

Лабораторна робота № 4

Обладнання мобільних і базових станцій, центру комутації

1. Мета роботи

Вивчити блок-схеми мобільної станції (абонентського радіотелефонного апарата), базової станції та центру комутації.

2. Завдання

1. Вивчити блок-схему мобільної станції.
2. Ознайомитись з обладнанням окремих вузлів мобільної станції.
3. Вивчити блок-схему базової станції та центру комутації.
4. Скласти звіт.

3. Теоретичні відомості

Розгляд елементів системи стільникового зв'язку почнемо з мобільної станції – найпростішого за функціональним призначенням пристрою, і до того ж єдиного елемента системи, який доступний користувачеві та ще й знаходиться у нього в руках. Блок-схема МС наведена на рис. 2.1.

До складу МС входять:

- блок управління;
- приймально-передавальний блок;
- антенний блок.

Приймально-передавальний блок, у свою чергу, містить передавач, приймач, синтезатор частот і логічний блок.

Найпростіший за складом *антенний блок* містить антену – в найпростішому випадку четвертьхвильовий штир, і комутатор прийомо- передавача. Останній для цифрової станції може являти собою електронний комутатор, що підключає антену, або на вихід передавача, або на вхід приймача, оскільки МС цифрової системи ніколи не працює на прийом і передачу одночасно.

Функціонально нескладний *і блок управління*. Він містить мікротелефонну трубку – мікрофон і динамік, клавіатуру і дисплей. На лицьовому боці апарата є невеликий дисплей, зазвичай рідкокристалічний, на якому відображається номер телефону, що набирається, пункти меню та інша інформація. З верхньої частини апарата виступає антена довжиною 20...60 мм; в деяких типах апаратів вона додатково висувається на 50...150 мм. Все управління здійснюється за допомогою клавіш наборного поля: з їх допомогою можна включити і вимкнути апарат, записати інформацію в пам'ять тощо. На лицьовий бік апарата виводиться динамік і мікрофон (у нижній частині) так, що апарат прикладається до вуха, як трубка звичайного телефону. У верхній частині апарата зазвичай розташовується світловий індикатор, що відображає режим роботи, і джерело звукового сигналу. Деякі типи апаратів мають окремі кнопки вмикання/вимикання і регулювання гучності звуку. На тильному боці за

допомогою засуву кріпиться джерело живлення – акумуляторна батарея. Типовий час роботи повністю зарядженої батареї складає: у режимі розмови до 2...5 год; в режимі очікування виклику до 20...50 год; типовий час заряду батареї 1...3 год. У нижній частині апарата зазвичай є гнізда для підключення портативного зарядного пристрою, що дозволяє заряджати батарею.

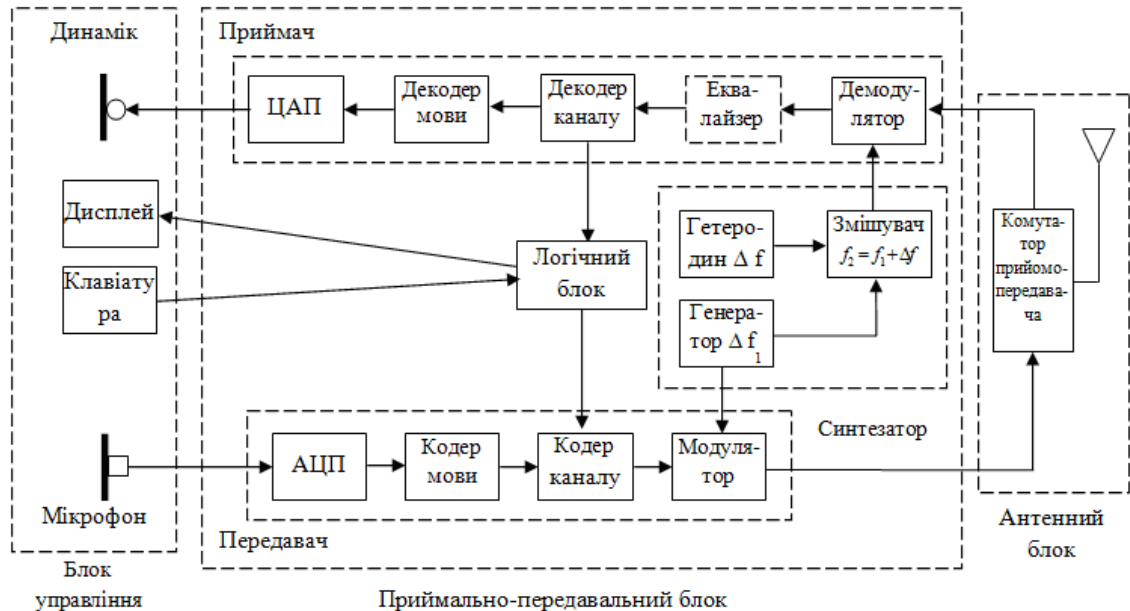


Рис. 2.1. Блок-схема мобільної станції

Абонентський апарат може бути використаний як електронна записна книга, годинник. На дисплеї можуть відображатися поточна дата та година, причому рахунок часу не збивається при виключенні апарата або при знятті батареї, а формат надання часу та дати вибирається абонентом. Всі сучасні апарати мають систему меню, за допомогою якої проводиться вибір параметрів і варіантів роботи апарата. У всіх апаратах на дисплеї відображаються рівень прийнятого сигналу і ступінь розряду акумуляторної батареї. Процедура аутентифікації, що виконується при встановленні зв'язку виключає можливість появи «двійників», принаймні, в цифрових стандартах, за рахунок використання досить досконалих алгоритмів аутентифікації. В абонентських апаратах передбачається можливість блокування.

Приймально-передавальний блок значно складніший.

До складу передавача входять:

- аналого-цифровий перетворювач (АЦП) – перетворює в цифрову форму сигнал з виходу мікрофона і вся подальша обробка і передача сигналу мовлення виробляється у цифровій формі, аж до зворотного цифро-аналогового перетворення;
- кодер мови здійснює кодування сигналу мовлення – перетворення сигналу, має цифрову форму, за певними законами з метою скорочення його збитковості, тобто з метою скорочення обсягу інформації, що передається по каналу зв'язку;

- кодер каналу – додає в цифровий сигнал, одержуваний з виходу кодера мови, додаткову інформацію, призначену для захисту від помилок при передачі мови по лінії зв'язку; з тією ж метою інформація піддається певному перепакуванню; крім того, кодер каналу вводить до складу сигналу, що передається, інформацію управління, що надходить від логічного блока;

- модулятор – здійснює перенесення інформації кодованого сигналу на несучу частоту.

Приймач за складом в основному відповідає передавачу, але із зворотними функціями вхідних у нього блоків:

- демодулятор виділяє з модульованого радіосигналу кодований відео-сигнал, що несе інформацію;

- декодер каналу виділяє з вхідного потоку керуючу інформацію і направляє її на логічний блок, прийнята інформація перевіряється на наявність помилок і виявлені помилки по можливості виправляються; до подальшої обробки прийнята інформація піддається зворотному перепакуванню;

- декодер мови відновлює сигнал мовлення, що надходить до нього з кодера каналу, перекладаючи його в природну форму з властивою йому надмірністю, але в цифровому вигляді;

- цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) перетворює прийнятий сигнал мовлення в аналогову форму і подає його на вхід динаміка;

- еквалайзер служить для часткової компенсації спотворень сигналу внаслідок багатопроменевого розповсюдження; блок еквалайзера не є функціонально необхідним і в деяких випадках може бути відсутнім.

Іноді, для поєднання кодера і декодера вживають назву кодек.

Крім передавача і приймача, у приймально-передавальний блок входить логічний блок і синтезатор частот. *Логічний блок* – це, по суті, мікрокомп'ютер зі своєю оперативною та постійною пам'яттю, що здійснює управління роботою МС. *Синтезатор* є джерелом коливань несучої частоти, що використовується для передачі інформації по радіоканалу. Наявність гетеродина і перетворювача частоти обумовлено тим, що для передачі і прийому використовуються різні ділянки спектра.

Блок-схема (рис. 2.1) є суттєво спрощеною. На ній не позначені підсилювачі, генератори сигналів синхронізуючих частот і ланцюги їх розведення тощо. Для забезпечення конфіденційності передачі інформації у деяких системах можливе використання режиму шифрування, у цих випадках передавач і приймач МС містять відповідно блоки шифрування і дешифрування повідомлень. У МС системи GSM передбачений спеціальний знімаючий модуль ідентифікації абонента (Subscriber Identity Module - SIM).

МС системи GSM містить також детектор мовної активності, який з метою економного витрачання енергії джерела живлення, а також зниження рівня перешкод, неминуче створюваних для інших станцій при працюючому передавачі, включає роботу передавача на випромінювання тільки на ті інтервали часу, коли абонент говорить. На час паузи в роботі передавача в приймальний тракт додатково вводиться так званий комфортний шум. У необхід-

них випадках в МС можуть входити окремі термінальні пристрої, наприклад, факсимільний апарат, зокрема й ті, що підключаються через спеціальні адаптери з використанням відповідних інтерфейсів. Якщо уявити блок-схему аналогової МС, то вона буде простішою за розглянуту цифрову за рахунок відсутності блоків АЦП/ЦАП і кодеків, але складнішою за рахунок більш громіздкого дуплексного антенного перемикача, оскільки аналоговій станції доводиться одночасно працювати на передачу і на прийом.

Базова станція

Багато елементів, що входять до складу БС, за функціональним призначенням не відрізняються від аналогічних елементів МС, але в цілому БС істотно більша і складніша, ніж мобільна, що відповідає її місцю в системі стільникового зв'язку. Блок-схема БС наведена на рис. 2.2.

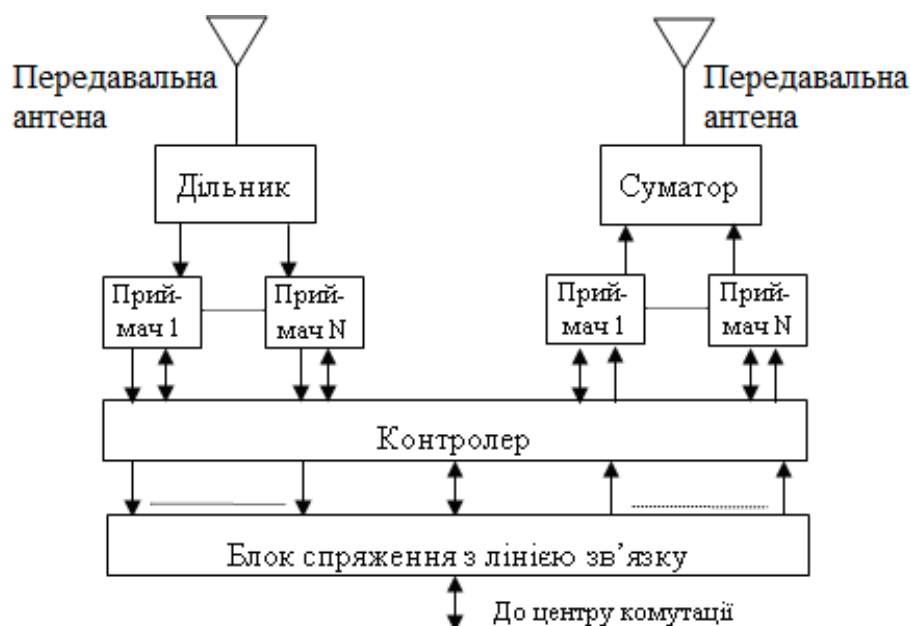


Рис. 2.2. Блок-схема базової станції

Перша особливість БС – це використання рознесеного прийому, для чого станція повинна мати дві приймальні антени. БС може мати роздільні антени на передачу і на прийом. Використовувані в стільниковому зв'язку смуги частот належать до дециметрового діапазону. Як відомо, дециметрові радіохвилі поширюються в основному в межах прямої видимості; дифракція на цих частотах виражена слабо, а молекулярного поглинання і поглинання в гідрометеорах практично немає. Однак близькість підстильної поверхні і наявність перешкод, особливо в умовах міста, типових для застосування стільникового зв'язку, призводять до появи відбитих сигналів, що інтерферують між собою і з сигналом, що пройшов по прямому шляху. Це явище називають багатопробіжним поширенням сигналів. Наслідком такого багатопробіжного поширення є більш швидке, ніж у вільному просторі, спадання інтенсивності приймаючого сигналу з відстанню. Інший наслідок – завмирання і спотворення результуючого сигналу.

Картина багатопроменевого поширення схематично ілюструється рис. 2.3. Фактично область істотних відображень обмежується порівняно невеликою ділянкою в околиці МС – близько декількох сотень довжин хвиль, тобто дещо декількох десятків або сотень метрів. При русі МС ця область переміщується разом з нею таким чином, що МС весь час залишається поблизу центру області. При доданні декількох сигналів, що пройшли по різних шляхах і мають в точці прийому в загальному випадку різні фази, результуючий сигнал може бути як дещо вище середнього рівня, так і помітно нижче, причому провали, або завмирання сигналу, що утворюються при взаємній компенсації сигналів внаслідок несприятливого поєднання їх фаз і амплітуд, можуть бути досить глибокими. Спотворення результуючого сигналу, або міжсимвольна інтерференція, має місце в тому разі, коли більш-менш синфазні складові сигналів із співмірними амплітудами настільки відрізняються по різниці ходу, що символи одного сигналу «налазять» на сусідні символи іншого.

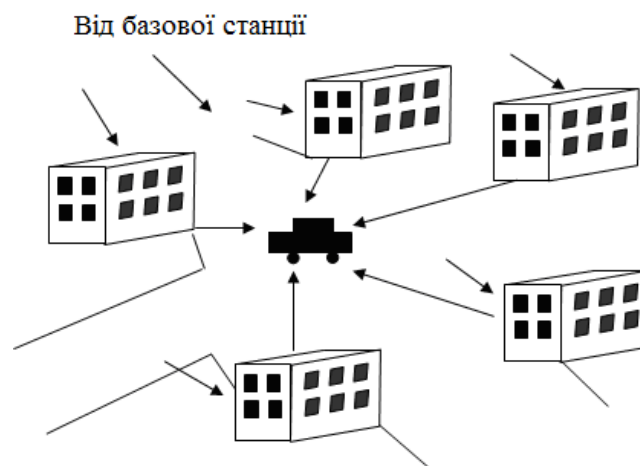


Рис. 2.3. Схема багатопроменевого поширення в умовах щільної місцевої забудови

Коливання рівня (завмирання) приймаючого сигналу практично завжди має дві складові – швидку і повільну. *Швидкі завмирання*, є прямим наслідком багатопроменевого поширення, описуються релеєвськими завмираннями. Діапазон змін рівня сигналу при швидких завмираннях може досягати 40 дБ, з яких приблизно 10 дБ – перевищення над середнім рівнем і 30 дБ – провали нижче середнього рівня, причому більш глибокі провали зустрічаються рідше, ніж менш глибокі. При нерухомому абонентському апараті інтенсивність приймаючого сигналу не змінюється. При переміщенні МС періодичність флуктуацій в просторі становить близько напівхвилі, тобто порядку 10...15 см в лінійній мірі. Період флуктуацій у часі залежить від швидкості переміщення МС: наприклад, при швидкості 50 км/год період флуктуацій становить близько 10 мс, а при 100 км/год – близько 5 мс. Частота завмирань глибиною 30...10 дБ при швидкості близько 50 км/год складає 5...50 провалів в секунду відповідно, а середня тривалість завмирань нижче рівня 30...10 дБ при тій самій швидкості – близько 0,2...2 мс. *Повільні завмирання* обумов-

лені зміною умов затінення при переміщенні МС і підкоряються логарифмічно нормальному закону розподілу. Інтенсивність повільних флуктуацій не перевищує 5...10 дБ, а їх періодичність відповідає переміщенню МС на десятки метрів. Фактично повільні завмирання являють собою зміну середнього рівня сигналу при переміщенні МС, на які накладаються швидкі завмирання внаслідок багатопроменевого розподілу.

Основну неприємність при стільниковому зв'язку складають швидкі завмирання, оскільки вони бувають досить глибокими, і при цьому відношення сигнал/шум падає настільки сильно, що корисна інформація може істотно спотворюватися шумами, аж до повної її втрати. Для боротьби з швидкими завмираннями використовуються два основні методи:

- рознесений прийом, тобто одночасне використання двох або більше приймальних антен;
- робота з розширенням спектра – використання стрибків по частоті, а також методу CDMA.

Рознесений прийом

Ідея рознесеного прийому, як заходу боротьби з швидкими завмираннями, полягає в спільному використанні декількох сигналів, що розрізняються (рознесених) по якомусь параметру або координаті, причому рознесення повинно вибиратися так, щоб ймовірність одночасних завмирань всіх сигналів, що використовуються, була набагато меншою, ніж якогось одного з них. В принципі можливе як мінімум п'ять варіантів рознесеного прийому:

- з рознесенням у часі; при цьому використовуються сигнали, зсунуті в часі один щодо іншого; цей метод досить легко реалізується лише в цифровій формі, та покращення якості прийому розмінюється на пропускну здатність каналу зв'язку;
- з рознесенням по частоті; при цьому використовуються сигнали, що передаються на декількох частотах, тобто платою є розширення використовуваної смуги частот;
- з рознесенням по куту або по напрямку; при цьому прийом проводиться на кілька антен з розузгодженими діаграмами спрямованості; у цьому випадку сигнали з виходів різних антен корельовані тим слабніше, чим менше перекриття діаграм спрямованості, але при цьому одночасно падає і ефективність прийому, принаймні для всіх антен, крім однієї;
- з рознесенням по поляризації, коли, наприклад, дві антени приймають сигнали двох взаємно ортогональних поляризацій.
- з розносом в просторі, тобто з прийомом сигналів на кілька просторово рознесених антен; це єдиний метод, що знаходить практичне застосування, і саме його зазвичай мають на увазі, коли йде мова про рознесений прийом.

Для методу просторового рознесення, або з урахуванням сказаного вище, для рознесеного прийому, необхідно як мінімум дві прийомні антени, встановлені з деяким зміщенням одна щодо іншої. Очевидно, що виграш від

рознесеного прийому тим більший, чим більша кількість використовуваних антен, однак при цьому зростає і складність технічного рішення. Практичне застосування знаходить найпростіша система з двома прийомними антенами, і в основному в БС. Істотними характеристиками системи рознесеного прийому є відстань між антенами і спосіб спільного використання сигналів з виходу двох антен. З ростом відстані між антенами кореляція між флуктуаціями рівня приймаючих ним сигналів падає, і в цьому сенсі, чим більший рознос антен, тим вища ефективність рознесеного прийому. З урахуванням як аналітичних оцінок, так і емпіричних даних рознос зазвичай становить близько десятка довжин хвиль, тобто порядку декількох метрів.

Що стосується способів об'єднання сигналів з виходів двох антен, то в принципі можливе як використання одного з двох сигналів, так і підсумовування обох сигналів – додетекторне (когерентне) або післядетекторне – з однаковою вагою, або зі зважуванням, що забезпечує отримання максимуму відношення сигнал/шум. У разі двох прийомних антен відмінність в ефективності цих способів досить невелика, і на практиці застосовується найпростіший з них – вибір максимального з двох сигналів з комутацією виходу відповідного приймача на вхід тракту наступної обробки.

Друга особливість – наявність декількох приймачів і такої ж кількості передавачів, що дозволяють вести одночасну роботу на декількох каналах з різними частотами.

Однотипні приймачі та передавачі мають спільно перебудовані опорні генератори, що забезпечують їх узгоджену перебудову при переході з одного каналу на інший; конкретне число N прийомопередавачів залежить від конструкції і комплектації БС. Для забезпечення одночасної роботи N приймачів на одну прийомну та N передавачів на одну передавальну антену між прийомною антеною і приймачами встановлюється дільник потужності на N виходів, а між передавачами та передавальною антеною – суматор потужності на N входів. Приймач і передавач мають загалом ту саму структуру, що і в МС (рис. 2.1), за винятком того, що тут у них відсутні відповідно ЦАП і АЦП, оскільки і вхідний сигнал передавача, і вихідний сигнал приймача мають цифрову форму. Можливі варіанти, коли кодеки, або тільки кодек мови, або й кодек мови і каналний кодек – конструктивно реалізуються у складі ЦК, а не в складі прийомопередавачів базової станції, хоча функціонально вони залишаються елементами прийомопередавачів.

Блок спряження з лінією зв'язку здійснює пакування інформації, що передається по лінії зв'язку на ЦК, і розпакування прийнятої від нього інформації. Як лінії зв'язку БС з ЦК використовується радіорелейна або волоконно-оптична лінія, якщо БС і ЦК не розміщуються територіально в одному місці. Контролер БС, що являє собою досить потужний і вдосконалений комп'ютер, забезпечує управління роботою станції, а також контроль працездатності всіх вхідних в неї блоків і вузлів. Для забезпечення надійності багато блоків і вузлів БС резервуються, до складу станції включаються автономні джерела безперебійного живлення (акумулятори).

Центр комутації

Центр комутації є мозковим центром і одночасно диспетчерським пунктом системи стільникового зв'язку, на якій замикаються потоки інформації з усіх БС, і через який здійснюється вихід на інші мережі зв'язку – стаціонарну телефонну мережу, мережі міжміського зв'язку, супутникового зв'язку, інші стільникові мережі. До складу ЦК входить декілька процесорів (контролерів), і він є типовим прикладом багатопроцесорної системи. Блок-схема ЦК подана на рис. 2.4. Комутатор здійснює переключення потоків інформації між відповідними лініями зв'язку. Він може направити потік інформації від однієї БС до іншої, або від БС до стаціонарної мережі зв'язку, або навпаки – від стаціонарної мережі зв'язку до потрібної БС.

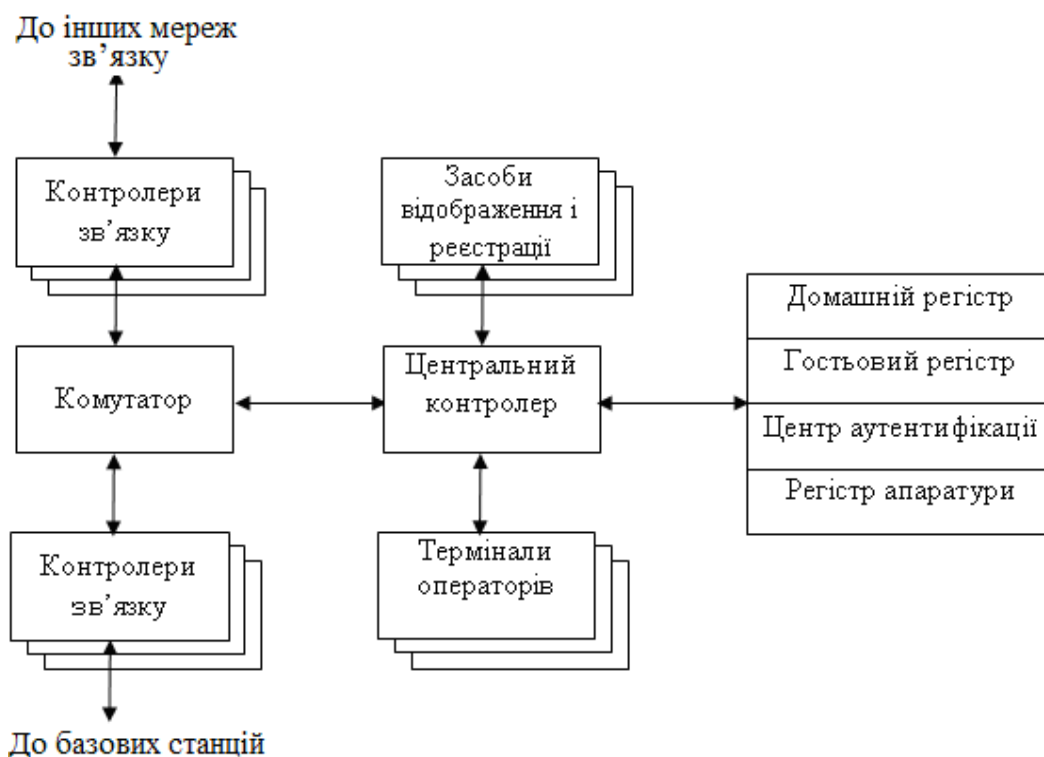


Рис. 2.4. Блок-схема центру комутації

Комутатор підключається до ліній зв'язку через відповідні контролери зв'язку, що здійснюють проміжну обробку потоків інформації. Загальне управління роботою ЦК та системи в цілому проводиться від центрального контролера, який має потужне математичне забезпечення, що включає перепрограмуючу частину. Робота центру комутації припускає активну участь операторів, тому до складу центру входять відповідні термінали, а також засоби відображення і реєстрації (документування) інформації. Оператором вводяться дані про абонентів та умови їх обслуговування, вихідні дані по режимах роботи системи, в деяких випадках оператор видає необхідні по ходу роботи команди.

Важливими елементами схеми є бази даних – домашній реєстр, гостьовий реєстр, центр аутентифікації, реєстр апаратури. *Домашній реєстр* (HLR) містить відомості про всіх абонентів, зареєстрованих в даній системі, і

про види послуг, які можуть бути їм надані. Тут же фіксується місцезнаходження абонента для організації його виклику, і реєструються фактично надані послуги. *Гостьовий реєстр* (VLR) містить приблизно такі самі відомості про абонентів гостей, тобто абонентів, зареєстрованих в іншій системі, але вони користуються в даний час послугами стільникового зв'язку в даній системі. *Центр аутентифікації* забезпечує процедури аутентифікації абонентів і шифрування повідомлень. *Реєстр апаратури*, якщо він існує, містить відомості про експлуатовані мобільні станції на предмет їх справності і санкціонованого використання. В ньому можуть відзначатися вкрадені (або загублені) абонентські апарати, а також апарати, що мають технічні дефекти. В ЦК передбачається резервування основних елементів апаратури, включаючи джерело живлення, процесори і бази даних. Бази даних часто не входять до складу ЦК, а реалізуються у вигляді окремих елементів.

5. Контрольні запитання

1. Поясніть склад МС та БС по блок-схемі.
2. Призначення і склад антенного блока та блока управління.
3. Поясніть функції, що виконуються апаратом МС.
4. Призначення і склад приймача і передавача МС.
5. Яка особливість базової станції?
6. Поясніть механізм утворення багатопроменевого поширення сигналів.
7. Які складові обумовлюють коливання рівня приймаючого сигналу?
8. Дайте характеристику можливих варіантів рознесеного прийому.
9. Призначення і склад центру комутації.

6. Зміст звіту

1. Призначення та мета роботи.
2. Структурні схеми МС, БС і ЦК.
3. Контрольні запитання та відповіді на них.
4. Висновок.