

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра електроніки та комп'ютерної техніки

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

на тему:

«Універсальна система зв'язку на базі цифрової системи комутації»

Завідувач кафедри

Керівник

Опанасюк А.С.

Горячев О.Є.

Виконав студент групи ТК-81

Яковлев Є.Т.

Суми 2022

# ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

\_\_\_\_\_ Сумський Державний Університет \_\_\_\_\_  
Факультет \_\_\_\_\_ ЕЛІТ \_\_\_\_\_ Кафедра \_\_\_\_\_ ЕКТ \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ Телекомунікації \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. кафедри Опанасюк А.С.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_

## Завдання на дипломний проект студентів

\_\_\_\_\_ Яковлев Єгор Тимофійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема проекту** \_\_\_\_\_ універсальна система зв'язку на базі цифрової системи комутації \_\_\_\_\_

затверджено наказом по інституту від «12» квітня 2022р. № 0241-VI

**2. Термін здачі студентом закінченого проекту** \_\_\_\_\_ 10.06.2022 \_\_\_\_\_

**3. Вихідні дані до проекту** \_\_\_\_\_ Тип системи – SI2000; виконувана задача – міська АТС; ємність системи – до 10000 абонентів; підключені віддалені пристрої – Harris 20-20 LX ємністю 425 абонентів, Мультиком D-4000 ємністю 83 абонентів. \_\_\_\_\_

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) структура і призначення універсальної системи зв'язку та основні її функції, обґрунтування принципу побудови та основних функціональних блоків системи, розрахунок та розподіл навантаження на мережі, розрахунок кількості обладнання системи.** \_\_\_\_\_

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Календарний план

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд літератури	14.04.2022	
2	Принцип побудови та основні функціональні блоки системи	02.05.2022	
3	Розрахунок інтенсивності навантаження на мережі	17.05.2022	
4	Розрахунок кількості обладнання системи	24.05.2022	
5	Представлення роботи керівнику	3.06.2022	

Студент-дипломник \_\_\_\_\_ Яковлев Єгор Тимофійович \_\_\_\_\_

Керівник проекту \_\_\_\_\_ Горячев Олексій Євгенійович \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## РЕФЕРАТ

Тема дипломного проекту: «Універсальна система зв'язку на базі цифрової системи комутації». Дипломний проект складається з 3 розділів, розділи у свою чергу розбиті на окремі підрозділи. Робота містить 40 сторінок. При написанні роботи було опрацьовано 10 джерел.

У першому розділі дипломного проекту був зроблений вибір напрямку й тема для дипломної роботи, описана актуальність теми, описана загальна структура і призначення системи, наведено основні функції системи. У другому розділі зроблене обґрунтування принципу побудови та основних функціональних блоків системи. У третьому розділі були зроблені розрахунки розподілу навантаження на мережі. Був виконаний вибір та розрахунок необхідних елементів системи. Зроблені висновки по виконаній роботі.

Ключові слова: СИСТЕМА, РОЗРАХУНОК, ОБЛАДНАННЯ

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3-4
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	5-11
1.1 Опис системи.....	5-7
1.2 SI2000 на телекомунікаційній мережі.....	7-8
1.3 Ємність.....	8-9
1.4 Системні функції.....	9-10
1.5 Постановка задачі проектування.....	11
2. ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ТА ОСНОВНІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ БЛОКИ ЦИФРОВОЇ СТАНЦІЇ SI2000.....	12-23
2.1 Механічна конструкція обладнання.....	12-13
2.2 Опис функціональних модулів.....	13-18
2.3 Сімейство SI2000 у сучасних мережах телекомунікацій.....	18-22
2.4 Платформа програмного забезпечення SI2000.....	22-23
3. РОЗРАХУНОК ТА РОЗПОДІЛ НАВАНТАЖЕННЯ НА МЕРЕЖІ.....	24-37
3.1 Інтенсивність навантаження.....	24-27
3.2 Розрахунок і поділ інтенсивності навантаження від ОС і УВАТС...27-29	27-29
3.3 Розрахунок інтенсивності міжміського навантаження.....	30-32
3.4 Розрахунок навантаження на ділянці абонентського доступу.....	32-33
3.5 Розрахунок кількості обладнання модулів MLC.....	34-37
ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	39-40

					<i>ЕлІТ 6.172.00.02.524 ПЗ</i>			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Універсальна система зв'язку на базі цифрової системи комутації	Лит.	Аркуш	Аркушів
Разраб.		Лютий М.І.					2	
Перевір.		Горячев О.Є.						
Реценз.								
Н. Контр.		Горячев О.Є.				<b>СумДУ гр. ТК-81</b>		
Затверж.		Опанасюк А.С.						

## ВСТУП

Технологічні прориви наприкінці ХХ століття втілили в життя багато крутих речей, які раніше здавалися неможливими. Без них зараз неможливо уявити собі як жити в сучасному світі. Одним з найголовніших досягнень людства є сучасні засоби комунікації та зв'язку. Актуальність цієї теми у сучасному світі полягає саме в тому, що від зв'язку залежить дуже багато процесів у житті людини. Це всім зрозуміло, неважливо який метод підключення ви використовуєте: дротовий чи мобільний, навіть звичайні мобільні телефони - будь-який з яких дуже важливий і є необхідною складовою комфортного проживання, успішного виробництва, простіше кажучи невід'ємна частина людського існування. 30 років тому люди навіть не могли уявити, як швидко буде прогресувати наука. Листи надсилали поштою і тижнями чекавши на відповідь, люди не могли повірити, що колись у 2022 році, лист можна надіслати за декілька хвилин і вже через одну хвилину отримати відповідь.

Для отримання прибутку на конкурентному ринку оператори зв'язку повинні впроваджувати нові, високоприбуткові послуги зв'язку та, що не менш важливо, диференціювати наявні послуги від аналогічних пропозицій конкурентів. Це можливо шляхом покращення користувацьких характеристик наданих послуг, додавання корисних опцій та варіантів використання послуг. Місцева телефонна мережа розвивається дуже швидко на базі цифрової АТС. Внаслідок їх широкого впровадження значно зменшилися ціни на виготовлення електронного розподільного пристрою за рахунок автоматизації виробничих і налагоджувальних процесів. Загальні розміри пристрою зменшуються, а надійність збільшується за рахунок використання високоінтегрованої елементної бази. Також зменшилися необхідні зусилля при монтажі та налагодженні електроніки в об'єктах зв'язку, внаслідок чого сильно скоротився штат працівників. Це призвело до повної автоматизації контролю функціонування обладнання та створення не обслуговуваних станцій. Значно знижується металоємність конструкції станції, зменшилася площа, яка

					<i>ЕліТ 6.172.00.02.524 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

необхідна для цифрових установок комутаційного обладнання, а також відбулося покращення якості передачі та комутації.

За рахунок активного впровадження периферійних елементів управління менш помітною стає грань між системами з розподіленим і централізованим управлінням, яка була так чітко видна наприкінці минулого десятиліття. Так, у конструктиві SI2000 версії п'яти на одній друкованій платі вміщено тридцять два аналогових абонентських комплекти з периферійним пристроєм управління. Такі видозміни забезпечили модернізацію доктрин побудови комутаційних систем та їх використання у мережах електрозв'язку. Збільшена складність телекомунікаційного устаткування зумовлює спеціалізацію підприємств-розробників у сфері окремих спецтехнологій промисловості зв'язку. Така спеціалізація у поєднанні з індустріальними стандартами в області механічної конструкції, з'єднувачів, інтерфейсів та управління обладнанням, дозволяє використовувати найпередовіші розробки сторонніх компаній, абсолютно вбудовані в обладнання. З іншого боку, ІСКРАТЕЛ надає інтегровані (ОЕМ) рішення на рівні модулів та окремих функціональних блоків обладнання іншим компаніям.

Для повної заміни фізично зношеного і морально застарілого комутаційного обладнання та систем передачі обладнання існуючих мереж зв'язку необхідні грандіозні витрати. Тому актуальною залишається проблема сумісності нового і наявного обладнання для будь-якого локального ринку. З іншого боку, особливості економічного поліпшення будь-якої держави, а найчастіше і регіону, призводять до появи специфічних місцевих вимог до обладнання, що знову вводиться. Безперервна та продуктивна співпраця фірми ІСКРАТЕЛ з урядовими та адміністративними органами з зв'язку та інформатизації, найбільшими операторами служб зв'язку, центрами галузевої науки дає нам можливість запропонувати комунікаційну систему SI2000, особливо повно відповідну нинішнім та майбутнім потребам наших замовників.

					<i>ЕлІТ 6.172.00.02.524 ПЗ</i>	Арк.
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Опис системи

SI-2000 - це сучасна цифрова комутаційна система з управлінням за записаною програмою SPC (Stored Program Control), призначена для застосування на ТФЗК, що входить до складу сімейства цифрових систем SI-2000. Системи сімейства SI-2000 можуть застосовуватися як місцеві або транзитні АТС на мережах зв'язку універсального користування (ОП) і на відомчих мережах.

До складу сімейства SI2000 входять такі додаткові вироби:

- Виносний абонентський блок з максимально 200 абонентами, керований за допомогою тракту 2 Мбіт, підключеного до АТС SI2000.
- Сільська АТС SI2000 адаптована до роботи на СТМ. Вона може включатися в мережі із застосуванням систем передачі ІКМ30, ІКМ15 або різноманітних аналогових сигналізацій.
- Цифро-цифрові перетворювачі SI2000 D/D (ЦЦП) поєднує 2 тракту ІКМ15 в один тракт ІКМ30. - SI2000/MPS або IPS - це суперкомпактна вбудована сучасна система електроживлення, що забезпечує внутрішнє живлення будь-якого модуля, а також резервне живлення, реалізоване герметизованими батареями.
- SI2000/ОМС -центр експлуатації та технічного сервісу. Призначений для підтримки роботи систем SI2000.
- Аналого-цифровий і цифро-аналоговий перетворювач сигналів SI2000 АЦП, що також є членом сімейства SI2000. Це незалежний блок, який служить адаптації аналогових систем до цифровим і навпаки.

### 1.1.1 Переваги системи

Переваги системи SI2000 нормальні для новітніх телекомунікаційних систем. До них належать:

- цифровизація
- управління за записаною програмою

									Арк.
									5
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕлІТ 6.172.00.02.524 ПЗ				



- розподілене управління
- модульність
- низьке енергоспоживання
- високий рівень безпеки та показника готовності
- велика кількість функцій простота експлуатації та технічного обслуговування
- невелика площа для встановлення станційного обладнання
- відсутність спеціальних вимог до приміщення
- робота в широкому температурному діапазоні
- установка обладнання в контейнерах з кондиціонерами та зволожувачами повітря тощо.
- контейнер з габаритами 2.5х6 м, призначений для неодноразових перевезень (до трьох тисяч абонентів)
- виконання в захисному корпусі типу shelter з теплообмінником (до двохсот сорока абонентів)

### 1.1.2 Концепція системи

Концепція системи полягає у розробці виготовленої за останнім словом техніки телефонної станції ВП, керованої модулями з різноманітними функціями. До складу системи входять такі функціональні модулі:

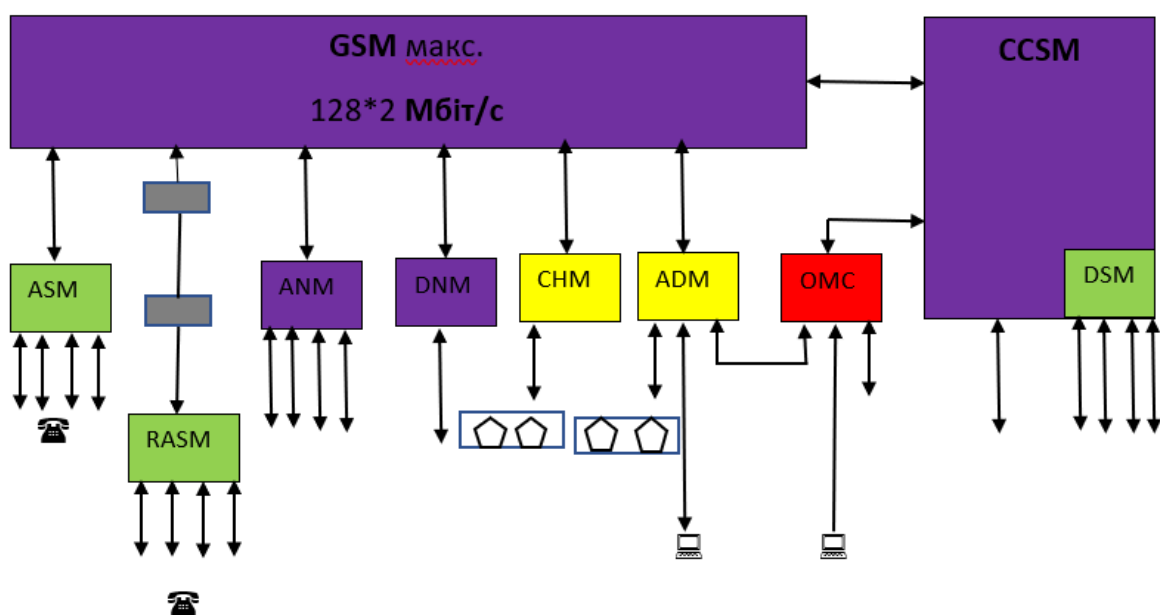


Рисунок 1.1-концепція системи

					ЕліТ 6.172.00.02.524 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

комутаційний модуль (груповий перемикач) GSM

- адміністративний модуль ADM модуль ОК №7 (CCSM)
- цифровий абонентський ISDN -модуль (DSM)
- модуль тарифікації (CHM)
- аналоговий абонентський модуль (ASM)
- аналоговий мережевий модуль (ANM)
- цифровий мережевий модуль (DNM)

Усі системні модулі синхронізуються від основного системного генератора тактових сигналів, що перебуває у комутаційному модулі. Для забезпечення безпеки комутаційний модуль (груповий перемикач) є абсолютно дубльованим.

SI2000 - це система, що працює за тезою управління за записаною програмою. Системне програмне забезпечення зберігається на магнітній стрічці, а при включенні станції програми завантажуються в пристрої модулів, що запам'ятовують. Ця функція виконується адміністративним модулем, що здійснює всю пов'язану з адміністративним управлінням активність для системи. Пристрої вводу-виводу (локальний телетайп та/або ЗМС), що забезпечують зв'язок із системою, підключаються до модуля ADM. Функція тарифікації, як і збереження тарифних даних, виконується комутаційними модулями. Модуль тарифікації накопичує та зберігає тарифні дані всієї телефонної станції та через певні проміжки часу записує їх на магнітну стрічку.

Безпеки роботи системи сприяє високоякісна елементна база, добротний дизайн, розподілене управління, низьке енергоспоживання та високий рівень інтеграції елементів. Сучасні спецтехнології НС MOS, НСТ MOS, LS TTL, Schottky TTL, NMOS, CMOS та елементи VLSI забезпечують низьке енергоспоживання та високу довговічність.

## 1.2 SI2000 на телекомунікаційні мережі

Система SI2000 може включатися в сільські, приміські та місцеві мережі.

					ЕлІТ 6.172.00.02.524 ПЗ	Арк.
						7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

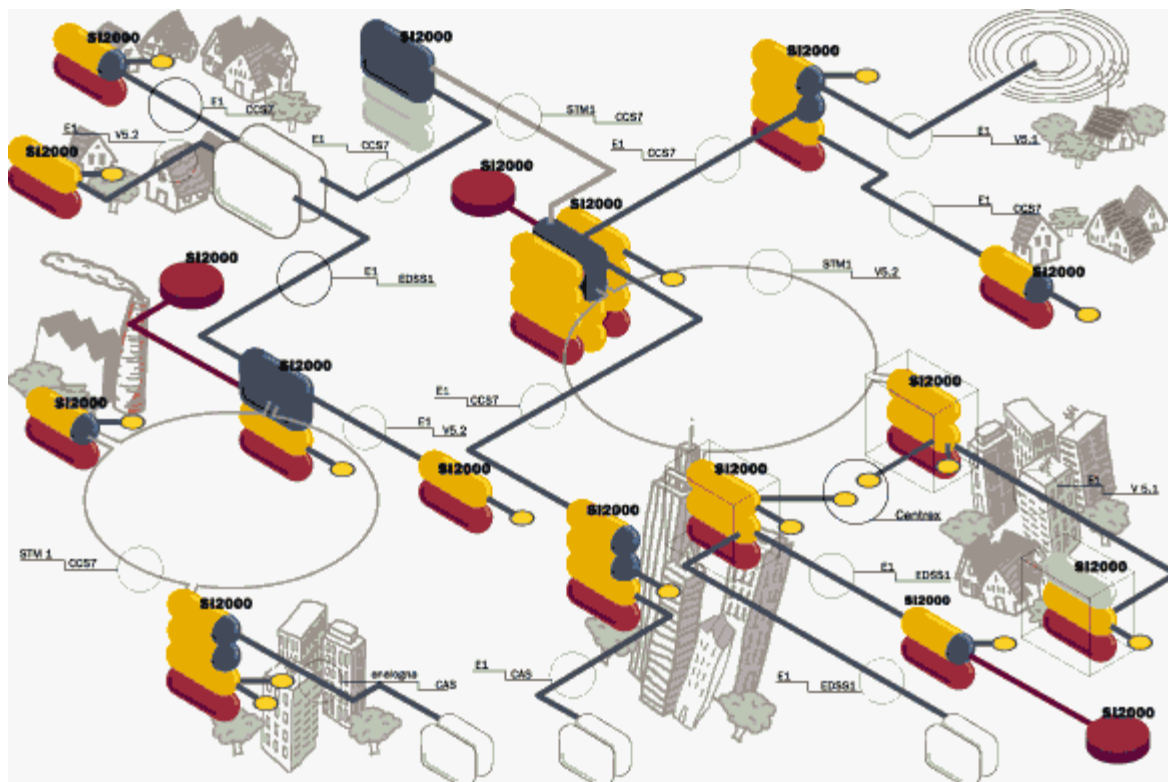


Рисунок 1.2 телекомунікаційна мережа

SI2000 може працювати в будь-якому навколишньому середовищі: аналогової, цифрової або комбінованої. Для включення в існуючі мережі використовуються наступні інтерфейси, специфіковані МСЕ-Т:

- цифровий абонентський інтерфейс (МСЕ - Т Q.930 і Q.931)
- аналоговий абонентський інтерфейс
- цифрова система передачі 2 Мбіт/с, МСЕ-Т Рекомендація Q.703
- аналогових систем передачі з ЧРК, МСЕ-Т Рекомендація Q.551
- інтерфейс для підключення аналогових фізичних кабелів, МСЕ-Т Рекомендація Q.551
- цифровий мережевий інтерфейс ОКС №7
- система дозволяє підключити АТС з відгалуженням каналів цифрового тракту передачі
- ОМС підключається до телефонних станцій із застосуванням Прямих, орендованих або комутованих ліній

### 1.3 Ємність

					<i>ЕліТ 6.172.00.02.524 ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

SI2000 застосовується як АТС середньої та малої ємності. Діапазон ємностей – до шістнадцяти тисяч абонентів.

Ємність системи нарощується помодульно. Аналоговий абонентський модуль містить до двохсот сорока абонентських комплектів, а цифровий абонентський модуль містить до трьохсот двадцяти абонентів ISDN. Місткість мережного модуля становить 30 аналогових комплектів СЛ або 30 цифрових каналів. Ємність модуля CCSM становить шість x 30 каналів ГКС №7. У межах максимальної ємності може бути обрана будь-яка комбінація модулів. До комутаційного поля (групового перемикача) може підключатися щонайбільше сто двадцять чотири різних модулі (або абонентів або сполучних ліній).

#### 1.4 Системні функції

Функції SI2000 розподілені між системними модулями. Кожен системний модуль виконує певні системні функції, що відіграють значну роль для швидкого, правильного і правильного надання абонентських служб, для яких необхідні системні апаратні засоби та програмне забезпечення. Різні модулі виконують наступні функції:

- телефонні
- експлуатації та адміністративного управління
- діагностики та технічного обслуговування.

##### 1.4.1 Абонентські послуги

Абонентські послуги:

- декадний комплект номера
- частотний комплект номера
- переадресація викликів
- виставлення на очікування
- виклик без набору номера
- тарифні імпульси 16кГц
- таксофон
- контрольний рахунок у абонента

									Арк.
									9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕЛІТ 6.172.00.02.524 ПЗ				

- УАТС
- Пошук вільної лінії
- Пошук вільної лінії в групі ліній УАТС
- прямий комплект абонентів УАТС, вхідний зв'язок
- прямий комплект номера УАТС, вихідний зв'язок
- вловлювання зловмисного виклику
- скорочений комплект номера
- заборони деяких видів зв'язку
- заборона вихідного зв'язку під керуванням абонента на замовлення (механічна побудка)
- заборона вхідного зв'язку у режимі конференц-зв'язку
- слідкування за рахунками вихідних дзвінків
- слідкування за рахунками вхідних дзвінків
- виклик абонента по замовленню

#### 1.4.2 Центр експлуатації і технічного обслуговування- ОМС

ОМС - передбачає дистанційної технічної експлуатації та обслуговування однієї чи кількох АТС. Місткість ЗМС становить приблизно двадцять тисяч ліній, їх точна кількість залежить від кількості виконуваних центром завдань.

Експлуатаційна підсистема забезпечує управління контрольованою системою, наприклад:

- видозміна конфігурації станції,
- зміна системних даних, служб, категорій обслуговування і т.д.
- зміна даних з обліку вартості телефонних розмов
- нагляд статистичних даних
- управління та огляд вимірювань навантажень

Підсистема тарифікації дозволяє виконувати наступну діяльність:

1. передачу тарифних даних з контрольованої станції до ЗМС
2. зчитування тарифних даних з касет різних станцій
3. огляд тарифних даних
4. ручне введення та аналіз тарифних даних

					ЕліТ 6.172.00.02.524 ПЗ	Арк.
						10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.5 Постановка задачі проектування

Метою дипломного проекту зважаючи на вимоги, що вказуються у завданні, є розробка універсальної системи зв'язку на базі цифрової системи комутації SI2000.

Основною задачею, що буде виконувати розроблювана система, є обробка абонентського навантаження. Тобто необхідно розробити АТС, що входить до складу міської телефонної мережі загального користування (ТМЗК). Ємність системи – до 10000 абонентів.

Крім індивідуальних абонентів до системи буде підключено дві установчо-виробничі АТС (УВАТС): Harris 20-20 LX ємністю 425 абонентів, що обслуговує готель, та Мультиком D-4000 ємністю 83 абонентів, що обслуговує завод.

Передбачено вихід розроблюваної системи на вузол міжміського зв'язку та вузол спецслужб (ВСС).

Відповідно до поставленої задачі необхідним є розрахунок навантаження системи SI2000 і складу її обладнання.

Актуальністю даної роботи є проектування універсальної системи зв'язку на базі цифрової системи комутації, що може використовуватися для вирішення типових задач обробки абонентського навантаження у складі міської мережі зв'язку.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.524 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## 2. ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ТА ОСНОВНІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ БЛОКИ ЦИФРОВОЇ СТАНЦІЇ SI2000

### 2.1 Механічна конструкція обладнання.

Обладнання системи SI2000 розміщується в стативах, виконаних відповідно до еталону ETS 300 119. Розроблено два типи стативів:

#### «Звичайний» статив (мм) «Малий» статив (мм)

Глибина шафи	300	300
Ширина шафи	600	600
Висота шафи	2200	1200
Вага статива	2.4 кН	1.3 кН

Існує також можливість постачання обладнання в стативах, що мають наступні маси габаритні характеристики:

#### «Звичайний» статив (мм)

Глибина шафи 410

Ширина шафи 666

Висота шафи 1900

Вага статива 2.5кН

В одному «стандартному» стативі можуть бути поміщені два модулі MLB (MLC), або чотири модулі MLB (MLC). В одному «малому» стативі можуть бути розміщені два модулі MLB (MLC) або модуль MLB (MLC) і система безперебійного електроживлення MPS-50 з акумуляторними батареями. Зовнішній вигляд «стандартного» та «малого» статива представлений на малюнку 2.1.

Системи живлення MPS-150, MPS-500 можуть постачатися у стативах комутаційного обладнання. Конструкція обладнання системи SI2000 забезпечує установку стативів (шаф) рядами на відстані в межах від 1200 до 2400 мм між осями рядів стативів без фальшпідлоги. Устаткування сімейства SI2000 може розміщуватись і в нетехнологічних приміщеннях. Прокладка кабелю в шафі може здійснюватися знизу вгору (у разі прокладання кабелів у фальшполі) або

					ЕЛІТ 6.172.00.02.524 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

зверху вниз (у разі прокладання кабелів по кабель-росту). За допомогою додаткових елементів конструкції обладнання системи SI2000 можна використовувати в сейсмонебезпечних регіонах з силою землетрусу до 8.0 балів за шкалою Ріхтера, при установці в сейсмостійких будівлях до 10 балів за шкалою Ріхтера.



Рисунок 2.1 Зовнішній вигляд "стандартного" та "малого" стативів.

## 2.2 Опис функціональних модулів

Комутаційний модуль (груповий перемикач) GSM. GSM є одним із центральних модулів системи SI2000 і виконує такі функції: міжпроцесорний зв'язок, комутація ІКМ, синхронізація.

На рис. 2.2. запропоновано блок схема групового перемикача GSM. TS – тимчасовий перемикач (Time Switch) ASS – контроль за аварійними сигналами та живленням (Alarm and Supply Supervision) MLI I – інтерфейс MLI CPU I – інтерфейс CPU CB – керівна шина (Control Bus) PI – периферійний інтерфейс (Peripheral Interface) IR – приймач переривань (Interrupt Receiver) SFM – синхронізація та частотні вимірювання (Synchronization and Frequency Measurement) DM – динамічний запам'ятовуючий пристрій (Dynamic Memory) AB – адресна шина (Address Bus) DB – шина даних (Data Bus) IL – тракт

						ЕлІТ 6.172.00.02.524 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			13



переривань (Interrupt Link ) TSI – інтерфейс тимчасових перемикачів (ІКМ) (Time Switch Interface) SSL – тракт синхронізації та тракт ІКМ (Synchronization and Switch Link) ML – міжмодульний тракт (Module Link) GSM складається з 2-х ідентичних елементів. Обидві частини GSM разом утворюють функціонально цілісне ціле, хоча працювати можна і з однією частиною.

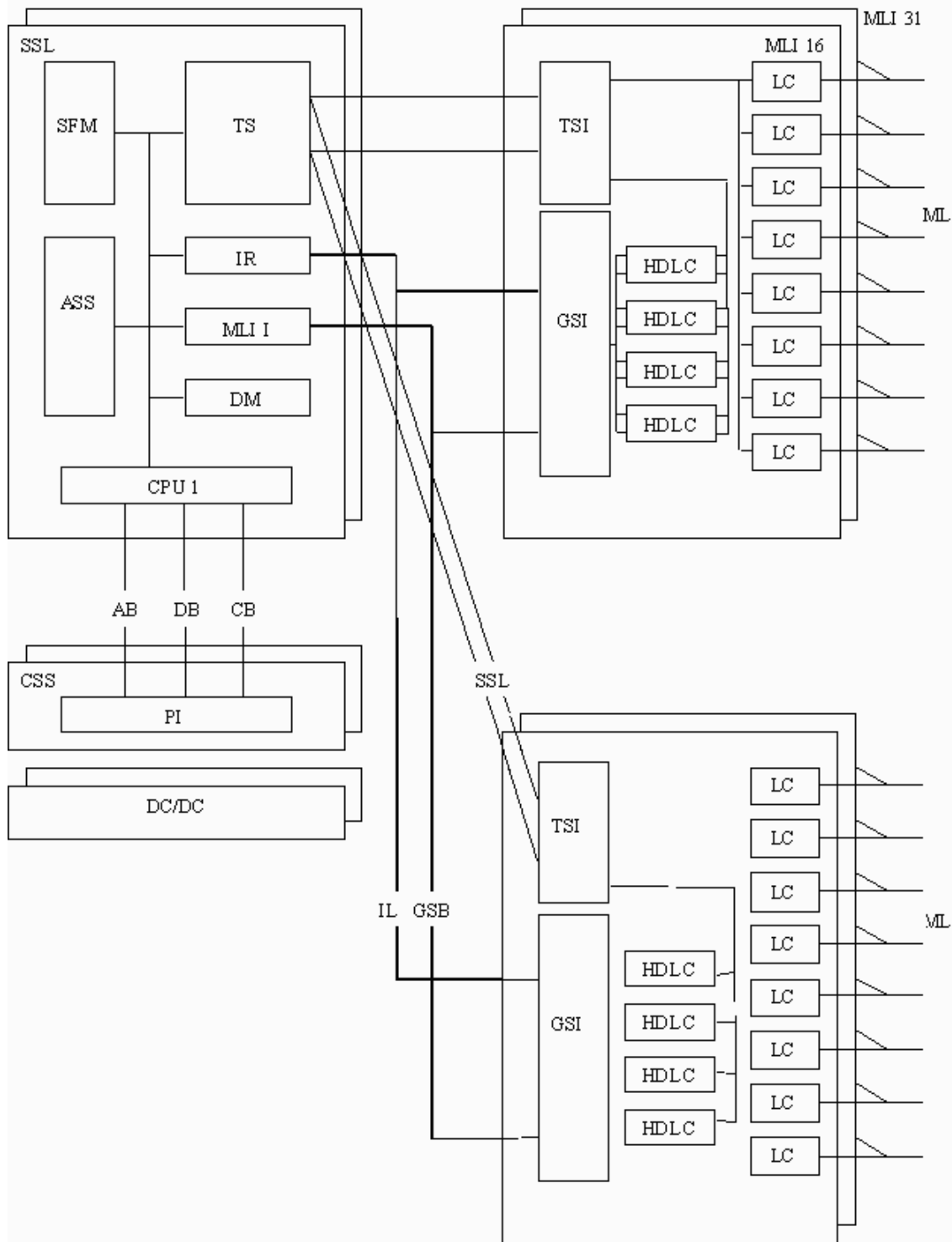


Рисунок 2.2 Блок схема групового перемикача GSM.

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Дублювання GSM виконано так, що до інших модулів обидві частини працюють абсолютно вільно один від одного. Для модулів дублювання GSM непомітна.

Модулі з'єднані з GSM за допомогою міжмодульних трактів, підключених до обох частин GSM. До одного блоку MLI йде вісім міжмодульних трактів, внаслідок чого виходить шістнадцять таких блоків для кожної частини GSM. Міжмодульний тракт на блоці MLI спочатку йде лінійну схему. На лінійній схемі здійснюється фазова синхронізація. Далі всі канали ІКМ синхронізовані по фазі надходять на синхронну шину. Крім того лінійна схема виконує всі інші функції нагляду та контролю міжмодульного тракту.

Синхронний тракт підключається до інтерфейсу з комутаційним полем. У цьому місці в 0-й канал вставляються дані, отримані від контролерів HDLC. Після вставки виконуються реформування 8-ми послідовних каналів дві тисячі сорок вісім кбіт/с в один логічний канал шістнадцять тисяч триста вісімдесят чотири кбіт/с. Аналогічна процедура виконується в обох напрямках передачі. Далі канали ІКМ із усіх блоків MLI йдуть на комутаційне поле через його тракти. Місткість комутаційного поля становить шістнадцять блоків MLI або сто двадцять вісім модулів або чотири тисячі дев'яносто шість каналів ІКМ. Крім комутації каналів ІКМ, комутаційне поле забезпечує також встановлення конференц-зв'язку. Комутаційним полем управляє процесор через інтерфейс CPU та периферійну шину на блоці SSL.

Процесорна шина GSM є подовженою шиною блоку CPU. Подовження виконується за тезою повернення сигналу готовності. Цикл процесора не завершується доти, доки з периферії не надійде підтвердження.

На блоці SSL виконується синхронізація на зовнішні стандартні сигнали. Ці сигнали можуть бути виділеними тактовими сигналами, що надходять або з цифрових мережевих трактів або джерел еталонних тактових частот. У разі пасивної роботи пасивна частина GSM повинна синхронізуватися від активної частини, що виконується за допомогою тракту 8кГц, що об'єднує обидві частини. Синхронна частина містить також вимірювання частоти джерел

									Арк.
									15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕЛІТ 6.172.00.02.524 ПЗ				

еталонної тактової частоти щодо тактової частоти мережі та корекції цієї частоти у разі холостого ходу станції протягом доби.

Крім того, блок SSL генерує аварійні сигнали і виконує контроль за пристроями електроживлення. Електроживлення здійснюється для будь-якої частини GSM здійснюється окремо за допомогою стандартного пристрою живлення. Адміністративний модуль У SI дві тисячі ADM виконує функцію завантаження та видозміни ПЗ та даних у всіх модулях (зв'язок людина система). Модуль забезпечує зв'язок станції із основним центром технічного сервісу – ОМС. На станціях із числом абонентів менше 2000 модуль ADM може виконувати також функції тарифікації та функціонально замінити модуль СНМ.

Модуль ADM виконує наступні функції універсального призначення:

- завантаження програм та даних;
- результат повідомлень про помилки або відмови (діагностика);
- адміністративне управління (зчитування та видозміна баз даних модулів);
- вимірювання навантаження та статичне стеження за подіями; зв'язок людини із станцією;
- основні годинники реального часу;
- зв'язок із центром ОМС;
- контроль зовнішніх аварійних сигналів;
- зберігання та результат тарифних даних у випадках, коли даний модуль застосовувався як логічний модуль СНМ;
- зв'язок та передача тарифних повідомлень на термінал ЗМТ;

Використовується для врахування вартості телефонних розмов. Модуль записує показання тарифних лічильників на магнітну стрічку з метою їхньої подальшої обробки. Апаратні засоби модуля СНМ однакові апаратним засобам модуля ADM. Модуль СНМ виконує такі функції: прийом тарифних даних по кожному встановленому з'єднанню з окремих модулів; зберігання у пам'яті показань тарифних лічильників всім абонентів станції; зберігання у пам'яті подій та несправностей, що супроводжували процес обліку вартості;

					<i>ЕЛІТ 6.172.00.02.524 ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

встановлення тарифної касети; охорона тарифних даних; запис показань тарифних лічильників на касету; запис на касету повідомлень про узгодження показань тарифних лічильників; запис даних детального обліку вартості розмови на ОМТ;

Абонентський модуль ASM та RASM ASM та RASM – дозволяють підключити до станції аналогові абонентські лінії. Місткість ASM становить двісті тридцять дев'ять портів. Апаратні засоби модуля ASM та RASM забезпечують: підключення аналогових абонентських ліній; насиченість ліній у напрямку GSM у співвідношенні двісті тридцять дев'ять/тридцять; генерування тарифних сигналів на їх передачу абонентам; генерування акустичних сигналів та викликового струму; декадний та частотний комплект номера; міжпроцесорний зв'язок із іншими модулями; реформування АЦП та ЦАП; зміна полярності (переплюсування); доступ до точок підключення з метою реалізації випробувань; випробувальний блок для механічних випробувань кінцевих комплектів, абонентських ліній та телефонних агрегатів; обробку з'єднань; у модулі RASM збір та обробку зовнішніх аварійних сигналів;

Властивості модуля:

- до 239 абонентських ліній;
- п'ять приймачів сигналів частотного комплекту;
- тридцять розмовних трактів у напрямі GSM;
- передача тарифного сигналу до ста відсотків;

Модуль ANM забезпечує з'єднання станції з аналоговою мережею за допомогою лінійних комплектів. Ємність модуля: 30 лінійних комплектів.

Апаратні засоби модуля забезпечують:

- підключення 30 аналогових сполучних ліній з ідентичною або різною сигналізацією до GSM;
- обробка сигналів керування;
- невимушений доступ (без концентрації) всіх лінійних комплектів;
- передача прийом сигналів управління МЧК;
- передачу акустичних сигналів;

										Арк.
										17
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЕЛІТ 6.172.00.02.524 ПЗ

- АЦП та ЦАП;
- перехід з двох провідного з'єднання на 4 провідне і навпаки;
- міжпроцесорний зв'язок;
- обробка з'єднань;

DNM забезпечує з'єднання АТС SI2000 із цифровим навколишнім середовищем через звичайний тракт 2 Мб/с. Містить також елементи як і ANM, крім аналогових лінійних комплектів. Апаратні засоби модуля забезпечують:

- підключення 30-ти каналної стандартної системи передачі ІКМ (дві тисячі сорок вісім кбіт/с) до GSM;
- обробку сигналів керування;
- обробку синхронізованого та сигнального каналів;
- невимушений доступ до всіх каналів до GSM (без концентрації);
- міжпроцесорний зв'язок;
- синхронізацію на GSM; синхронізацію GSM на частоту вхідного сигналу;
- обробку з'єднань;
- контроль тракту 2 Мб/с;

### 2.3 Сімейство SI2000 у сучасних мережах телекомунікацій.

Функціональна архітектура сімейства SI2000 повною мірою відображає сучасні схильності покращення цифрових систем комутації та побудови мереж зв'язку. Вона абсолютно задовольняє рекомендаціям МСЕ-Т Q.501 і Q.512 і полягає в доктрині універсального інтерфейсу устаткування мережі доступу. Архітектурний розподіл вузла комутації (SN - Switch Node) і вузлів мережі доступу (AN - Access Node) різного функціонального призначення, дозволяє особливо еластично впроваджувати нові перспективні послуги електрозв'язку та сучасні технології абонентського доступу. Для відповідності змінним мережним вимогам і умовам використання необхідна самостійна від служб архітектура мережі, яка зможе об'єднати різні типи дротових і бездротових спецтехнологій доступу, технологій передачі по мідним (парним і коаксіальним) кабелям,

									Арк.
									18
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕЛІТ 6.172.00.02.524 ПЗ				

волоконно-оптичним кабелям і радіозв'язку, а також цільною системою управління. Запропонована ІСКРАТЕЛІ загальна архітектура мережі (що відповідає доктринам ІТУ-Т і ЕТСІ) запропонована малюнку 1.

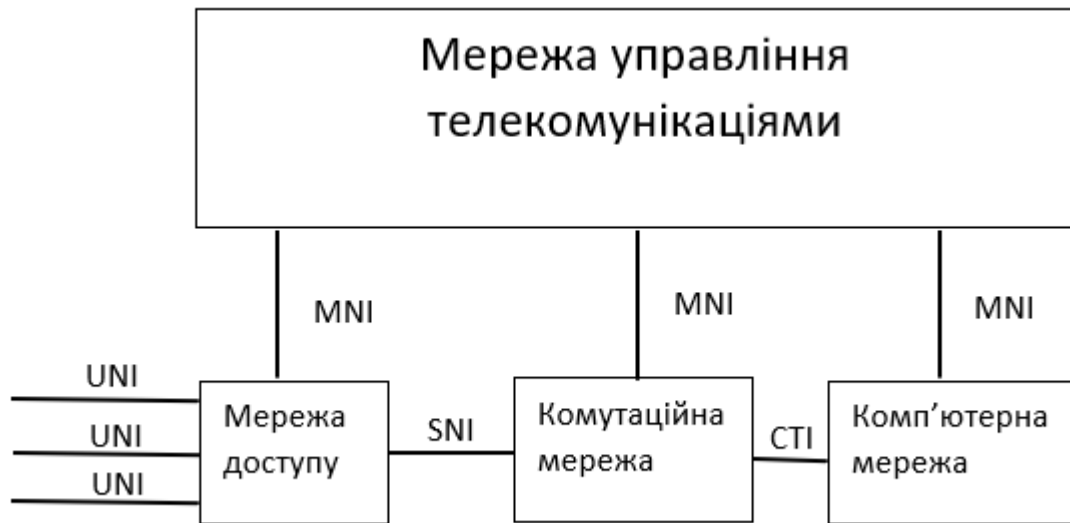


Рисунок 2.3 Загальна архітектура мережі, де:

UNI User Network Interface (інтерфейс користувача-мережа);

SNI Service Network Interface (інтерфейс комутованої мережі та мережі доступу);

CTI Computer Telephony Interface (інтерфейс комп'ютерної телефонії);

MNI Management Network Interface (інтерфейс мережі управління телекомунікаціями).

Мережа доступу обслуговує різні типи інтерфейсів -мережа (з наданням комутованих та некомутованих з'єднань, вузькосмугових та широкосмугових служб зв'язку). Вона об'єднує інформаційні потоки в транспортному механізмі SNI (E1, STM-1, АТМ або V5.x) і надає в комутовану мережу. Комп'ютерна мережа надає користувачеві розширені послуги, реалізуючи функції обробки голосових запитів, центрів обслуговування викликів, розрахунків з абонентами тощо. Всі ці мережі управляються за допомогою універсального інтерфейсу MNI мережею керування телекомунікаціями.

Для побудови комутаційних систем малої та середньої ємності у функціональній архітектурі сімейства SI2000 передбачено застосування вузла

комутації та доступу (SAN – Switch and Access Node), що поєднує функції обладнання мережі доступу та комутованої мережі на базі одного апаратного модуля. Застосування стандартного інтерфейсу V5.2 для підключення вузлів мережі доступу до вузла комутації дає можливість виготовляти централізоване управління абонентськими даними як для обладнання, що входить та інтегрованого в сімейство SI2000, так і для обладнання вузлів мережі доступу сторонніх підрядників, що підтримує інтерфейси V5.1 та/або V5.2. Випереджаюче становлення спецтехнологій бездротового та широкопasmового доступу у поєднанні з таким підходом визначає високий технічний рівень пропонуваніх ІСКРАТЕЛ мережевих рішень. Застосування стандартних інтерфейсів також полегшує ІСКРАТЕЛ локалізацію продукту і дозволяє пропонувати на ринку вузли мережі доступу сімейства SI2000 як незалежні продукти для розширення ємності існуючих систем комутації. Обидва ці фактори дають можливість оператору мережі зв'язку знаходити оптимальні цінові рішення при розробці нових, а також при вдосконаленні та розтягуванні існуючих мереж зв'язку.

В обладнання SI2000 інтегровано сімейство електроживильних установок MPS (Modular Power Supply) різної потужності. Таке поєднання дає можливість безпосереднього управління первинними джерелами електроживлення обслуговуючого персоналу комутаційних станцій. Це особливо важливо для необслуговуваних комутаційних систем мінімальної та середньої ємності, котрим питання управління ЕПУ завжди були каменем спотикання.

Присутність централізованої системи технічної експлуатації дозволяє керувати всіма вузлами сімейства SI2000 з цілісного центру, що забезпечує суттєву економію експлуатаційних витрат оператора зв'язку. Вузол управління (MN – Management Node) дозволяє проводити конфігурацію обладнання, моніторинг аварійних обставінок, виконувати необхідні вимірювання параметрів якості обслуговування та навантаження. Актуальний діалоговий інтерфейс користувача з урахуванням програмних засобів Windows NT полегшує оператору управління мережевими елементами 2-ою найважливішою

										Арк.
										20
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЕліТ 6.172.00.02.524 ПЗ

функцією вузла управління є зберігання та обробка станційних даних. Ці дані включають як контрольні копії завантажувального коду та бази напівпостійних станційних даних, так і дані статистики, системного журналу, тарифікаційні дані тощо. Використання стандартних операційної системи, СУБД, засобів забезпечення безпеки, протоколів обміну інформацією та інших програмних підсистем у програмному забезпеченні вузла управління дозволяє використовувати плоди комп'ютерної революції 2-х минулих десятиліть. Присутність програмного інтерфейсу, що відповідає архітектурі та специфікаціям CORBA (Common Object Request Broker Architecture) забезпечує подальшу інтеграцію вузла управління в автоматизовану систему управління оператора мережі зв'язку (OSS – Operating Support System).

Інший головний аспект інтеграції комп'ютерних систем в обладнання телекомунікацій виявив своє відображення у виникненні сімейства SI2000 комп'ютерних вузлів надання служб (SVN – Service Node), що реалізують функції центрів обробки викликів, довідкових систем, серверів доступу до джерел мереж передачі даних та інші додатки. Доктрина комп'ютерної телефонії (CTI - Computer Telephony Integration), що підтримується такими організаціями зі стандартизації електрозв'язку як ISO, ITU-T, ETSI, ECMA та ANSI є в даний час одним з основних напрямків покращення сімейства SI2000.

Сімейство SI2000 забезпечує побудову комутаційного обладнання ємністю:

- до сорока тисяч абонентських ліній (В-каналів);
- до 7200 цифрових або аналогових сполучних ліній (каналів);
- до шістдесяти сигнальних каналів системи сигналізації ГКС-7.

Розвиток абонентської ємності та збільшення кількості сполучних ліній проводиться за допомогою додавання типових знімних блоків або модулів.

Система забезпечує можливість включення абонентських ліній базового доступу (BRA) та аналогових абонентських ліній у будь-яких пропорціях у межах сумарної абонентської ємності та продуктивності. Система також

					<i>ЕліТ 6.172.00.02.524 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21



дозволяє включати лише на рівні вузла мережі доступу абонентські лінії стандарту SDSL і обслуговувати абонентів WLL в стандарті CDMA.

Забезпечено можливість включення абонентських ліній доступу на первинній швидкості (PRA), що обслуговуються системою сигналізації EDSS1, пучків з'єднувальних ліній, що обслуговуються системою сигналізації ГКС №7 і QSIG (на відомчій мережі), а також пучків з'єднувальних ліній, що обслуговуються іншими, традиційними для мереж РФ та країн СНД, системами міжстанційної телефонної сигналізації у будь-яких пропорціях у межах сумарної каналної ємності та продуктивності. У системі SI2000 реалізована функція стеження (LM - legal monitoring), інакше звана "COPM".

У складі сімейства SI2000 постачається як станційна частина, і пульт управління.

#### 2.4 Платформа програмного забезпечення SI2000

Програмне забезпечення в комутаційних вузлах SN/SAN і в AN-NB або AN-BB, а також у вузлах MN і SVN, підрозділяється на системне ПЗ (System Software - SSW), прикладне ПЗ (Applications Software – ASW) та бази даних (Data Base - DB). Частиною системного програмного забезпечення є операційна система (Operating System – OS) де ґрунтуються інші підсистеми системного ПЗ (наприклад, SR3, OLT, ODOLT) і прикладне програмне забезпечення.

Системне програмне забезпечення комутаційних вузлів сімейства SI2000 включає операційну систему (OS), підсистему вихідного завантаження та поправлення (Start-up\_Reliability\_Resiliency\_Recovery - SR3), підсистему фонового тестування (On-Line Tests - OLT), та підсистему тестування за запитом (On) On-Line tests - ODOLT). Операційна система (pSOS) складається з ядра та системних програм стека протоколів TCP/IP та його додатків. У ній реалізовані протоколи передачі аварійної індикації та даних про помилки (у разі - SNMP), передачі програмних файлів станційного ПЗ, інформації обліку вартості і статистики, тощо. (в даному випадку FTP), та для реалізації маніпуляцій адміністрування (в даному випадку RPC). Маршрутизатор IP для забезпечення

					ЕлІТ 6.172.00.02.524 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

зв'язку MN/MT з вузлами SN/SAN та AN реалізований у комутаційному вузлі (SN/SAN).

Прикладне програмне забезпечення комутаційних вузлів сімейства SI2000 включає програми обробки сигналізації (Signaling Processing - SP), управління викликом (Call Control - CC), управління додатковими службами (Supplementary Services - SSV), обліку вартості та реєстрації (Call Registration and Charging - CRC), управління мережевими з'єднаннями (Connectivity and Senders Control - CSC), вимірювань та статистики (Traffic and Statistical Measurements - TSM).

Бази даних SI2000(DB). Вузол управління (MN) містить СУБД «Informix DBMS (On-line)», тоді як комутаційні вузли SN/SAN містять СУБД «SI2000 Real Time Management System (RTDBMS)». Обидві СУБД є релятивістськими. Бази даних можуть адмініструватись за допомогою інтерактивної графічної мови Informix NewEra.

					<i>ЕліТ 6.172.00.02.524 ПЗ</i>	Арк.
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		23

### 3. РОЗРАХУНОК ТА РОЗПОДІЛ НАВАНТАЖЕННЯ НА МЕРЕЖІ

#### 3.1 Інтенсивність навантаження

Інтенсивність телефонних навантажень – це головний параметр, що визначає обсяг всіх видів обладнання на АТС. Будь-яка індивідуальна абонентська лінія і-ої категорії в ЧПН інтенсивність 3 питомих навантажень:

- $y_i$  – вихідне зовнішнє навантаження;
- $y_{вн}$  – внутрішньостанційне навантаження;
- $y_{в}$  – вхідне зовнішнє навантаження.

Для абонентів адміністративного, народно-господарського та квартирних секторів місцеві та міжміські питомі навантаження. Інтенсивність питомих навантажень ліній РПП  $y_{рпп} = 0.45$  Ерл і питоме навантаження, створюване однією міжнародною телефонною лінією  $y_{умт} = 0.65$  Ерл відповідно до інформації.

$$y_{рпп-и} = y_{рпп-в} = 0,5 y_{рпп} = 0,225$$

Інтенсивності вихідної та внутрішньостанційної питомих навантажень місцевих таксофонів набувають значення питомих місцевих навантажень адміністративного сектора:

$$y_{и-т} = y_{а-иМ}; y_{вн-т} = y_{вн-а}$$

Питома вхідна навантаження для місцевих та міжміських таксофонів приймається рівною нулю знаходимо:

$$y_{BRI-иМ} = y_{BRI-вМ} = y_{BRI-вн} = 0,5 \text{ Ерл};$$

$$y_{оупд-иМ} = y_{оупд-вМ} = y_{оупд-вн} = 0,15 \text{ Ерл}$$

Немає даних про величини інтенсивності питомого міжміського навантаження для ОУПД і BRI, прийmemo:

$$y_{оупд-иАМ} = y_{а-иАА} = 0,008 \text{ Ерл};$$

$$y_{оупд-вАМ} = y_{а-вАМ} = 0,004 \text{ Ерл};$$

$$y_{BRI-вАМ} = 8 y_{а-иАА} = 0,064 \text{ Ерл};$$

					ЕлІТ 6.172.00.02.524 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$y_{BRI\_вAM} = y_{a\_вAM} = 0,032 \text{ Ерл.}$$

Вихідне з лінійних модулів навантаження включає місцеве і міжміське навантаження:

$$A_u = A_{M\_u} + A_{AM\_u}, \quad (3.1)$$

де  $A_{M\_u}$  – вихідне навантаження місцевого зв'язку, що надходить від абонентів всіх категорій:

$$A_{M\_u} = N_a \cdot y_{a\_uM} + N_{нх} \cdot y_{нх\_uM} + N_k \cdot y_{к\_uM} + N_m \cdot y_{u\_m} + N_{оупд} \cdot y_{оупд\_uM} + N_{УСС} \cdot y_{УСС} + N_{BRI} \cdot y_{BRI\_uM}; \quad (3.2)$$

$$N_{УСС} \cdot y_{УСС} = A_{УСС} = 7.5408 \text{ Ерл} - \text{див. пункт 3.4.}$$

$A_{AM\_u}$  – вихідне міжміське навантаження від абонентів ЦС:

$$A_{AM\_u} = N_a \cdot y_{a\_uAM} + N_{нх} \cdot y_{нх\_uAM} + N_k \cdot y_{к\_uAM} + N_{mt} \cdot y_{mt} + N_{оупд} \cdot y_{оупд\_uAM} + N_{BRI} \cdot y_{BRI\_AM} + N_{pnn} \cdot y_{pnn\_u}; \quad (3.3)$$

Навантаження, що надходить на лінійні абонентські модулі, визначається за формулою:

$$A_v = A_{M\_в} + A_{AM\_в}, \quad (3.4)$$

де вхідне навантаження місцевого зв'язку, що надходить від абонентів ОС та УВАТС мережі до абонентів ЦС:

$$A_{M\_в} = N_a \cdot y_{a\_вM} + N_{нх} \cdot y_{нх\_вM} + N_k \cdot y_{к\_вM} + N_{оупд} \cdot y_{оупд\_вM} + N_{BRI} \cdot y_{BRI\_вM}; \quad (3.5)$$

$A_{AM\_в}$  – вхідне міжміське навантаження до абонентів ЦС:

$$A_{AM\_в} = N_a \cdot y_{a\_вAM} + N_{нх} \cdot y_{нх\_вAM} + N_k \cdot y_{к\_вAM} + N_{mt} \cdot y_{mt} + N_{оупд} \cdot y_{оупд\_вAM} + N_{BRI} \cdot y_{BRI\_вAM} + N_{pnn} \cdot y_{pnn\_в}; \quad (3.6)$$

Внутрішньостанційне навантаження визначається за формулою:

$$A_{вн} = N_a \cdot y_{a\_вн} + N_{нх} \cdot y_{нх\_вн} + N_k \cdot y_{к\_вн} + N_m \cdot y_{вн\_m} + N_{оупд} \cdot y_{оупд\_вн} + N_{BRI} \cdot y_{BRI\_вн} \quad (3.7)$$

						ЕЛІТ 6.172.00.02.524 ПЗ	Арк.
							25
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 3.1 Розрахунок інтенсивності абонентського навантаження (Ерл)

Найменування навантаження	$A_{M\_u}$						
Складові навантаження	$A_{a\ uM}$	$A_{нх\ uM}$	$A_{к\ uM}$	$A_{u\ m}$	$A_{оунд\ uM}$	$A_{BRI\ uM}$	$A_{УСС}$
Значення навантаження від абонентів I-ої категорії	21.285	23.244	9.793	0.33	1.8	6	10
Значення I-ої складової навантаження	72.452						
Найменування навантаження	$A_{AM\_u}$						
Складові навантаження	$A_{a\ uAM}$	$A_{нх\ uAM}$	$A_{к\ uAM}$	$A_{u\ mт}$	$A_{оунд\ uAM}$	$A_{BRI\ uAM}$	$A_{рпн\ u}$
Значення навантаження від абонентів I-ої категорії	5.16	7.748	2.798	9.1	0.096	0.768	1.8
Значення I-ої складової навантаження	27.47						
Найменування навантаження	$A_{M\_в}$						
Складові навантаження	$A_{a\ вM}$	$A_{нх\ вM}$	$A_{к\ вM}$	$A_{в\ т}$	$A_{оунд\ вM}$	$A_{BRI\ вM}$	
Значення навантаження від абонентів I-ої категорії	30.315	27.118	13.99	0	1.8	6	
Значення I-ої складової навантаження	79.223						
Найменування навантаження	$A_{AM\_в}$						

Продовження таблиці 3.1

Складові навантаження	$A_{a \text{ вАМ}}$	$A_{нх \text{ вАМ}}$	$A_{к \text{ вАМ}}$	$A_{мт \text{ вАМ}}$	$A_{оупд \text{ вАМ}}$	$A_{ВРІ \text{ вАМ}}$	$A_{рпн \text{ в}}$
Значення навантаження від абонентів I-ої категорії	2.58	3.874	2.798	9.1	0.384	0.384	1.8
Значення I-ої складової навантаження	20.584						
Найменування навантаження	$A_{вн}$						
Складові навантаження	$A_{a \text{ вн}}$	$A_{нх \text{ вн}}$	$A_{к \text{ вн}}$	$A_{вн \text{ т}}$	$A_{оупд \text{ вн}}$	$A_{ВРІ \text{ вн}}$	
Значення навантаження від абонентів I-ої категорії	46.44	54.236	39.172	0.72	1.8	6	
Значення I-ої складової навантаження	148.37						

3.2 Розрахунок і поділ інтенсивності навантаження від ОС і УВАТС

Для будь-якої ОС<sub>j</sub> визначається вихідне місцеве навантаження  $A_{i\_M\_OCj}$ , що надходить на СЛ у напрямку ЦС, а після цього розподіляється по різних напрямках у межах заданої мережі:

$$A_{u\_M\_OCj} = (N_a \cdot y_{u\_aM})_{OCj} + (N_{нх} \cdot y_{u\_нхM})_{OCj} + (N_k \cdot y_{u\_кM})_{OCj},$$

Де  $N_a$ ,  $N_{нх}$ ,  $N_k$  – число абонентів заданої категорії j-ої ОС;

$y_{u\_iM}$  – питома вихідне навантаження від абонентів i-ої категорії.

Для абонентів мережі передбачено вихід на АМТС, то інтенсивність навантаження на пучок СЛ від ОС та УВАТС до ЦС зростає на величину вихідного навантаження на АМТС:

$$A_{u\_AM\_OCj} = (N_a \cdot y_{u\_a\_AM})_{OCj} + (N_{нх} \cdot y_{u\_нх\_AM})_{OCj} + (N_k \cdot y_{u\_к\_AM})_{OCj}, \quad (3.9)$$

де  $A_{i\_AM\_OCj}$  - вихідне міжміське навантаження до АМТС від абонентів ОС<sub>j</sub>;

$y_{u\_i\_AM}$  – питома вихідне міжміське навантаження від абонентів i-ої категорії.

Сумарне вихідне навантаження від ОС<sub>j</sub> до ЦС, що надходить на входи модуля МСА вузла комутації SN:

$$A_{u\_OCj} = A_{u\_M\_OCj} + A_{u\_AM\_OCj}, \text{ Ерл (3.10)}$$

Навантаження, що входить до абонентів ОС<sub>j</sub> по пучках СЛ від ЦС, включає навантаження від абонентів інших станцій мережі, а також входить міжміське навантаження від АМТС:

$$A_{в\_OCj} = A_{в\_M\_OCj} + A_{в\_AM\_OCj}, \text{ Ерл (3.11)}$$

Вхідне місцеве навантаження до абонентів j-ої ОС:

$$A_{в\_M\_OCj} = (N_a \cdot y_{в\_aM})_{OCj} + (N_{нх} \cdot y_{в\_нхM})_{OCj} + (N_k \cdot y_{в\_кM})_{OCj} \text{ (3.12)}$$

Вхідне міжміське навантаження до абонентів j-ої ОС:

$$A_{в\_AM\_OCj} = (N_a \cdot y_{в\_a\_AM})_{OCj} + (N_{нх} \cdot y_{в\_нх\_AM})_{OCj} + (N_k \cdot y_{в\_к\_AM})_{OCj} \text{ (3.13)}$$

При ємності ОС менш чи дорівнює двісті номерів чи ОС з допомогою ОКС7 слід утворювати простий двосторонній пучок СЛ, що призведе до зростання застосування СЛ. Цей пучок обслуговуватиме і місцеве, і міжміське навантаження. Загальне навантаження для пучка ліній двостороннього функціонування:  $A_{СЛ\_OCj} = A_{u\_OCj} + A_{в\_OCj}$ , Ерл (3.14)

Розрахунок вхідних та вихідних навантажень для УВАТС мережі проводиться подібно до розрахунку навантажень для ОС з урахуванням на УВАТС абонентів лише 2-х категорій: адміністративного та народно-господарського сектора. Відсотковий поділ структурного складу абонентів.

Навантаження ОУ-ПД визначається так:

$$\begin{aligned} A_{u\_ОУПД} &= N_{ОУПД} \cdot y_{u\_ОУПД} \\ A_{в\_ОУПД} &= N_{ОУПД} \cdot y_{в\_ОУПД} \text{ Ерл (3.15)} \\ y_{u\_ОУПД} + y_{в\_ОУПД} &= y_{ОУПД} \end{aligned}$$

Таблиця 3.2 – Розподіл структурного складу абонентів УВАТС

Найменування УВАТС	Тип УВАТС	Місце установки	Ємність УВАТС	Склад абонентів			
				Відсотковий		Чисельний	
				N <sub>a</sub>	N <sub>нх</sub>	N <sub>a</sub>	N <sub>нх</sub>
УВАТС 1	Harris 20- 20 LX	Готель	425	5	95	21	404
УВАТС 2	Мультиком D-4000	завод	83	15	85	12	71

Результати розрахунку вихідного та вхідного навантажень для ОС та УВАТС наводяться в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3- Розрахунок вихідного та вхідного навантажень для ОС та УВАТС

Номер АТС	A <sub>u</sub> от ОС, УПАТС						A <sub>в</sub> на ОС, УПАТС					
	A <sub>u M</sub>			A <sub>u AM</sub>			A <sub>в M</sub>			A <sub>в AM</sub>		
	A <sub>a</sub>	A <sub>нх</sub>	A <sub>к</sub>	A <sub>a</sub>	A <sub>нх</sub>	A <sub>к</sub>	A <sub>a</sub>	A <sub>нх</sub>	A <sub>к</sub>	A <sub>a</sub>	A <sub>нх</sub>	A <sub>к</sub>
ОС1	2.0	2.3	0.86	0.2	0.3	0.2	2.2	2.1	0.98	0.1	0.1	0.2
	35	64	45	75	94	47	67	8	8	65	97	47
	5.2635			0.916			5.355			0.609		
	6.1795						5.964					
ОС2	2.8	3.1	1.08	0.3	0.5	0.3	3.3	3.1	1.39	0.2	0.2	0.3
	08	56	15	9	26	09	54	56	05	34	61	09
	7.0455			1.225			7.9005			0.806		
	8.2705						8.7065					
ОС3	1.0	1.1	0.40	0.1	0.1	0.1	0.9	0.9	0.40	0.0	0.0	0.1
	14	16	6	3	86	16	36	3	6	78	93	16
	2.536			0.432			2.272			0.287		
	2.968						2.559					
ОС4	2.0	2.5	0.91	0.2	0.4	0.2	2.3	2.5	1.04	0.1	0.2	0.2
	88	2	7	9	2	62	78	2	8	74	1	62
	5.525			0.972			5.946			0.646		
	6.497						6.592					
ОС5	1.0	1.2	0.45	0.1	0.2	0.1	1.0	1.0	0.45	0.0	0.1	0.1
	92	36	15	4	06	29	08	3	15	84	03	29
	2.7795			0.475			2.4895			0.316		
	3.2545						2.8055					
УПАТ С1	0.7	4.8	-	0.1	0.8	-	1.1	1.1	-	0.0	1.2	-
	77	48	-	05	08	-	2	33	-	63	12	-
	5.625			0.913			2.253			1.275		
	6.538						3.528					
УПАТ С2	0.5	0.8	-	0.0	0.1	-	0.8	0.9	-	0.0	0.2	-
	04	52	-	6	42	-	4	27	-	36	13	-
	1.356			1.759			1.767			0.249		
	1.558						2.016					



### 3.3 Розрахунок інтенсивності міжміського навантаження

Вихідне міжміське навантаження у напрямку АМТС створюється абонентами ЦС, ОС та УВАТС. Вона визначається за такою формулою:

$$A_{ЗСЛ} = K_1 \cdot K_{PLMN} \cdot K_{IP} \cdot (A_{ЗСЛ\_ЦС} + \sum A_{u\_AM\_OCj} + \sum A_{u\_AM\_УПАТСn} + A_{PRI\_u}), \quad (3.16)$$

де  $A_{ЗСЛ}$  – навантаження на пучок замовно-з'єднувальних ліній;

$K_1 = 0,95 \div 0,98$  – показник, що розглядає зменшення навантаження на ЗСЛ за рахунок обробки адресної інформації на ЦС під час встановлення міжміського зв'язку;

$K_{PLMN} = 0,18 \div 0,22$  – показник, що розглядає збільшення навантаження на ЗСЛ у зв'язку з абонентами місцевої мережі з абонентами стільникових мереж;

$K_{IP} = 1,1 \div 1,2$  – показник, що розглядає збільшення навантаження на ЗСЛ при виході абонентів на Інтернет-доступ, що комутується.

$$A_{ЗСЛ\_ЦС} = A_{AM\_u} = 27.47 \text{ Ерл (таблиця 3.1)}$$

Міжміське навантаження ISDN доступів PRI:

$$A_{PRI\_u} = A_{PRI\_e} = N_{PRI} \cdot y_{PRI}, \quad (3.17)$$

Де  $N_{PRI} = 4$  – число доступів PRI за умовою, Ерл - питоме вихідне (вхідне) навантаження на один доступ PRI.

Навантаження від PRI на АМТС:

$$A_{PRI\_u} = A_{PRI\_e} = 4 \cdot 21 = 84 \text{ Ерл}$$

Тоді за формулою (3.16):

$$A_{ЗСЛ} = 26.941 \text{ Ерл}$$

Вхідне міжміське навантаження, що надходить від АМТС на ЦС визначається за формулою:

$$A_{СЛМ} = K_2 \cdot (A_{СЛМ\_ЦС} + \sum A_{e\_AM\_OCj} + \sum A_{e\_AM\_УПАТСn} + A_{PRI\_e}), \quad (3.18)$$

де  $K_2 = 1,05 \div 1,08$  – показник, що розглядає зростання навантаження на СЛМ за рахунок сервісу керівними пристроями ЦС заявки, що надійшла до підключення СЛ міжміського зв'язку до АЛ ЦС або СЛ кінцевої станції або УВАТС.

									Арк.
									30
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$A_{СЛМ\_ЦС} = A_{АМ\_в} = 20.584 \quad (\text{таблиця 3.1})$$

$$A_{СЛМ} = 114.2085 \text{ Ерл}$$

Число ліній до спецслужб (СС), включених до ЦС, визначається еквівалентною ємністю СТС, що розраховується за формулою:

$$N = N_1 + k \cdot N_2, \quad (3.19)$$

де  $N_1$  - сумарна ємність ЦС та УГ,  $N_2$  - сумарна ємність ОС та УВАТС;  $k$  - показник, що показує наскільки менше викликаються СС абонентами ОС проти абонентами ЦС,  $k = 0,25 \div 0,35$ .

$$N = 6800 + 0,3 \cdot 2682 = 7605$$

За нормативами, наведеними:

- Пожежна служба – п'ять ліній;
- Міліція – три лінії;
- Швидка медична допомога – п'ять ліній;
- Аварійна служба газової мережі – п'ять ліній;
- Служба ремонту – п'ять ліній;
- Довідкова служба – 6 ліній (по дві лінії на 3 столи довідок, тому що ємність СТС до восьми тисяч номерів).

Зрештою виходить двадцять дев'ять ліній до спецслужб. Як перевірочний розрахунок використовується формула:

$$A_{усс} = K_з \cdot (N_{ЦС} \cdot y_{сн} + N_T \cdot y_{сн} + y_{снс} \cdot \sum N_{ОС} + y_{снс} \cdot \sum N_{УВАТС}), \quad (3.20)$$

де  $K_з$  - показник, що розглядає зменшення навантаження на СЛ до спецслужб за рахунок роботи керівних пристроїв ЦС до підключення АЛ ЦС або СЛ від ОС та УВАТС до ВСС,  $усп = 0.0015$  Ерл - навантаження, створюване на спецслужби для абонентів ЦС та  $успс = 0.0005$  Ерл - для абонентів ОС та УВАТС.

$N_{ЦС}$  - число абонентів, включених до ЦС;

$N_T$  – число телефонів місцевого зв'язку;

$\sum N_{ОС}$  – сумарна ємність кінцевих станцій мережі;

$\sum N_{УВАТС}$  – сумарна кількість абонентів УВАТС, які мають право зовнішнього зв'язку;

					<i>ЕлІТ 6.172.00.02.524 ПЗ</i>	Арк.
						31
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

УСП, УСПС - інтенсивність питомих навантажень до спецслужб для абонентів ЦС, ОС, УВАТС.  $A_{усс} = 10.01$  Ерл.

### 3.4 Розрахунок навантаження на ділянці абонентського доступу

Розрахунок навантаження на ділянці абонентського доступу провадиться для обладнання MLC, RMLC, апаратури радіодоступу та мультисервісного абонентського концентратора MSAN.

Технологія розрахунку навантаження на ділянці абонентського доступу:

ë1) За формулами, наведеними в п.3.1 та 3.3, з урахуванням структурного складу абонентів будь-якого модуля абонентського доступу, розраховуємо навантаження, що формуються на ділянці абонентського доступу:  $A_i$ ,  $A_v$ ,  $A_{вн}$ ,  $A_{i\_мг}$  та  $A_{v\_мг}$ ;

2) Сумарне навантаження  $\sum A$  (мат. очікування) переводимо до розрахункового значення  $Y$  за формулою:

$$Y = A_{cp} + 0,6742\sqrt{A_{cp}}, \text{ Ерл (3.21)}$$

3) Визначаємо число каналів  $V$  кожної ділянки абонентського доступу при  $P = 0,001$ .

4) Визначаємо кількість потоків  $E1$ .

Для перевірки розрахунків знайдемо за таблицею 3.4 сумарні величини навантажень на лінійні модулі ЦС:

$$A_u = 72,452 \text{ Ерл}; A_g = 79,223 \text{ Ерл};$$

$$A_{вн} = 148,37 \text{ Ерл}; A_{u\_мг} = 27,47 \text{ Ерл}; A_{g\_мг} = 20,584 \text{ Ерл}.$$

Знайдені величини збігаються зі значеннями, обчисленими в пункті 3.1.

Питоме навантаження на одну абонентську лінію не повинно перевищувати 0,1 – 0,115 Ерл для аналогових ліній та 0,2 – 0,23 Ерл для ліній ISDN BRI.

Таблиця 3.4 – Розрахункова кількість потоків  $E1$  на ділянці абонентського доступу

					<i>ЕлІТ 6.172.00.02.524 ПЗ</i>	Арк.
						32
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обладнання доступу	$A_{и}$ Ерл	$A_{в}$ Ерл	$A_{вн}$ Ерл	$A_{и\_мг}$ Ерл	$A_{в\_мг}$ Ерл	$\sum A$ , Ерл	$Y$ , Ерл	Ємність пучка $V$	Кількість потоків ЕІ 32
MLC0	9,5275	10,298	19,094	3,8	2,84	45,5595	50,11	71	3
MLC1	9,5275	10,298	19,094	3,8	2,84	45,5595	50,11	71	3
MLC2	8,954	9,534	17,738	3,663	2,759	42,648	47,051	68	3
MLC3	9,5185	10,326	19,136	3,808	2,844	45,6325	50,187	71	3
MLC4	9,3805	10,19	19,014	3,804	2,842	45,2305	49,765	71	3
MLC5	8,8925	9,994	18,817	3,744	2,812	44,2595	48,745	70	3
MLC6	8,93	10,035	18,887	3,107	2,167	43,126	47,553	68	3
MLC7	7,9015	8,638	16,533	2,832	2,024	37,9285	42,081	62	2
RMLC0	4,975	6,211	11,78	1,384	0,774	25,124	28,503	46	2
MSAN	4,743	5,905	11,132	1,316	0,73	23,826	27,117	44	2
РД	6,431	8,119	15,564	1,808	1,026	32,948	36,818	56	2

Перевірочний розрахунок представлений у таблиці 3.5, де навантаження  $Y$  на лінійні модуль дорівнює сумі навантажень, розрахованих вище (таблиця 3.4). Середнє питоме навантаження на модуль обчислюється за такою формулою:

$$a_y = \frac{Y}{N_{MLC}}, \text{ Ерл, (3.22)}$$

де  $N_{MLC}$  – ємність модуля MLC (RMLC).

Таблиця 3.5 Результати перевірконого розрахунку

Номер і тип модуля	Кількість друкованих плат	Ємність модуля $N_{MLC}$	$Y$ , Ерл	Питоме навантаження $a_y$ , Ерл/Ал	Чи потрібен перерозподіл АЛ (так/ні)

					<i>ЕлІТ 6.172.00.02.524 ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

MLC0	22	704	50,11	0,07118	Hi
MLC1	22	704	50,11	0,07118	Hi
MLC2	21SAC + 1SBC	675	47,051	0,06971	Hi
MLC3	22	704	50,187	0,07129	Hi
MLC4	22	704	49,765	0,07069	Hi
MLC5	22	704	48,745	0,06924	Hi
MLC6	22	704	47,553	0,06755	Hi
MLC7	21	675	42,081	0,06234	Hi
RMLC0	13	410	28,503	0,06952	Hi

За даними перевірконого розрахунку можна дійти висновку, що структурний склад абонентських модулів визначено успішно і перерозподілу абонентів у модулях і збільшення кількості модулів не потрібно.

### 3.5 Розрахунок кількості обладнання модулів MLC

Вільно від ємності модуля MLC у нього встановлюються плати універсального устаткування: з однієї платі CLC і PLC.

На платі CLC монтуються одна субплата керівного процесора CDG та субплати інтерфейсів каналів E один типу TPE. Число субплат TPE залежить від числа каналів E1, що включаються в модуль, при цьому в один субмодуль TPE можна включити до чотирьох каналів E1, а найвища кількість субплат TPE дорівнює чотири.

До складу плати PLC може входити субплата KLB, призначена для вимірювання параметрів аналогових та цифрових абонентських ліній.

Число каналів E1 визначається в залежності від розрахованого перед цим числа субплат між модулями MLC і MCA. Для модуля MLC-AN крім ПЛ в пучку в будь-яких каналах E1 повинні бути організовані: один ОКС (КІ шістнадцять) з сигналізацією V5.2 і один каналний інтервал для організації каналу передачі даних з метою технічного обслуговування цього модуля. Отже для модуля MLC-AN, в одному з каналів E1 можна організувати до двадцяти дев'яти субплат, а в інших тридцять одну субплату. В модулі MLC-SAN канал передачі даних не потрібний (технічне обслуговування такого модуля здійснюється через Ethernet, включений в модуль). Крім ПЛ, в пучку повинен

										Арк.
										34
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕліТ 6.172.00.02.524 ПЗ					

бути організований один ГКС з сигналізацією ГКС 7 і, отже, в одному каналі Е1 можна організувати до тридцяти ПЛ, а в інших - до тридцяти одного ПЛ. Звідси число каналів Е один розраховується:

-Для MLC-AN:  $n = \lfloor (V+2)/31 \rfloor$ ;

-Для MLC-SAN:  $n = \text{INT}((V+1)/31) (1)$ ;

Де V кількість ПЛ в пучку.

Кількість субплат ТРЕ визначається:

$K_{\text{тре}} = \text{INT}(n/4)$ .

Розрахунок:

- для MLC-AN(1-6) :  $n = INT((59+2)/31) = 2$ ;
- для MLC7-iCS -SAN:  $n = INT((67+1)/31) = 3$ ;
- для MLC- PMTC-SAN:  $n = INT((8+1)/31) = 1$ ;

Кількість субплат TPE:

- для MLC-AN(1-6)  $K_{тре} = INT(2/4) = 1$ ;
- для MLC7-iCS -SAN  $K_{тре} = INT(3/4) = 1$ ;
- для MLC- PMTC-SAN  $K_{тре} = INT(1/4) = 1$ .

Таблиця 3.6 Результати розрахунку кількості обладнання

Назва модуля	К-сть ПЛ V	К-сть каналів Е 1	К-сть субплат TPE
MLC(1-6)	59	8	1
MLC7-iCS	67	3	1
MLC-PMTC	8	1	1

Включення абонентських ліній у модулях MLC застосовуються плати: для аналогових АЛ – SAC, для цифрових АЛ – SBC. В одну плату SAC можна включити до тридцяти двох АЛ-А, а в платню SBC - 16 АЛ-Ц з інтерфейсом.

Розрахунок числа плат SAC і SBC проводиться для будь-якого модуля MLC-AN і MLC-iCS за формулами:

- для SAC:  $K_{sac} = INT(На\text{-}а/32)$ ;
- для SBC:  $K_{sbc} = INT(На\text{-}ц/16)$ ;

де: Нал-а і Нал-ц - ємність відповідного модуля за аналоговими та цифровими абонентськими лініями, відповідно. Значення Нал-а та Нал-ц беруться із структурної схеми станції.

-для SAC:

$$MLC-AN(1-4) K_{sac} = INT(571/32) = INT(17,84) = 18;$$

$$MLC-AN(5-6) K_{sac} = INT(572/32) = INT(17,875) = 18;$$

$$MLC7-iCS -SAN K_{sac} = INT(572/32) = INT(17,875) = 18;$$

-для SBC:

$$MLC-AN(1-2) K_{sbc} = INT(50/16) = INT(3.125) = 3;$$

$$MLC-AN(2-6) K_{sbc} = INT(51/16) = INT(3.187) = 3.$$

Таблиця 3.7 Розрахунок ємності

Назва модуля	К-сть АЛ		Абонентська ємність однієї плати	К-сть плат	
	Аналог.	Цифр.		SAC	SBC
MLC(1-4)	571		32	18	
		50	16		3
MLC(5-6)	572		32	18	
		51	16		3
MLC7-iCS	604		32	18	

Включення АРМо РМТС модуль MLC-РМТС відбувається за цифровим АЛ з інтерфейсом S0, навіщо використовуються плати типу SBA. В одну плату SBA можна включити до 16 АРМРМТС.

Розрахунок кількості плат SBA провадиться за формулою:

$$K_{sba} = INT(V_{арм}/16),$$

де  $V_{арм}$  – кількість АРМо РМТС, визначена в розділі 4.

$$K_{sba} = INT(4/16) = INT(0,25) = 1.$$

Таблиця 3.8 Розрахунок кількості плат

Назва модуля	К-сть робочих місць АРМо РМТС	К-сть плат SBA
MLC-РМТС	4	1

Розрахунок кількості обладнання модулів MSAN. Модулі MSAN можуть розміщуватися в каркасах: MEA-5 та/або MEA-10. Модулі відрізняються кількістю плат аналогових абонентських ліній типу SAK, у кожен з яких можна включити до шістдесяти чотирьох абонентських ліній. У кожному модулі MSAN також встановлюється одна плата комутатора Ethernet типу EAS.

Розрахунок числа плат SAK виробляється для будь-якого модуля MSAN



за формулою:  $K_{sak} = \text{INT}(\text{Нал-а}/64)$ .

де: Нал-а - ємність відповідного модуля MSAN по аналоговим абонентським лініям.

$$K_{sak} = \text{INT}(160/64) = \text{INT}(2.5) = 3;$$

$$K_{sak} = \text{INT}(160/64) = \text{INT}(2.5) = 3.$$

Таблиця 3.9 Розрахунок кількості модулів

Модуль	Тип каркаса	К-сть плат EAS	К-сть плат SAK	Ємність по АЛ-А
MSAN1/ MSAN2	МЕА-5	1	3	160

## ВИСНОВКИ

В результаті виконаної роботи я отримав знання за принципами побудови міських телефонних мереж. Зробив вибір топології мережі, розробив систему нумерації на мережі, що проектується. Розрахунок телефонного навантаження, створюваного абонентами мережі на різні напрямки, дав мені можливість визначити необхідну кількість з'єднувальних ліній у різних напрямках для зв'язку абонентів, що обслуговуються різними АТС. Також я отримав знання та навички необхідні для вибору станційного обладнання необхідного для з'єднання станцій між собою за фізичними лініями та системами передач з виділеним сигнальним каналом (ТСК). Вивчив структуру побудови електронних АТС середньої ємності типу SI-2000, призначення модулів та їхню взаємодію всередині станції та зовнішніми приладами інших АТС.

Вибір даного типу АТС ґрунтується на багатьох думках і необхідних розрахунках. Тут розглядаються та описуються позитивні якості, притаманні ЦСК типу SI-2000: висока узгодженість з існуючими станціями різних типів, висока надійність і ремонтпридатність обладнання можна легко додати, коли потрібно збільшити кількість користувацького обладнання, і постачається зі станцією. Для абонентів може бути запроваджений ряд додаткових послуг за розумними витратами, які можна порівняти з цінами інших типів станцій. Позитивний досвід роботи даного типу АТС в реальній мережі САР підтверджує заявлені виробником високі технічні характеристики пристрою.

Отримані знання дають можливість наближеного проектування реальної міжміської телефонної мережі, і навіть проаналізувати правильність розрахунку вже існуючих мереж.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.524 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до дипломного проектування бакалаврів напряму 6.050903 «Телекомунікації» для студентів денної форми навчання / укладачі: І. А. Кулик, О. В. Бережна, А. І. Новгородцев, О. М. Кобяков. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 50 с(дата звернення: 19.05.2022).

2. В. В. Гриненко та ін. Цифрова система комутації для міні-АТС : Theses. 2018. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/67922> (дата звернення: 19.05.2022).

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ КОМУТАЦІЇ МЕРЕЖ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ / О. С. Волков та ін. Collected scientific works of Ukrainian State University of Railway Transport. 2013. № 142. URL: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.142.2013.84649> (дата звернення: 19.05.2022).

4. Гайворонська А. Г. Багатопортова система комутації послідовних каналів зв'язку : Masters thesis. 2019. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/75530>(дата звернення: 19.05.2022).

5. Гайворонська Г. С., Рибалов Б. О. ОСОБЛИВОСТІ КОМУТАЦІЇ ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РІЗНИХ РЕЖИМІВ ПЕРЕНЕСЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ. Refrigeration Engineering and Technology. 2015. Т. 51, № 6. URL: <https://doi.org/10.15673/0453-8307.6/2015.51945>(дата звернення: 19.05.2022).

6. С. Hillman "Common mistakes in electronic design" // EDN, 12/14/2007(дата звернення: 19.05.2022).

7. «Автоматизація неперервних технологічних процесів» Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів, під редакцією Проця Я.І., Тернопіль. 2008(дата звернення: 19.05.2022).

8. Комутаційна система si 2000. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/3025481/page:4/> (дата звернення: 19.05.2022).

										Арк.
										39
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

9. Основні характеристики: SI-2000. Studbooks. URL: [https://studbooks.net/2352437/tehnika/osnovnye\\_harakteristiki\\_2000](https://studbooks.net/2352437/tehnika/osnovnye_harakteristiki_2000) (дата звернення: 19.05.2022).

10. SI-2000 з аналізом структурних характеристик АЛ. (URL: <https://ukrreferat.com/chapters/tehnichni-nauki/si-2000-z-analizom-strukturnih-harakteristik-al-diplomna.html> (дата звернення: 19.05.2022).

					ЕЛІТ 6.172.00.02.524 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40