

Тема 3

ТИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ СУПУТНИКОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

3.1. Організація циркулярних супутникових мереж

Із усього різноманіття СІМ, які можуть бути створені шляхом використання ШСЗ, опишемо кілька основних варіантів для того, щоб показати можливості подібних мереж, а також для того, щоб потім можна було на цих варіантах розглянути методи розрахунку супутникових інформаційних мереж.

Насамперед, звернемося до так названих **циркулярних мереж**. Під мережею циркулярного зв'язку будемо розуміти мережу (рисунок 3.1), у якій у кожний даний момент випромінює (передає) інформацію одна станція, а приймають цю інформацію багато станцій. При цьому всі станції, які приймають інформацію, не можуть відповідати, тобто в мережі існують тільки симплексні (однобічні) зв'язки. Найкращим прикладом таких мереж можуть служити мережі надання програм телевізійного й радіомовлення.



Рисунок 3.1 - Мережа циркулярного зв'язку через ШСЗ:
ПС - приймальна станція; ЦС- центральна станція

У циркулярній мережі обов'язково є центральна станція ЦС, що управляє її роботою. Найчастіше саме із центральної станції передається циркулярна інформація на всі інші пункти, що входять у мережу. Однак у мережі можуть бути й кілька передавальних центрів ПС, які працюють по черзі, а іноді навіть і одночасно, наприклад, якщо йде одночасний обмін телевізійними програмами між двома державами, що входять у загальну мережу подачі програм. У цьому випадку кожна прийомна станція залежно від своїх можливостей і бажання може приймати одну з переданих програм або обидві. Організація роботи подібної мережі досить проста. Центр (або центри) передає інформацію, а всі приймальні станції мережі приймають її. Іноді можлива робота центра не з усіма станціями одночасно, а з окремими групами станцій.

Можлива також робота декількох передавальних центрів зі своїми групами станцій, наприклад, при передачі телебачення в різних державах, що входять у загальну мережу, але кожна з них має свої власні передавальні центри, крім одного загального для всієї мережі.

Іноді центр може передавати одну програму по черзі на окремі групи станцій. Наприклад, при передачі телебачення на територію, що має значну довжину по довготі, доцільно передавати одну програму спочатку на групу самих східних прийомних станцій, де місцевий час найбільш зручний для прийому цієї програми; потім через 2- 3 години ту ж програму повторити для більш західних станцій, і, може бути, через 2-3 години ще раз повторити для самих західних станцій мережі.

Керування роботою каналів у мережі циркулярного зв'язку здійснюється на центральній станції або за розкладом, або в міру появи необхідності в передачі інформації. У мережі необхідно мати систему службового зв'язку, по якій ЦС може передавати свої команди на всі ПС. Система службового зв'язку повинна бути, звичайно, дуплексною. У

цьому випадку в мережі можуть бути або передбачені службові дуплексні канали супутникового зв'язку, або ж можуть бути організовані службові канали через наземні лінії зв'язку.

Як правило, чисто циркулярні супутникові мережі не проектуються, тому завжди передбачається можливість організації службового зв'язку через супутник, тим більше, що для циркулярної мережі службовий зв'язок має дуже невеликий обсяг. В основному це команди на включення й вимикання апаратури і деякі додаткові повідомлення про якість роботи, зміні розкладу й т.п.

Таким чином, організація циркулярних мереж супутникового зв'язку нескладна, що є великою їх перевагою. Щоб здійснити передачу тієї ж циркулярної інформації з наземних кіл, як правило, потрібно значно більш складна організація, тому що при цьому обов'язково виявиться, що інформація повинна йти через ряд вузлів комутації, якимось взаємодіяти з іншими видами інформації, переданими по тим же колам і т.п.

3.2. Організація малоканалних централізованих мереж

Розглянемо організацію "малоканалних" мереж супутникового зв'язку. Термін "малоканална мережа" будемо відносити не до пропускної здатності мережі в цілому або окремих її станцій, а тільки до ємності незалежних підстволів зв'язку.

У малоканалних мережах припускають, що кожний підствол має ємність порядку 1-3 каналів, причому найчастіше ця ємність становить саме один канал. Таких малоканалних (або одноканалних) підстволів у мережі зв'язку може бути дуже багато - до декількох тисяч; кожна станція мережі може займати десятки й навіть сотню підстволів, але, з погляду організації роботи, такі мережі мають характерну рису, що відрізняє їх від інших мереж супутникового зв'язку, яка полягає в тім, що кожний підствол (одноканалний або що має 2-3 канали) є нероздільною, незалежною лінією зв'язку, що управляється та комутується цілком і використовується якою-небудь однією парою кореспондентів.

Термін "багатоканальна мережа" також відноситься не до ємності мережі або її станцій, а до ємності підстволів, за допомогою яких така мережа працює. Багатоканальні підстволи мають ємність від 12 каналів і вище і формуються за допомогою багатоканальної апаратури ущільнення. Крім того, як це буде показано нижче, багатоканальні підстволи у супутникових мережах вже не є нероздільними, як у наземних лініях, а кожний такий підствол може використовуватися для зв'язку одночасно з декількома станціями.

Звернемося до розгляду малоканалних мереж зв'язку.

Найбільш проста організація малоканалної **мережі із централізованим керуванням** (рисунок 3.2). У такій мережі є l_c симплексних, повністю непостійних (незакріплених) малоканалних ліній зв'язку. Оскільки, як правило, обмін інформацією є дуплексним, лінії зв'язку заздалегідь спаровуються, так що можна говорити про наявність у мережі l_d дуплексних ліній зв'язку по $r=1-3$ канали в кожній. Лінії зв'язку перебувають у розпорядженні центра керування мережею (ЦК).

На кожній станції мережі є приймально-передавальна та кінцева апаратура, розрахована на роботу з будь-якою можливою лінією. Якщо, наприклад, лінії розрізняються за частотами носійних, то на кожній станції повинні бути приймачі й передавачі, здатні настроюватися на частоти всіх ліній зв'язку, наявних у мережі; якщо ж у системі зв'язку застосовується часове ущільнення, то тоді приймально-передавальна апаратура повинна мати можливість роботи в кожному з часових інтервалів, виділених окремим лініям. Обсяг апаратури кожної станції залежить від того потоку інформації, який ця станція повинна передавати.

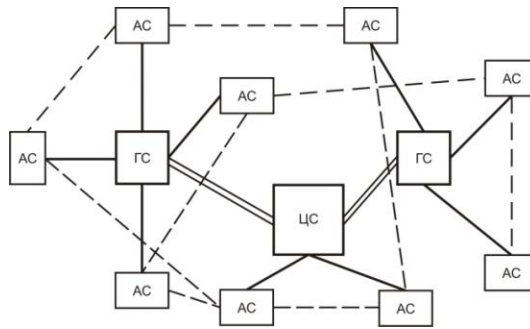


Рисунок 3.2 – Мережа малоканалъного супутникового зв'язку:
ЦС – центральна станція; АС – абонентська станція; ГС – групові станції

Мережа малоканалъного зв'язку (рисунок 3.2) має, як правило, центральну станцію (ЦС) і велике число периферійних. Обмін центральної станції великий, тому що вона зв'язана з усіма периферійними станціями; обмін більшості периферійних станцій, навпаки, обмежений.

Найчастіше периферійна станція є закінченою станцією і їй необхідні 1-2 лінії. Такі периферійні станції будемо називати абонентськими станціями (АС). Крім ЦС і АС у мережі можуть бути ще станції, пов'язані з певною групою абонентів, які перебувають у зоні, що обслуговується цією станцією, і мають досить великий обмін. Такі станції, що є вузлами зв'язку, будемо називати груповими (ГС).

Подібна мережа зовні трохи схожа на радіально-вузлові мережі наземних ліній зв'язку, однак вона принципово від них відрізняється способом організації роботи каналів:

- у мережі супутникового зв'язку всі станції – ЦС, АС і ГС – можуть зв'язуватися між собою за принципом "кожний з кожним" і безпосередньо, у той час як у наземних мережах ці зв'язки проходять через ряд комутаційних вузлів.

- наявність комутаційних вузлів характерний для наземних мереж, оскільки саме з їхньою допомогою в таких мережах утворюються потужні пучки каналів, які мають досить високу ефективність використання. Для супутникової ж малоканалъної мережі такі вузли не потрібні, тому що вся мережа має лише один загальний потужний пучок – пучок каналів через супутник, що завантажується всіма станціями мережі і тому має особливо високий коефіцієнт використання.

Наявність у супутниковій мережі центральної та групової станцій обумовлюється економічними, географічними або адміністративними причинами, а не вимогами організаційної побудови мережі.

Організація каналу зв'язку в малоканалъній мережі здійснюється на вимогу одного з кореспондентів. З появою на станції А вимоги на зв'язок зі станцією Б, станція А надсилає відповідний запит по службовій лінії на центр керування (ЦК) (рисунок 3.3). У центрі керування є база даних, у якій визначається розподіл (стан) всіх ліній мережі, а також стан і ємність всіх станцій. Після одержання замовлення на канал від станції А к станції Б ЦК робить аналіз ситуації – відшукує вільну лінію зв'язку, з'ясовує, чи має станція Б можливість організувати канал зі станцією А (чи є в неї в цей момент вільна апаратура для організації цього каналу). Якщо виявляється, що можливість організації зв'язку є, то ЦК посилає по службових лініях на станції А і Б повідомлення про початок роботи і команди про включення апаратури на відповідній лінії зв'язку (на певних частотах, у певних часових інтервалах і т.п.). Включення апаратури повинне бути автоматичним. Якщо після прийому замовлення на зв'язок ЦК з'ясував, що з якихось причин зв'язок неможливий, наприклад, немає вільних ліній зв'язку або зайнятий викликуваний абонент, то на станцію А посилає сигнал відмови.

Після організації лінії зв'язку в пам'яті ЦК відмічається, що дана лінія зайнята, а також відмічається час початку роботи. Після того як зв'язок закінчиться, кореспонденти посилають на ЦК по службових лініях сигнал відбою. На ЦК відмічається при цьому

звільнення лінії та час закінчення роботи, за яким може бути складений рахунок абонентам на оплату лінії зв'язку за фактично зайнятий час.

Інформація про звільнення лінії записується в базу даних ЦУ, і ця лінія може далі бути надана будь-яким іншим абонентам. З наведеного алгоритму роботи мережі видно, що велике значення в її

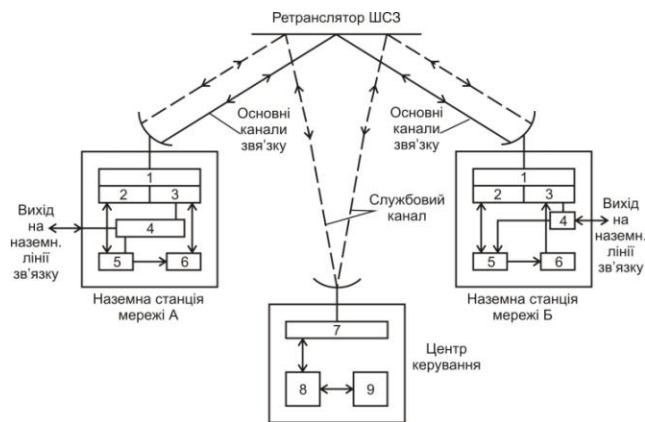


Рисунок 3.3 – Установлення з'єднання в мережі малоканалного супутникового зв'язку: 1 – прийомо - передавач, 2 – службовий канал, 3 – основні канали, 4 – кінцева апаратура, 5 – пристрої встановлення з'єднання, 6 – пристрої вибору каналу, 7 – прийомо - передавач службового зв'язку, 8 – керуючі (логічні) пристрої встановлення з'єднань, 9 – пристрій, який запам'ятовує ситуацію на мережі

роботі мають службові канали зв'язку між ЦУ й всіма станціями мережі. Канали ці повинні працювати безупинно, перебуваючи в режимі чергового прийому, і незалежно від роботи основних ліній зв'язку.

3.3. Організація малоканалної централізованої мережі з безпосереднім установленням з'єднання

Мережа супутникового зв'язку із централізованим керуванням може бути побудована й іншим способом. У розглянутому у пункті 3.2. варіанті станція займала канал після звертання до ЦК, де попередньо аналізувалося стан мережі й потім приймалося рішення про організацію каналу. При такому алгоритмі роботи весь процес організації каналу відбувається після надходження до ЦК вимоги на канал.

Однак можна в ЦК підготовляти вільні канали для зв'язку завчасно до надходження замовлень.

У цьому випадку доцільно вільні канали деяким чином визначати - маркірувати, щоб будь-яка станція, якій необхідний канал, могла сама, без звертання до ЦК, визначити, чи є в мережі вільні канали, і сама зайняти їх, установивши з'єднання з потрібним абонентом. Таким чином, роль ЦК в цьому варіанті зводиться лише до підготовки вільних каналів і допомоги станціям при занятті цих каналів. Безпосереднього спілкування станцій із центром керування в такій мережі не відбувається, установлення з'єднання здійснюється станціями самостійно. У мережі немає необхідності в службових каналах між ЦК і станціями. Вся процедура заняття каналу може здійснюватися в цьому випадку по основних (розмовних) каналах.

Розглянемо більш докладно роботу такої централізованої мережі з безпосереднім установленням з'єднання між кореспондентами (рисунок 3.4). У мережі й на супутнику є певне число спарених (дуплексних) незакріплених ліній зв'язку l_0 . Центр керування здійснює контроль за роботою цих ліній, визначаючи, які з ліній у цей момент вільні. Всі вільні дуплексні лінії маркіруються центром. Маркірування полягає в тім, що по одній із

двох спарених ліній ЦК випромінює спеціальний сигнал - маркер, який означає, що дана дуплексна лінія вільна. Для визначеності встановлюється, що з пари i -й дуплексної лінії, що складається з двох симплексних з номерами i та i' ($i = 1, 2, 3, \dots, l_0$), ЦК маркує завжди перші, тобто i -є лінії.

Приймні пристрої всіх станцій мережі перебувають у режимі чергового прийому, причому прийом здійснюється по черзі на всіх лініях зв'язку. Для цього приймач станції безупинно перебудовується по всім тим симплексним лініям, які можуть маркіруватися (з номерами i). Перебудова приймача може бути або повністю послідовною, якщо в мережі число каналів невелике, або ж, якщо загальна ємність мережі досить велика і цикл обслуговування всіх каналів буде занадто довгим, доцільно застосувати паралельно-послідовну перебудову, при якій одночасно проглядається кілька каналів. Правда, у цьому випадку потрібно мати на станції кілька чергових приймачів.

У тому випадку, коли станція А повинна встановити з'єднання зі станцією Б, на станції А дається команда черговому приймачу знайти вільний канал. По цій команді приймач зупиняється на першому каналі, який попався, з номером i , у якому передається маркер. Слідом за цим на станції включається передавач і настраюється на сполучену лінію з номером i' . По цій лінії на ЦК передається сигнал заняття лінії, прийнявши який ЦК знімає маркер з i -й лінії, що означає її заняття. Для надійності ЦК може також передати короткочасний спеціальний сигнал, що підтверджує заняття лінії.

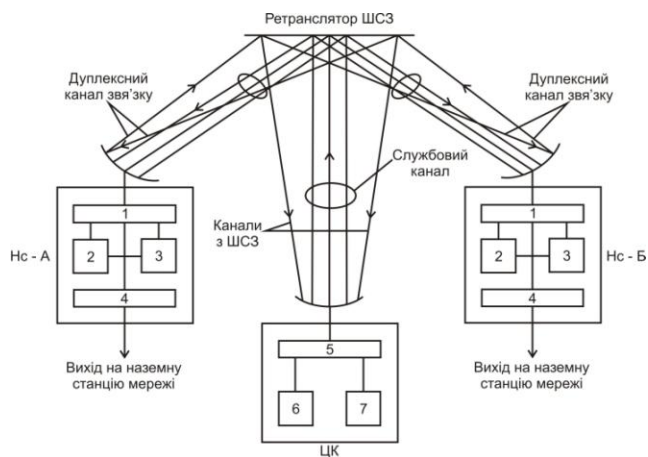


Рисунок 3.4 – Централізована мережа з безпосереднім устанавленням з'єднання:

1 – прийомо-передавальна апаратура АС; 2 – пристрій пошуку вільних каналів і встановлення з'єднання АС; 3 – пристрій вибору каналу АС; 4 – кінцева апаратура АС; 5 – прийомо-передавальна апаратура ЦК, 6 – пристрій устанавлення з'єднання в ЦК, 7 – пристрій маркірування вільних каналів у ЦК

Після того як приймач станції А одержує підтвердження про заняття i -ї лінії, передавач цієї станції перебудовується з i' -й лінії на i -ю та посилає по ній виклик станції Б. Сигнал виклику повинен бути досить довгим, щоб черговий приймач станції Б встиг прийняти виклик у процесі перегляду каналів мережі. Сигнал виклику станцією А станції Б містить адресу (номер) станції Б, сигнал, що безпосередньо означає виклик, і зворотну адресу (номер) станції А, за яким станція Б визначить свого кореспондента. Приймавши виклик, станція Б зупиняє приймач на лінії i та включає передавач, настроєний на лінію i' . Потім по лінії i' станція Б посилає підтвердження прийому виклику станції А, після чого лінія між А та Б може вважатися готовою до роботи. Після закінчення сеансу зв'язку станція А, що з'явилася ініціатором устанавлення з'єднання, посилає сигнал відбою на ЦК, прийнявши який ЦК знову маркує i -ю лінію, випромінюючи спеціальний сигнал.

Якщо викликувана станція Б зайнята і не може відповісти на виклик станції А, то в найпростішому варіанті вона не приймає цього виклику (приймач не приймає сигналів виклику, тому що зайнято на іншому зв'язку) або ж приймає виклик (за допомогою спеціального чергового приймача), але не дає на станцію А підтвердження прийому виклику. У кожному разі станція А, не одержавши від Б підтвердження, що її виклик прийнятий, робить повторну спробу організувати зв'язок з Б після закінчення деякого проміжку часу.

Як бачимо, у централізованій мережі з безпосереднім установленням з'єднання функції центра керування значно простіше, ніж у мережі із централізованим керуванням. Це є великою перевагою такого методу організації. Якщо в мережі із централізованим керуванням вийде з ладу ЦК, то мережа припиняє свою роботу, оскільки саме центр робить організацію каналів (аж до дистанційного включення і настроювання апаратури). Замінити центр керування резервним, звичайно, можна, але ЦК є досить складним і дорогим комплексом. Крім того, щоб увести в дію резервний ЦК, необхідно, щоб він знав всю ситуацію на мережі, знав, де і які з'єднання були зроблені працюючими основними ЦК. Фактично для забезпечення безвідмовної роботи мережі при виході з ладу ЦК, треба, щоб у мережі завжди працювали одночасно два центри керування - основний і резервний, але резервний, здійснюючи всі операції по керуванню мережею, не повинен при цьому випромінювати здійснені команди, а лише погоджувати їх з командами, які надає основний ЦК. Якщо ж основний ЦК виходить з ладу, то при такій системі роботи резервний ЦК легко входить у роботу мережі замість основного, починаючи випромінювати свої команди в мережу.

Варто додати, що в централізованій мережі з безпосереднім установленням з'єднання ЦК значно простіше: на ньому не потрібно мати громіздку систему баз даних про ситуації на всій мережі і складної системи логічних пристроїв, які повинні аналізувати цю ситуацію при кожному встановленні зв'язку. На ЦК повинна бути лише система маркірування вільних ліній і дуже нескладна логіка, що забезпечує зняття та включення сигналу, який маркірує, після прийому сигналів заняття або відбою зі станцій. Заміна такого ЦК – справа значно проста, тим більше, що в цьому випадку ЦК може порівняно легко знову проаналізувати, які лінії в мережі вільні, а які зайняті, так що паралельна робота двох ЦК в такій мережі не обов'язкова.

Недоліком описаного способу організації є складність контролю вільних каналів і прийому викликів на станціях, особливо, якщо в мережі використовується багато каналів, які варто контролювати. Для забезпечення досить швидкого контролю всіх каналів мережі на станціях необхідно мати громіздкі слідувальні пристрої. Крім того, система адресування також буде досить складною, тому що потрібен чіткий прийом адреси в обмежений час перегляду каналу черговим приймачем.

Недоліком централізованої мережі з безпосереднім установленням з'єднання варто вважати також можливість додаткових втрат при встановленні з'єднань, які можуть виникнути за рахунок того, що декілька станцій одночасно спробують зайняти той самий канал. Дійсно, час поширення сигналів у супутникових лініях, як відомо, досить значний і досягає 300 мс при використанні стаціонарних ШСЗ. Отже, якщо яка-небудь станція А хоче зайняти вільну лінію, то маркер із цієї лінії буде знятий лише через 300 мс після того, як станція пошле сигнал заняття. А інша станція Б одержить інформацію про те, що з лінії знятий маркер, лише через 300 мс після того, як він буде знятий на ЦК і, отже, через 600 мс після фактичного заняття цієї лінії станцією А. Протягом цих 600 мс станція Б може спробувати зайняти вже зайнятий канал, причому зняття маркера і сигнал підтвердження заняття лінії, що був посланий станції А, станція Б може брати на свій кошт і вийти на зв'язок у тій же лінії, що й станція А. У результаті обидві станції не зможуть нормально встановити зв'язок зі своїми кореспондентами – з'являються додаткові втрати в мережі. Але треба відзначити, що можуть бути запропоновані деякі методи боротьби з ними. Якщо час поширення сигналів у мережі постійний при використанні,

наприклад, стаціонарного супутника, то можна ввести вимір затримки, рівної приблизно 600 мс, між моментом посилки зі станції на ЦК сигналу заняття та моментом прийому із ЦК сигналу, що підтверджує, що дана лінія зайнята. Затримка між зазначеними моментами, менша або більша 600 мс, означає, що ЦК відповідає (зняттям маркера) на запит іншої станції. У цьому випадку дану лінію станція займати не повинна, необхідно повторити спробу заняття лінії. При такій системі роботи втрати за рахунок одночасного заняття лінії декількома станціями різко знизяться, хоча повністю усунути їх навряд чи можливо.

Описаний варіант роботи централізованої мережі з безпосереднім устанавленням з'єднання не є єдино можливим. Можуть бути запропоновані різні модифікації цього варіанта. Одна з них заслуговує на особливу увагу. У цьому випадку ЦК маркірує не всі наявні вільні лінії, а лише одну з них. У цьому випадку станції мережі не повинні в режимі чергового прийому безупинно переглядати всі лінії мережі, як це описувалося раніше. При такому методі всі станції перебувають на прийомі однієї лінії і займає лінію та станція, якій це знадобилося в цей момент. Як тільки лінія виявилася зайнята ЦК маркірує наступну вільну і приймачі всіх станцій перемикаються на цю лінію. У такому режимі виходить значне полегшення роботи чергових приймачів станцій і скорочується час пошуку вільної лінії, однак при цьому збільшується ймовірність того, що вільну лінію спробують зайняти декілька станцій одночасно, тобто збільшиться ймовірність втрат. У якимсь ступені втрати можна знизити, якщо маркірувати не одну, а одночасно декілька (2-3) ліній, а кожна станція щоб переглядала ці маркіровані лінії по черзі. Ймовірно, подібна модифікація буде більш доцільною, чим основний варіант, якщо правильно вибрати число одночасно маркіруємих вільних ліній.

Говорячи дотепер про малоканальні мережі супутникового зв'язку, передбачалося, що всі станції мережі по своїм енергетичним (радіотехнічним) показникам однакові і відрізняються лише пропускну здатністю, тобто числом використовуваних для зв'язку ліній. При цьому передбачалося також, що сигнали випромінювані усіма станціями мережі на супутник, однакові. У тих випадках, коли мережа супутникового зв'язку містить у собі станції з порівняно великими потоками, прив'язаними до пунктів, які мають між собою постійний обмін, – містам, великим селищам і т.п., – таке положення може мати місце. У пунктах з великим обміном має сенс будувати станції з порівняно більшими антенами, що забезпечать гарну якість роботи каналів зв'язку і, як правило, прийом радіомовних і телевізійних передач.

Однак може виявитися необхідним побудувати мережу супутникового зв'язку, яка обслуговує велику кількість малих пунктів, частина з яких може бути навіть рухома – наприклад, мережа супутникового зв'язку для обслуговування великих будівництв у віддалених місцях, експедицій або мережу, що обслуговує судна морського флоту, і т.п. У таких мережах доцільно організувати систему зв'язку інакше. Маючи на увазі, що обмін станцій мережі буде невеликий, що станції переважно направляють свою інформацію в центр, що вартість станцій, їхня складність і розміри повинні бути як можна менше, доцільно будувати систему зв'язку, у якій центральна й групова станції (ЦС і ГС) відрізняються за своїми радіотехнічними параметрами від абонентських (АС). ЦС і ГС у таких мережах мають більші антени і випромінюють на супутник потужні сигнали, АС, навпаки, мають антени невеликих розмірів (1-5 м у діаметрі). Потужні сигнали ЦС і ГС на абонентських станціях можуть бути прийняті і малими антенами, а слабкі сигнали АС будуть успішно прийматися на ЦС і ГС, що мають більші антени. У такій мережі АС будуть значно дешевше ЦС або ГС, і, виходить, дешевше буде для них вартість каналу зв'язку.

Однак у такій мережі безпосередній зв'язок двох АС між собою по енергетичних міркуваннях неможлива. Для того щоб АС могли обмінятися інформацією, вони повинні встановити зв'язок з додатковою ретрансляцією, тобто двома стрибками. Якщо при цьому в системі використовуються високоорбітальні супутники, якість таких зв'язків буде

поганим. Однак, якщо подібних зв'язків у мережі буде мало, має сенс будувати все-таки мережі за таким принципом, з огляду на їх значні економічні переваги. Крім того, на АС, які повинні мати постійний зв'язок між собою, можна побудувати більші антени, подібні до антен ЦС, або використати потужні передавачі. У цьому випадку можна організувати безпосередній зв'язок таких АС.

Мережу малоканалного зв'язку з малими АС особливо зручно будувати за принципом централізованих мереж з безпосереднім установленням з'єднання. Оскільки в таких мережах для заняття лінії АС однаково повинна звертатися до ЦК, то, помістивши ЦК на центральній (або груповій) станції, можна значно спростити й прискорити процес установлення з'єднання.

У цьому випадку ЦК, прийнявши сигнал заняття лінії від АС, знімає маркер і одночасно робить з'єднання цієї АС із вільними каналами ЦС. Після зняття маркера із ЦК на АС відразу йде сигнал про встановлення з'єднання і лінія готова до роботи.

Якщо необхідно організувати зв'язок двох АС через центр, то ЦК, прийнявши від АС-1 сигнал заняття і номер АС-2, з якої АС-1 необхідно організувати лінію зв'язку, посилає виклик на АС-2, установлює з'єднання з нею, а потім комутує канали АС-1 на канали АС-2 (рисунок 3.5).

3.4. Малоканалні децентралізовані мережі

Вище вже згадувалося, що наявність єдиного центра керування в мережі має свої недоліки. Насамперед, при централізованому управлінні мережі знижується надійність її роботи, тому що вихід з ладу ЦК порушує роботу всієї мережі. Крім того, ЦК трохи сковує дії абонентських станцій, знижує їхню незалежність і, оскільки іноді він може бути зайнятий, вносить додаткові втрати викликів. Нарешті, центр керування є досить складним і дорогим спорудженням, що підвищує в деяких випадках досить значно вартість спорудження і експлуатації мережі зв'язку. Зазначені обставини приводять до необхідності побудови мереж, у яких центр керування зовсім був би відсутній, тобто мереж з

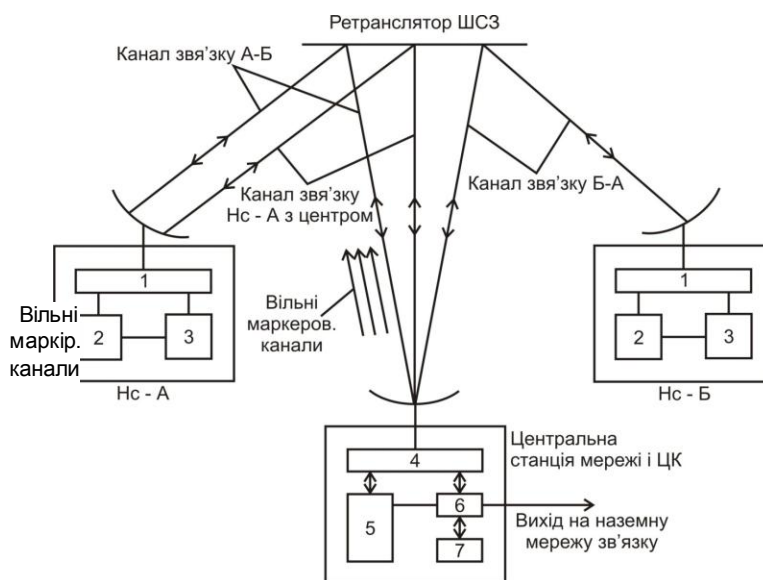


Рисунок 3.5 – Мережа малоканалного зв'язку з легкими абонентськими станціями:

1 – прийомо - передавальна апаратура АС; 2 – апаратура встановлення з'єднання (керуюча) АС; 3 – кінцева апаратура АС; 4 – приймально-передавальна апаратура ЦС; 5 – апаратура маркірування вільних каналів і встановлення з'єднань ЦС, 6 – кінцева апаратура

ЦС; 7 – апаратура комутації ЦС; Нс-А, Нс-Б – наземна станція А та наземна станція Б, відповідно

безпосередньо цими станціями; у процесі встановлення з'єднання ніхто, крім цих станцій, участі не приймає.

Отже, мережа малоканалного зв'язку з **децентралізованим керуванням** складається з ряду рівноправних станцій, що відрізняються друг від друга лише числом використовуваних каналів. Станції повинні бути однаковими за радіотехнічними параметрами, хоча принципово в мережі з децентралізованим керуванням можуть переважати радіальні зв'язки.

Кожна станція в мережі з децентралізованим керуванням повинна мати можливість організації каналів з будь-якою іншою станцією мережі або, принаймні, з будь-якою станцією якоїсь групи. При організації мережі з децентралізованим керуванням необхідно вирішити дві основні проблеми, характерні саме для такого способу роботи. Насамперед, це проблема контролю завантаження супутникового ретранслятора.

У мережі із централізованим керуванням такої проблеми не виникало, оскільки ЦК при будь-якому способі керування надавав станціям вільні канали, якщо вони були на супутнику (і в мережі). При децентралізованому керуванні картина інша. Тут станції намагаються займати лінії зв'язку самостійно, але не знають при цьому, чи є вільні лінії на супутнику. Друга проблема децентралізованого керування, пов'язана з першою, це проблема відшукування вільного каналу на супутнику і визначення того, чи вільна викликувана станція, і може вона відповісти на виклик.

Як вирішуються ці проблеми, розглянемо на прикладі децентралізованої мережі з каналами, закріпленими на одному кінці. Нехай система зв'язку будується таким чином, що в ній використовуються одноканальні лінії зв'язку. За кожною станцією закріплюються на прийомному кінці деяке число таких ліній. Закріплення полягає в тому, що станції привласнюється кілька адрес, за якими її можна викликати. Адресою може служити частота прийнятих сигналів, якщо в мережі використовуються лінії із частотним поділом, або деяка комбінація частотних і часових інтервалів, або якщо в мережі використовують систему зв'язку із частотно-часовим поділом, і т.п. Важливо, що адреса в мережі визначає канал зв'язку. Набираючи адресу, абонент займає певний канал зв'язку, що закріплюється (на прийомному кінці) за тією або іншою станцією.

Припустимо далі, що число сигналів, які може ретранслювати супутник, дорівнює N_c , а число адрес, які можуть розміститися в мережі зв'язку, $N_a > N_c$. Така ситуація цілком реальна і означає, що енергетичні можливості супутника менше, ніж можливості способу адресування в мережі.

Для визначеності розглянемо мережу, у якій використовується частотний поділ каналів, тобто мережа, у якій кожний симплексний канал використає окрему носійну. Частоти носійних по прийому закріплюються за станціями і є, отже, адресами. Умова $N_a > N_c$ означає, що ретранслятор за енергетичними можливостями може пропустити одночасно не більше N_c сигналів, а його смуга пропускання дозволяє розмістити N_a частот, тобто N_a адрес.

Якщо виконуються зазначені умови, то можна організувати мережу зв'язку з децентралізованим керуванням (рисунок 3.6). За кожною станцією закріплюється одна або декілька частот (від f_i до f_j) по прийому, отже, для зв'язку із цією станцією необхідно випромінювати в її сторону саме ці частоти. Щоб всі станції мережі могли зв'язуватися одна з одною, передавачі станцій повинні перебудуватись по всьому діапазоні. Таким чином, станція А, випромінюючи частоти, закріплені за станцією Б, може організувати з нею потрібне число каналів, оскільки Б може випромінювати відповідно відповідні сигнали на частотах станції А.

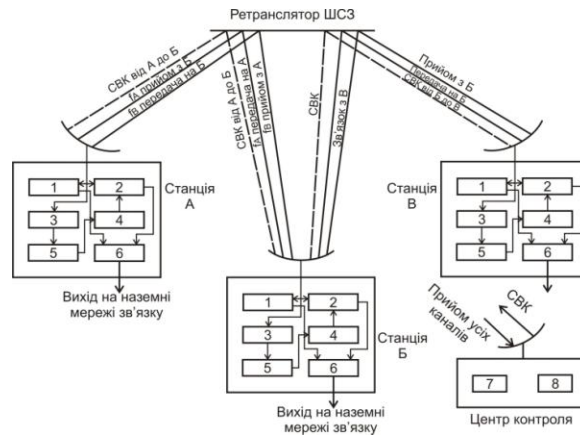


Рисунок 3.6 – Малоканална мережа з децентралізованим керуванням:

1 – приймач із закріпленими за частотами каналами, 2 – передавач із каналами, що перебудовуються по частоті, 3 – прийомо-передавач службово-викличних каналів (СВК), 4 – пристрій вибору частот каналів на передавачі, 5 – пристрій установалення з'єднань, 6 – кінцева апаратура, 7 – приймач робочих каналів ЦК, 8 – прийомо-передавач СВК на ЦК

Число сигналів, що може випромінюватися на супутник N_a , більше, ніж енергетичні можливості його ретранслятора. Якщо станції мережі одночасно почнуть обмін інформацією по всіх своїх каналах, ретранслятор буде перевантажений і мережа працювати не зможе. Однак імовірність подібної ситуації в правильно спроектованій мережі досить мала. Якщо ми знаємо потреби станцій мережі у зв'язку, тобто знаємо середньодобове навантаження кожної станції в часо-заняттях і переважний час її роботи, можна розрахувати ймовірність завантаження ретранслятора. Виходить, проектуючи мережу, можна, ґрунтуючись на статичному характері процесу обміну інформацією, так визначити число станцій у ній, щоб завжди з кожної наперед заданою ймовірністю був забезпечений нормальний (без перевантаження) режим роботи ретранслятора. Звичайно, бажано мати і якийсь контроль за завантаженням ретранслятора для того, щоб у випадках, коли інформація виявиться надмірною, можна було б вмішатися в роботу мережі й відновити нормальний режим. Оскільки в будь-якій мережі є система контролю якості роботи, саме на неї варто покласти контроль за завантаженням супутника. Перевантаження ретранслятора приведе до того, що в каналах буде з'являтися шум більшої потужності, чим покладено по нормах. Виявивши таке підвищення шуму, система контролю повинна скоротити число зв'язків через супутник, пославши команди про це на ті або інші станції. Втім, як буде показано нижче, при правильному розрахунку мережі помігне перевантаження ретранслятора практично майже виключене і скорочувати штучно обмін у такій мережі навряд чи коли-небудь знадобиться.

Отже, перша проблема, типова для децентралізованої мережі, – проблема перевантаження супутника – вирішується шляхом правильного вибору трафіка роботи мережі.

Друга проблема – визначення вільних і зайнятих каналів – вирішується раціональною організацією мережі.

3.5. Децентралізована мережа з службово-викличними каналами

Найбільш зручно ввести в мережі спеціальні службово-викличні канали (СВК), за допомогою яких і робити процес з'єднання. Алгоритм установалення з'єднання буде при цьому виглядати так. Спочатку станція А, що викликає станцію Б, посилає по СВК сигнал виклику станції Б, повідомляючи в ньому свою зворотну адресу. Станція Б, прийнявши виклик (для чого на станціях завжди є черговий прийом на СВК), у відповідності зі своїми можливостями або посилає на станцію А підтвердження прийому виклику і частоту

каналу, по якому вона буде відповідати станції А, або ж шле сигнал "зайнято". Для того щоб зменшити завантаження СВК станція Б може посилати відповідь на станцію А вже не по СВК, а по тому каналу, що станція А підготувала для зв'язку зі станцією Б. Сигнал "зайнято", зазвичай, повинен посилатися по СВК.

Службово-викличний канал у мережі може бути або один, або їх може бути декілька; при цьому кожний СВК буде обслуговувати свою групу станцій (каналів). Якщо один СВК обслуговує декілька станцій, то ці станції працюють у службовому каналі на одній загальній частоті. Розрізняються вони при цьому адресами, переданими по СВК до передачі сигналу виклику. Доступ до службово-викличного каналу з боку обслуговуючих станцій повинен бути вільним. З огляду на те, що повідомлення, передані по СВК, дуже короткі, завжди можна так підрахувати число станцій, які СВК повинен обслуговувати, щоб імовірність одночасного його заняття двома й більше викликами була мізерно мала. Якщо ж все-таки дві станції вийдуть на СВК одночасно, то відбудеться втрата виклику й вони повинні будуть повторити спробу встановлення з'єднання.

Потрібно відзначити, що в описуваній мережі не обов'язково закріплювати прийомні кінці каналів, тобто будувати систему з "змінною вихідною станцією". Можна точно також закріпити передавальні кінці всіх інформаційних каналів і мати систему з "змінною станцією призначення", у якій повинні перебудовуватися по діапазону вже не передавачі, а приймачі. Важливо лише, щоб службово-викличні канали завжди закріплювалися по прийому, оскільки в цьому випадку можна легко забезпечити безперервний черговий прийом викличних сигналів.

Треба ще раз підкреслити, що мережа з децентралізованим керуванням може використовувати різні способи багатостанційної роботи: частотний поділ каналу, часовий або поділ за формою. Тут і далі розглядається лише варіант із частотним поділом каналів для більшої конкретності викладу. Алгоритм керування мережею й висновки, отримані вище, повною мірою відносяться і до всіх інших варіантів.