання пари кабелю, дБ / км;

lру - довжина регенераційної ділянки, км;

k- число ЦСП, що працюють на паралельних ланцюгах;

Аз - величина зниження захищеності одиночного регенератора через дії різного виду дестабілізуючих факторів.

Основні параметри симетричних і коаксіальних кабелів наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 Основні параметри симетричних і коаксіальних кабелів

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип кабелю | 1,дБ /км | Zв, Ом | А0 , дБ | Аl . дБ | Сл1 , тыс. у.е./км |
| ЗКП 1х4х1,2 | 5,43 | 150 | 68 | 80 | 2х0,625 |
| МКС 1х4х1,2 | 5,35 | 150 | 68 | 80 | 2х0,345 |
| КМ-4 2,6/9,4 | 2,36 | 75 |  |  | 3,6 |
| МКТ-4 1,2/4,6 | 5,33 | 75 |  |  | 1,6 |
| Мікрокоаксіальний 0,7/2,9 | 8,88 | 75 |  |  | 0,9 |

Значення  визначається за такою формулою:

, (2.32)

тут 1- коефіцієнт загасання пари кабелю, (див. таблицю 2.3), дБ / км;

fТ - тактова частота лінійного цифрового сигналу, МГц.

Таким чином, формула для визначення довжини регенераційної ділянки:

, (2.33)

Захищеність на дальньому кінці представляє так звану очікувану захищеність, тобто захищеність, яка визначається реальними значеннями перехідного загасання, очікуваних знижень захищеності одиночного регенератора, довжиною регенераційної ділянки і коефіцієнта загасання пари симетричного кабелю. Очікувана захищеність від перешкод в лінійному цифровому тракті порівнюється з припустимою захищеністю, яка залежить від допустимої ймовірності помилок рпом доп або коефіцієнта помилок і типу лінійного коду цифрового сигналу.

Залежність ймовірності помилок від допустимої захищеності для трирівневих сигналів (квазітроїчного коду) приведена в таблиці 2.4.

Таблица 2.4 Залежність ймовірності помилок від допустимої захищеності для трирівневих сигналів (квазітроїчного коду)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Аз дод , дБ | 19,6 | 20,5 | 21,5 | 22,0 | 22,9 | 23,4 | 24,5 | 25,3 |
| Р пом доп | 10 - 5 | 10 - 6 | 10 - 7 | 10 - 8 | 10 - 9 | 10 - 10 | 10 -11 | 10 - 12 |

Аналітичний вираз для цього виду залежності має вигляд:

Аздод = 10,62+11,42∙ lg(-lg∙ρпом), (2.34)

У формулі (2.34) величина ρпом рошпредставляет ймовірність помилки одиночного регенератора, яка дорівнює:

Рпом = р0lрд, (2.35)

тут р0- допустима ймовірність помилки на один кілометр лінійного тракту, 1/км;

lрд - довжина регенераційної ділянки, км.

Залежність між очікуваною захищеністю і допустимої визначається співвідношенням вигляду:

Аз ож  Аз дод,

Отже, рівність А з ож = Аз дод можна використовувати для визначення максимальної довжини регенераційної ділянки.

Визначимо довжину регенераційної ділянки для ЦСП типу ІКМ-480, що працює по симетричному кабелю марки МКС-1х4х1,2. Схема організації зв'язку - двокабельна, тип коду лінійного цифрового сигналу 4В3Т, допустима ймовірність помилки на один кілометр лінійного тракту рпом = 0,5∙10-9, довжина лінійного тракту L = 450 км.

Умовами завдання поставлене одночетвірковий кабель. Отже, число пар, що впливають (ЦСП) рівне k = 1. Так як схема організації двокабельна, то очікувана захищеність від перехідних перешкод визначається за умови, що k = 1, тобто:

А3 ож = Аllрд3

З таблиці 2.3 слід Аl = 80 дБ, виберемо величину 3 = 5 дБ. Величина дорівнює:



Аз ож = 80 - 11,75lрд - 5 = 75 - 11,75·lрд

Допустима захищеність для даного типу лінійного коду буде дорівнювати:

Аз доп = 10,62 + 11,42lg[ - lg (0,5·10-9lру)]

Довжина регенераційної ділянки визначиться з рівності:

- 11,75lрд = 10,62 + 11,42 lg[-lg(10-9 lрд)],

яку перетворимо до вигляду:

0,64 - 1,03lру = lg[-lg(10-9 lру )]

Позначимо ліву частину рівності через Х (lрд), тобто

Х (lрд) = 5,64 - 1,03lрд,

а праву через Y (lрд), тобто

Y (lру ) = lg[-lg(0,5·10-9 lру )].

Це рівняння вирішується графічно. Точка перетину функцій X (lрд) і Y (lрд) і буде його рішенням. Можливо і аналітичне більш точне рішення трансцендентного рівняння вигляд.

Побудуємо графік залежності Х (lрд). Це рівняння прямої, (рисунок 2.14).

Побудуємо графік залежності Y (lрд). Це логарифмічна рівняння (рисунок 2.14).



Рис. 2.14. До розрахунку довжини регенераційної ділянки по симетричним кабелям

Знаходимо точку перетину функцій X (lрд) і Y (lрд). Більше значення і буде розрахунковою максимальною довжиною регенераційної ділянки, тобто lру макс4,5км.

**2.11 Розрахунок довжини регенераційної ділянки по коаксіальним кабелям**

Основним видом перешкод, що визначають якість передачі лінійного цифрового сигналу по коаксіальним кабелям, є власні перешкоди, що включають в себе теплові шуми лінії, теплові шуми вузлів апаратури і власні шуми підсилювача-коректора лінійного регенератора.

Очікувана захищеність від власних перешкод в межах одного регенераційної ділянки може бути визначена з розгляду рисунка 2.15.

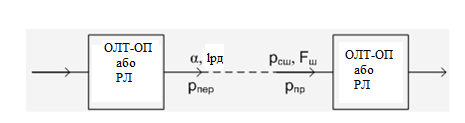


Рис. 2.15. Визначення довжини регенераційної ділянки для ЦСП по коаксіальному кабелю.

Прийняті наступні позначення:

рпер- рівень передачі цифрового сигналу на виході лінійного тракту кінцевого пункту (ОЛП-ОП) або лінійного регенератора (РЛ) регенераційного пункту, що не обслуговується або обслугвується відповідно (НРП або ОРП);

 - коефіцієнт кілометричного ослаблення коаксіального кабелю на розрахунковій частоті (як правило, на напівтактовій частоті лінійного цифрового сигналу);

РВШ - рівень власних шумів, приведених до входу лінійного підсилювача-коректора лінійного або станційного регенератора;

Fш - коефіцієнт шуму лінійного підсилювача-коректора, що характеризує його шумові властивості, тобто завадозахищеності сигналу від власних шумів при проходженні сигналу через підсилювач.

Очікувана захищеність від власних перешкод визначається за наближеною формулою

А сш.оч = 10lg(U2пер/Zв)103 - ∙ lрд+114-10lgfT – 10kgFш (2.36)

де Uпер - амплітуда напруги імпульсу на виході регенератора;

Zхв - хвильовий опір ланцюга коаксіального кабелю;

-коефіцієнт загасання ланцюга коаксіального кабелю на напівтактовій частоті;

lрд - довжина регенераційної ділянки;

fТ - тактова частота лінійного цифрового сигналу в МГц;

Fш - коефіцієнт шуму коригуючого підсилювача лінійного регенератора.

Для визначення максимальної довжини регенераційної ділянки скористаємося рівністю в формі, що зв'язує очікувану захищеність від власних шумів Асш.оч і допустиму захищеність від власних шумів Асш.доп

Асш.оч = Асш.доп.

Для трирівневих сигналів або квазітроїчних кодів сигналів цифрового лінійного тракту розрахункове рівняння для визначення максимальної довжини регенераційної ділянки може бути представлено у формі:

В-(∙ lрд/11,42) = lg[-lg(р0∙ lрд)], (2.37)

, (2.38)

Нагадаємо, що р0 - допустима ймовірність помилки на один кілометр лінійного тракту.

Таким чином:

Х(lрд) = В-(∙ lрд/11,42), (2.39)

Y(lрд) = lg[-lg(р0∙ lрд)], (2.40)

Визначимо максимальну довжину регенераційної ділянки ЦСП типу ІКМ - 480, що працює по коаксіальному кабелю типу МКТ-4; вид коду лінійного цифрового сигналу 4В3Т, амплітуда імпульсу на виході в лінію з хвильовим опором Zхв = 75 Ом дорівнює Uпер = 3,5 В; довжина лінійного тракту L = 450 км; допустима ймовірність помилки (коефіцієнт помилки) р0 = 0,5∙10-9 1 / км; коефіцієнт шуму Fш = 4.

Підставивши значення Uпер = 3,5 В, Fш = 4, визначимо величину В для квазітроїчного коду (трирівневого)



Визначимо значення коэфіцієнта загасання  для коаксіального кабелю типа МКТ-4, взявши значення 1 = 5,33 дБ/км та fт = 7,24 МГц.



Тоді:

Х(lрд) = В-(∙ lрд/11,42) = 8,89-1,03 lрд

Y(lрд) = lg[-lg(р0∙ lрд)] = lg[-lg(0.5∙10-9∙ lрд)]

Шукана довжина регенераційної ділянки знаходиться графічно, шляхом побудови графіків функцій Х (lрд) і Y (lрд) і знаходження точки їх перетину. Отримана максимальна довжина регенераційної ділянки буде дорівнює lрд макс~7,8км.



Рис. 2.16. До розрахунку довжини регенераційної ділянки по коаксіальним кабелям

**3. Дослідження та розрахунок параметрів надійності лінійного тракту ЦСП**

Функціонування цифрової лінії передачі визначається наступними показниками надійності:

- параметр потоку відмов , який представляє відношення числа відмов об'єкта за певний інтервал часу до тривалості цього інтервалу часу при простому потоці відмов, 1/год;

- напрацювання на відмову Тд, що представляє середній час між відмовами в годинах;

- ймовірність безвідмовної роботи р(t), тобто того, що в заданому інтервалі часу об'єкт (лінія передачі і всі її складові) буде знаходиться в працездатному стані;

- середній час відновлення, що характеризує середній час відновлення обладнання лінії передачі після усунення відмови, складається з часу пошуку та усунення відмови, часу проведення регулювально-налагоджувальних робіт та ін. Середній час відновлення Тв вимірюється в годинах;

- коефіцієнт готовності Кг, тобто ймовірність того, що обладнання лінії передачі буде працездатний в будь-який момент часу;

- величина, зворотня коефіцієнту готовності, називається коефіцієнтом простою, Кп.

Між собою показники надійності пов'язані певними співвідношеннями параметр потоку відмов  пов'язаний із середнім часом безвідмовної работи То співвідношенням:

То = 1/, (3.1)

а ймовірність безвідмовної роботи, яка визначається через параметр потоку відмов, дорівнює:

р(t) = ехр (t), (3.2)

Коефіцієнт готовності Кг пов'язаний із середнім часом безвідмовної роботи То і середнім часом відновлення Тв співвідношенням:

Кг = Толп / (Толп + Тв), (3.3)

а коефіцієнт готовності з коефіцієнтом простою Кп пов'язаний співвідношенням виду:

Кп = 1Кг, (3.4)

Розрахункова схема для визначення показників надійності наведена на рисунку 3.1

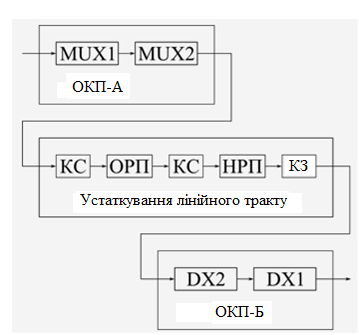


Рис. 3.1. Розрахунок показників надійності цифрової лінії передачі на основі СЦІ

На рисунку 3.1 прийняті наступні позначення:

ОКП - обладнання кінцевого пункту, що включає в себе:

MUX1 - мультиплексор первинного тимчасового групоутворення з інтенсивністю відмов - MUX1;

MUX2 - мультиплексор вторинного тимчасового групоутворення з інтенсивністю відмов - MUX2;

DX1 - демультиплексор первинного тимчасового групоутворення з інтенсивністю відмов - DX1;

DX2 - демультиплексор вторинного тимчасового групоутворення з інтенсивністю відмов - DX2;

ОРП - регенераційний пункт, що обслуговується, з інтенсивністю відмов орп і загальним числом nорп;

НРП - регенераційний пункт, що не обслуговується, з інтенсивністю відмов нрп і загальним числом nнрп;

КЗ - кабель зв'язку з інтенсивністю відмов одного кілометра каб і завдовжки, рівній довжині лінійного тракту Lт, км.

Інтенсивність відмов заданої лінії передачі дорівнює сумі відмов елементів її складових:

лп = MUX1+MUX2 + DX1 + DX2 + nорп орп + nнрпнрп + Lткаб, (3.5)

де nкп - число кінцевих пунктів (КП). У найпростішому випадку лінійний тракт має 2 КП - на початку і в кінці;

nорп - число ОРП, що дорівнює 3; nнрп - число НРП, що визначається за формулою:

Nнрп = (LT/lрд)-1, (3.6)

де Lт - довжина лінійного тракту, наведена в завданні на проект;

lрд - довжина регенераційної ділянки;

При роботі по симетричному кабелю, кількість НРП складе:



Значення необхідних параметрів для розрахунку показників надійності станційного обладнання і устаткування лінійного тракту наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Значення необхідних параметрів для розрахунку показників надійності станційного обладнання і устаткування лінійного тракту

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показники надійності | Тип устаткування | | | | | | |
|  | MUX1 | MUX2 | DX1 | DX2 | НРП | ОРП | Кабель |
| , 1/ч | 3106 | 5106 | 3106 | 5106 | 3108 | 107 | 5108, 1/км |
| Тв, ч | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 4,0 | 0,5 | 5,0 |

Підставивши значення інтенсивностей відмов:

лп = 3·10-6 + 5·10-6 + 3·10-6 + 5·10-6 + 99·3·10-8 + 3·10-7 + 500·5·108 = 41,77·10-6 1/ч.

Середній час безвідмовної роботи лінії передачі Толп дорівнюватиме:

Толп = 1/лп, (3.7)

Толп = 23,941103 ч.

Імовірність безвідмовної роботи лінії передачі:

рлп(t) = ехр ( t / Толп), (3.8)

де t береться равним t1 = 24 години, t2 = 720 годин (год) і t3 = 8760 годин (год);

PЛП(24) = ехр(-24/(24,166103)) = 0,999;

PЛП(720) = ехр(-720/(24,166103)) = 0,9704;

PЛП(8760) = ехр(-8760/(24,166103)) = 0,6936.

Розрахунок коефіцієнта готовності розраховують згідно з формулою (3.3), для якої середній час відновлення ТвЛП знаходять за формулою:

 (3.9)

ТвЛП = 3,1729 ч ~ 3 год 10 хв.

Коефіцієнт готовності дорівнює:

Кг = 0,9999.

Тоді коефіцієнт простою дорівнює:

Кп = 0,0001.

Зробимо аналогічний розрахунок для коаксіального кабелю і занесемо отримані дані в таблицю 3.2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | Симетричний кабель | Коаксіальний кабель |
| Число ОРП, nорп | | 3 | 3 |
| Число НРП, nнрп | | 99 | 57 |
| Интенсивність відмов, лп, 1/ч | | 41,77·10-6 | 40,51·10-6 |
| Середній час безвідмовної роботи лінії, Толп, ч | | 23,941 | 24,685 |
| Ймовірність безвідмовної роботи лінії, рлп(t), ч | t=1 день | 0,999 | 0,999 |
|  | t=1 місяць | 0,9704 | 0,9713 |
|  | t=1 рік | 0,6936 | 0,7013 |
| Середній час відновлення лінії, ТвЛП, ч | | 3,1729 | 3,1471 |
| Коефіцієнт готовності, Кг | | 0,9999 | 0,9999 |
| коефіцієнт простою, Кп | | 0,0001 | 0,0001 |

# **4. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

У відповідності з законом України «Про охорону праці» жодне виробництво, підприємство, цех, робочий ділянку не можуть бути введені в експлуатацію, якщо на них не будуть забезпечені здорові та безпечні умови праці.

В лабораторії з ПК встановлено наступне обладнання:

- обчислювальна техніка (ЕОМ потужністю 350 Вт);

- монітори.

Функціональна схема обладнання, яке використовується у роботі, зображена на рис.4.1.

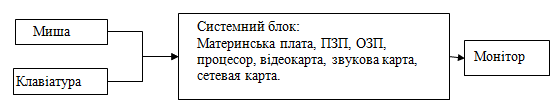
****

Рис. 4.1. Функціональна схема обладнання

Дане обладнання призначене для роботи операторів ЕОМ зі створення систем автоматизованого управління виробництвом, різного програмного забезпечення, проектно-конструкторських робіт і отримання кінцевих результатів робіт у вигляді документів: лістинги програм, схеми, креслення та ін.

# **4.1 Промислова безпека в проектному відділі**

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом за НПАОП 40.1-1.21-98 дане приміщення відноситься до класу приміщень без підвищеної небезпеки, так як вологість 40-60% і виключена можливість одночасного дотику людини до корпусів електрообладнання і заземленим металевим конструкціям будівель і споруд, які мають зв'язок із землею.

Електропостачання відділу здійснюється від 3-х фазної мережі з глухозаземленою нейтраллю, змінний струм, напруга 380/220 В. відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01.

Передбачені наступні міри електробезпеки:

- конструктивні міри електробезпеки;

- схемно-конструктивні міри електробезпеки;

- експлуатаційні міри електробезпеки.

Конструктивні міри електробезпеки забезпечують таке конструктивне рішення, яке запобігає можливість дотику людини до струмопровідних частин приладів і обладнання.

Для усунення можливості поразки електричним струмом при дотику працівника до струмопровідних металевих частин, усі рубильники встановлюються в закритих корпусах, з'єднувальні кабелі та шини електроживлення підведені до задньої панелі апаратури і недоступні людині. Застосовується блоковий монтаж.

Згідно з вимогами НПАОП 40.1-1.32-01 для електроустановок змінного струму напругою до 1000В і глухозаземленою нейтраллю застосовується занулення. У приміщенні лабораторії з ПК використана система занулення TN-S.

Комплекс необхідних заходів по техніці безпеки визначається виходячи з виду електроустановки та її номінальної напруги, умов середовища, типу приміщення і доступності електрообладнання.

Яке експлуатується обладнання не є джерелом механічних, або радіаційних небезпек, але є споживачем електричної енергії.

В приміщенні лабораторії, не частіше одного разу на рік, виконується контроль ізоляції. Перш за все,від мережі відключаються всі споживачі, включаючи ДБЖ, подовжувачі та трійники. Потім на щитку відключаються автомати», відповідні досліджуваним групам і з допомогою мегаомметра проводу вимірюються попарно: фаза-фаза, фаза-нуль, нуль, земля. У разі виявлення занадто низького опору необхідно провести додаткові роботи: встановити ділянку ланцюга, на якому порушена ізоляція і негайно усунути дефект.

З працівниками проводиться вступний, первинний, повторний, цільовий, а при необхідності і позаплановий інструктаж. Зміст всіх інструктажів відповідає вимогам НПАОП 0.00-4.12-05.

# **4.2 Забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці**

Роботи в даному приміщенні проводяться сидячи і не потребують систематичного фізичної напруги. Згідно ДСН 3.3.6-042-99 робота відноситься до категорії легкої Іа (енерговитрати до 120 ккал/ч). Робочі місця характеризуються наступними мікрокліматичними умовами:

а) відносна вологість повітря 40 - 60%;

б) температура:

- у холодний період: оптимальна 22-24 С, допустима верхня - 25 С, нижня - 21 С;

- в теплий період: оптимальна 23-25 С, допустима верхня - 28С, нижня - 22 С;

в) швидкість руху повітря:

- оптимальна - 0,1 м/с, допустима - 0,1м/с.

Підтримання на даному рівні параметрів, що визначають мікроклімат, здійснюється за допомогою кондиціонування в теплу пору року і при виділенні великої кількості тепла від обладнання з використанням опалення в холодну.

Шумове забруднення у відділі становить 50дБ, що не перевищує норму.

Приміщення з ЕОМ має природне та штучне освітлення відповідно до ДБН Ст. 25-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Природне світло проникає через бічні світлоотвори, зорієнтовані на північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КЕО) не нижче 1,5%.

Для забезпечення нормованих значень освітлення в приміщеннях з ВДТ ЕОМ загального та персонального користування очищають віконне скло та світильники не рідше ніж 2 рази на рік та своєчасно проводять заміну перегорілих ламп.

Так як домінуючим шкідливим фактором є підвищена температура повітря робочої зони, необхідно розробити систему кондиціювання повітря в приміщенні.

Для дотримання вимог техніки протипожежної безпеки та ергономіки в приміщенні встановлюються сучасні робочі столи та рідкокристалічні екрани. Працівнику для профілактики порушень і підтримки високої працездатності пропонується дотримуватися регламентовані перерви для відпочинку. Рекомендується в період роботи робити дві перерви по 15 хвилин, перший до обідньої перерви, другий – після. Головними елементами робочого місця є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи організується відповідно до ДСТУ 12.2.032-78. При роботі в положенні сидячи рекомендуються такі параметри робочого простору: довжина столу – 1000 мм, ширина – 800 мм, висота – 730 мм. Для задоволення вимог фізіології, конструкція робочого сидіння задовольняє наступним основним вимогам:допускає можливість зміни положення тіла, допускає регулювання висоти в залежності від росту працюючої людини, має злегка увігнуту поверхню, має невеликий нахил назад.

# **4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях в лабораторії з ПК**

Даний пункт розглядається відповідно до закону України «Про цивільного захисту».

У регіоні найбільш імовірними надзвичайними ситуаціями (НС), є надзвичайні ситуації техногенного характеру – це транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи, аварії з викидом небезпечних хімічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель. Для лабораторії з ПК найбільш вірогідним НС є пожежа.

Пожежі в приміщеннях з ЕОМ представляють особливу небезпеку, оскільки зв'язані з великими матеріальними втратами.

Категорія приміщення по пожежній вибухонебезпечності згідно ДБН Ст. 1.1.7-2002 має І ступінь вогнестійкості, а за пожаровзрывоопасности відноситься до категорії В.

Дане приміщення відноситься до зони класу П-ІІа по ПУЕ-2011, так як це виробниче приміщення, є меблі з дерева і ДВП. Можливі причини виникнення пожежі у приміщенні роботи операторів ЕОМ:

- недотримання правил експлуатації електронно-обчислювальної техніки;

- недотримання правил пожежної безпеки;

- перегрів струмоведучих частин обладнання в слідстві освіти високого перехідного опору в місцях з'єднань;

- несправність загального чи місцевого освітлення робочих місць.

Згідно з вимогами протипожежної безпеки в приміщенні встановлюється 2 вуглекислотних вогнегасника ВВК-1.4 (з розрахунку 1 на 20 м2), які застосовуються при гасінні невеликих вогнищ і можуть бути використані для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою. У відповідності з ГОСТ 12.4.026-76 ці кошти пофарбовані в яскраво-червоний колір і перебувають у легкодоступному місці, при виході з приміщення.

Приміщення лабораторії обладнано системою автоматичної пожежної сигналізації з застосуванням теплових датчиків типу ПОСТ-1 3 штуки, (з розрахунку 2 датчика на кожні 20 м2 площі), налаштованих на температуру спрацьовування 70°С.

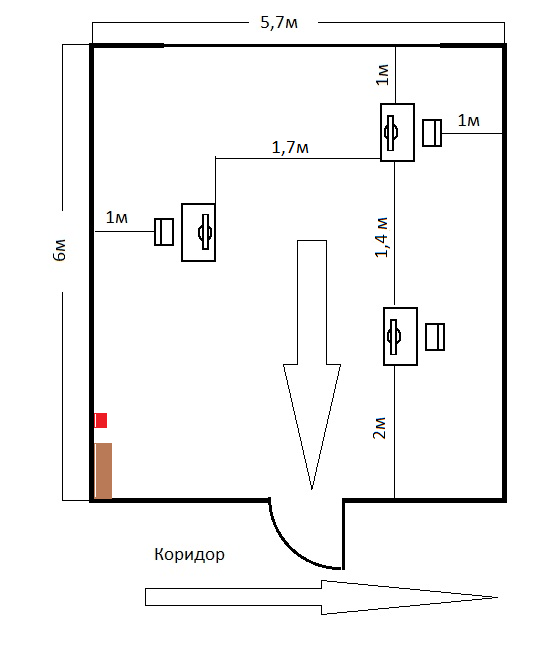
Організаційні заходи пожежної профілактики:

- навчання персоналу правилам пожежної безпеки;

- видання необхідної інструкцій і плакатів, плану евакуації   
персоналу у разі пожежі;

- виготовлення і застосування засобів наочної агітації по забезпеченню пожежної безпеки.

План евакуації показаний на рис.4.2:

****

- путь евакуації

**** - ящик з піском - вогнегасник

Рис. 4.2. Схема евакуації при пожежі

Протидія пожежам здійснюється в процесі забезпечення пожежної безпеки. Для цього встановлюються вимоги пожежної безпеки і протипожежні режими, здійснюються заходи пожежної безпеки.

У разі виникнення пожежі необхідно організувати заходи по евакуації людей з будівлі, наявними для цього всіма силами і засобами. Перевірити справність і включення в роботу автоматичних систем протипожежного захисту.

**ВИСНОВКИ**

У процесі роботи над дипломним проектом була розглянута робота системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії, проведено розрахунок параметрів, необхідних для її правильного функціонування, наведена узагальнена структурна схема цифрової системи передачі з стремена поділом каналів.

В результаті виконання проекту була засвоєна робота системи в цілому.

У розділі «Заходи з охорони праці» виконаний аналіз потенційних небезпек, розроблені заходи з техніки безпеки, заходи, що забезпечують виробничу санітарію та гігієну праці, та охорони навколишнього середовища.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы: Учебник для вузов. М.: Горячая линия - Телеком, 2005;

2. Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н., Моченов А.Д. Цифровые системы передачи: Учебное пособие для вузов / Под ред. А.Д. Моченова. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007;

3. Крухмалев В.В., Моченов А.Д. Многоканальные телекоммуникационные системы. Часть 2. Цифровые системы передачи. Учебное пособие. - Ростов н/Д: Рост.гос. ун-т путей сообщения, 2003. Электронная версия;

4. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов /В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под.ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004;

5. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов /В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под. ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. - 2-е изд., испр. - М.: Горячая линия - Телеком, 2008;

6. Крухмалев В.В., Моченов А.Д. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. Часть 1. Основы построения многоканальных телекоммуникационных систем: Учебное пособие. - Ростов н/Д: Рост.гос. ун-т путей сообщения, 2003.

7.Воробиенко П.П. Формирование служебной информации в процессе сеанса связи сетевых компьютерных приложений / П.П. Воробиенко, М.И. Струкало, С.М. Стру- кало. - К.: 64-та науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів: матеріали конф. 4.1. Інфокомунікації. - О.: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 1-4 грудня 2009 р. - С. 92-94.

8.Next Generation Networks Global Standards Initiative / ITU-T. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/default.aspx>.

9.Understanding MPLS-TP and Its Benefits. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk436/tk428/>.

10.IP NGN-IP Next-Generation Network. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns537/>.

11.Концепция сетевой интеграции по технологии ITT / [В.П. Семиноженко, В.М. Горицкий, П.П. Воробиенко, В.И. Тихонов] - М.: «Электросвязь», 2012. - № 6. - С. 1-6.

12. А. с. 29473 Україна. Відкрита система гнучкої адресації вузлів мережі / П.П. Воробієнко, В.І. Тіхонов; заявл. 15.07.2009.

13. А. с. 29474 Україна. Адаптивний універсальний комутатор / П.П. Воробієнко, В.І. Тіхонов; заявл. 15.07.2009.

14. А. с. 29486 Україна. Багатофункціональний мережний мета-протокол / П.П. Воробієнко, В.І. Тіхонов; заявл. 20.07.2009.