

С. П. Кононов, В.Ф.Бардаченко

Основи радіомовлення

Міністерство освіти і науки України
Вінницький державний технічний університет

С. П. Кононов, В.Ф. Бардаченко

ОСНОВИ РАДІОМОВЛЕННЯ

Затверджено Ученою радою Вінницького державного технічного університету як навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090701 – “Радіотехніка”, 7.090703 – “Апаратура радіозв’язку радіомовлення і телебачення”. Протокол № 5 від 26 грудня 2002 р.

Вінниця ВДТУ 2003

УДК 621.396.97
К 64

Р е ц е н з е н т и:

Сідоров Г.І., доктор технічних наук, професор
Кветний Р.Н., доктор технічних наук, професор
Поджаренко В.О., доктор технічних наук, професор

Рекомендовано до видання Ученою радою Вінницького державного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Кононов С.П., Бардаченко В.Ф.

К 64 Основи радіомовлення. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2003. - 69 с.

В посібнику розглянуті основи радіомовлення. Посібник розроблений у відповідності з планом кафедри та програмами до дисциплін "Основи радіомовлення та звукотехніки", "Радіомовлення". Навчальний посібник стане в нагоді студентам спеціальностей 7.090701 – "Радіотехніка", 7.090703 – "Апаратура радіозв'язку, радіомовлення і телебачення", також буде корисним викладачам і фахівцям.

УДК 621.396.97

© С.П. Кононов, В.Ф. Бардаченко, 2003

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОСНОВИ ПОБУДОВИ КАНАЛУ РАДІОМОВЛЕННЯ.....	4
1.1 Радіомовлення. Мовний сигнал.....	4
1.2 Канал радіомовлення.....	5
1.3 Тракт формування програм.....	6
1.4 Тракт первинного розподілу програм.....	11
1.5 Тракт вторинного розподілу програм.....	17
<i>Контрольні запитання.....</i>	18
2 МЕРЕЖІ ТА ЧАСТОТНИЙ РОЗПОДІЛ У РАДІОМОВЛЕННІ..	18
2.1 Мережі радіомовлення.....	18
2.2 Розподіл частот у радіомовленні.....	20
2.3 Радіомовлення в діапазонах ДХ, СХ.....	21
2.4 Радіомовлення в діапазоні КХ.....	23
2.5 Радіомовлення в діапазоні УКХ.....	24
<i>Контрольні запитання.....</i>	24
3 РАДІОМОВНІ ПЕРЕДАВАЧІ.....	25
3.1 Побудова та основні показники радіомовних передавачів.....	25
3.2 Радіомовна станція.....	29
3.3 Особливості роботи радіомовних передавачів.....	31
3.4 Синхронне радіомовлення.....	32
<i>Контрольні запитання.....</i>	35
4 СТЕРЕОФОНІЧНЕ РАДІОМОВЛЕННЯ.....	35
4.1 Вимоги до системи стереомовлення.....	36
4.2 Можливість використання полярно-модульованого коливання для передачі двох незалежних сигналів.....	37
4.3 Система стереомовлення з полярною модуляцією.....	40
4.4 Система стереомовлення з пілот-тоном.....	43
4.5 Способи детектування ПМК.....	44
4.6 Особливості стереорадіоприймача.....	48
4.7 Передача цифрових даних.....	50
<i>Контрольні запитання.....</i>	54
5 ЦИФРОВЕ РАДІОМОВЛЕННЯ.....	54
5.1 Система ЦРМ “Еврика-147/DAВ”.....	57
5.2 ЦРМ у діапазонах ДХ, СХ і КХ.....	64
<i>Контрольні запитання.....</i>	67
ЛІТЕРАТУРА.....	68

ВСТУП

Регулярне радіомовлення в Україні ведеться у діапазонах ДХ, СХ, КХ і УКХ, воно охоплює всю територію країни. Радіомовлення здійснюється за допомогою десятків апаратно-студійних комплексів, у яких готуються різні програми для трансляції в ефір через мережу радіопередавачів. Постійно зростає кількість радіостанцій у діапазоні УКХ, особливо в тій його ділянці, яка має назву FM-діапазон. Передавачі FM-діапазону, крім мовного сигналу, додатково передають текстову або графічну інформацію, що відображується на моніторах сучасних радіоприймачів. Стереомовлення в діапазоні УКХ налагоджене в усіх обласних, багатьох районних центрах країни. Після стихії 2000 року, що зруйнувала значну частину дротового мовлення, набуває розвитку ефірне мовлення. Малопотужні передавачі на райони встановлюються в різних областях України. Налагоджується виробництво радіомовних приймачів замість “радіоточок” проводового мовлення.

В Україні проводяться роботи щодо впровадження цифрового радіомовлення з якістю звуку, як у програвачів компакт-дисків, з великою кількістю сервісних функцій, що не реалізуються у традиційному радіомовленні. Без сумнівів, впровадження найкращої системи ЦРМ “Еврика-147/DAB” в Україні дозволить швидше інтегрувати нашу країну в загальноєвропейську систему телекомунікацій, вивести вітчизняне радіомовлення на світовий рівень.

У навчальному посібнику в доступній формі розглянуті питання, що стосуються основ радіомовлення: побудова каналу радіомовлення; як організовані мережі радіомовлення; частотний розподіл і особливості радіомовлення в різних діапазонах; що уявляють собою радіомовні станції; робота передавачів у синхронній мережі; основи стереомовлення та цифрового радіомовлення.

1 ОСНОВИ ПОБУДОВИ КАНАЛУ РАДІОМОВЛЕННЯ

1.1 Радіомовлення. Мовний сигнал

Радіомовлення є різновидом звукового мовлення. Звукове мовлення – це передача різної звукової інформації широкому колу територіально розосереджених слухачів. Під час радіомовлення здійснюється передача повідомлень по ефіру за допомогою засобів електричного зв’язку. До звукового мовлення, крім радіомовлення, відноситься провідне мовлення.

В радіомовленні передача інформації здійснюється за допомогою мовного сигналу-коливання в акустичній або електричній формі, яке відповідає мові, музиці і т.п. Наприклад, під час запису радіопрограми перед мікрофоном утворюється певне акустичне поле. Мовний сигнал існує в

акустичній формі. Після перетворення мікрофоном він підсилюється, обробляється, записується в електричній формі. Електроакустичний перетворювач у вигляді гучномовця знову повертає мовний сигнал в акустичну форму.

1.2 Канал радіомовлення

Канал радіомовлення – це комплекс технічних засобів від мікрофона, магнітофона або іншого джерела мовного сигналу до гучномовця радіоприймача слухача. В канал радіомовлення входить середовище поширення радіохвиль. Основними є три тракти каналу радіомовлення:

- а) тракт формування програм (ТФП);
- б) тракт первинного розподілу програм (ТПРП);
- в) тракт вторинного розподілу програм (ТВРП).

Канал радіомовлення за електричними характеристиками поділений на три класи. Критерієм поділу є помітність спотворень, тобто невідповідність за спектром вхідного та вихідного сигналу.

Спотворення залежать від багатьох показників і характеристик радіомовної апаратури. Це, насамперед, амплітудно-частотні, фазочастотні, амплітудні характеристики, динамічний діапазон, рівень шумів. Таким чином, технічні показники та характеристики, які наводяться у відповідних стандартах до апаратури того чи іншого класу, визначались шляхом багатократних прослуховувань звукових програм звичайними слухачами і експертами; подальшої статистичної обробки результатів прослуховувань; визначення відповідних технічних показників і характеристик апаратури, що діяла при прослуховуванні. Нарешті, формувалися відповідні технічні вимоги у вигляді нормативних документів.

Вважається, що спотворення повністю непомітні, якщо менше 15% слухачів їх помітили, практично непомітні у випадку, коли спотворення відчували від 15 до 30% слухачів, невпевнено помітні, якщо їх помітили від 31 до 50% слухачів. Те, що спотворення помічають більше половини слухачів, означає, що спотворення впевнено помітні [1].

Канал радіомовлення відноситься:

- до вищого класу, якщо спотворення повністю непомітні звичайними слухачами та практично непомітні експертами;
- до першого класу, якщо спотворення практично непомітні слухачами та невпевнено помітні експертами;
- до другого класу, якщо спотворення невпевнено помітні слухачами та впевнено помітні експертами.

Канали радіомовлення вищого та першого класу використовуються для підготовки та трансляції програм державного мовлення. Апаратура вищого класу використовується для передачі програм передавачам метрових хвиль, обміну програмами між студіями. Орієнтовні характеристики каналів вищого та першого класів такі [2]:

- смуга робочих частот 30 Гц...15 кГц для сигналів з частотною модуляцією;
- 50 Гц...10 кГц для сигналів з амплітудною модуляцією;
- нерівномірність частотної характеристики не повинна перевищувати 1-2 дБ;
- коефіцієнт гармонік не повинен перевищувати 2 %;
- захищеність від перехідної завади не менше 60...80 дБ.

Канал радіомовлення другого класу використовується для передачі інформаційних програм через передавачі декаметрових хвиль для зовнішнього мовлення.

1.3 Тракт формування програм

Тракт ТФП базується на основі апаратно-студійних комплексів (АСК), які розміщуються в радіобудинках. Структурна схема АСК наведена на рис. 1.

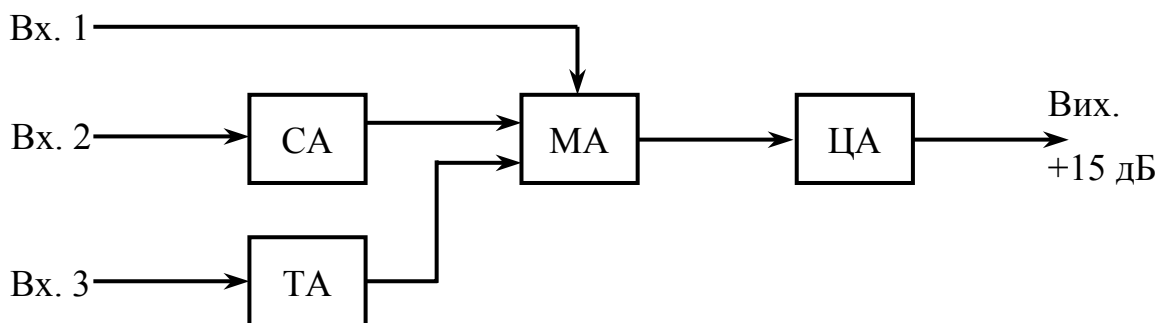


Рисунок 1 – Апаратно-студійний комплекс
 СА – студійна апаратна; ТА – трансляційна апаратна;
 МА – мовна апаратна; ЦА – центральна апаратна

У студійній апаратній (СА) створюються фрагменти передач, тобто закінчених в тематичному плані повідомлень. В мовній апаратній (МА) формується програма або сукупність передач. В центральній апаратній (ЦА) здійснюється остаточне формування програм, контроль сигналів. В трансляційній апаратній (ТА) оперативно готуються фрагменти передач. Трансляційні апаратні можуть бути стаціонарні, переносні і пересувні.

Входи апаратних бувають низького або високого рівня. Низькому рівню відповідають рівні сигналів -12...-72 дБ, а високому рівню – сигнали -12...+12 дБ. Слід нагадати, що в радіомовленні рівню напруги 0 дБ відповідає напруга 0,775 В або розсіювана потужність 1 мВт на резисторі опором 600 Ом.

У ТПФ сигнали підсилюються, корегуються за частотою, регулюються за рівнем, змішуються, комутуються, спеціально обробляються за допомогою компресорів, ревербераторів і т. п. Тракт будується за блочним принципом з постійним підвищенням рівня сигналу, щоб не впливали вла-

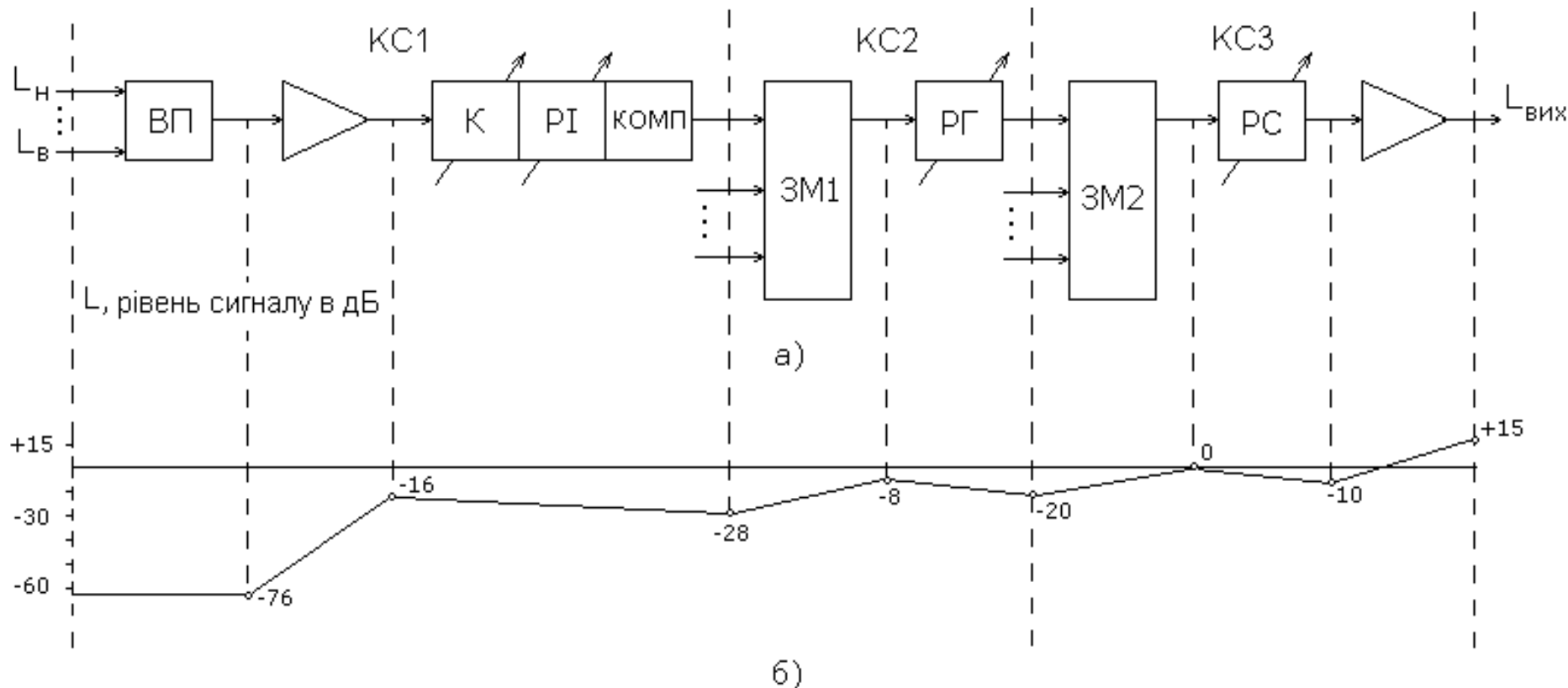


Рисунок 2 – Пульт звукооператора

ВП – вхідний подільник; К – частотний коректор; PI – регулятор індивідуальний; РГ – регулятор груповий;
 РС – регулятор спільний; КОМП – компресор; ЗМ – змішувач; КС – касета

сні шуми вузлів.

На рис. 2,а зображена типова структурна схема пульта оператора радіомовлення або звукооператора. Нижче під структурою (рис. 2,б) побудована діаграма рівнів, яка показує, як змінюються рівні сигналів під час їх обробки у пульті.

Пульт оператора, наприклад, може складатися з 18 вхідних касет КС-1, 8 групових касет КС-2.

На входи центральної апаратної сигнали можуть надходити безпосередньо з студійної або з трансляційної апаратної. Програма формується у відповідності з розкладом шляхом послідовного підключення до вибраного виходу сигналів із студії, з магнітофонів або від зовнішніх джерел.

Переважно мовлення здійснюється шляхом відтворення підготовлених звукозаписів, тому потрібні невеликі мовні студії, в яких диктори оголошують наступну передачу, що записана на магнітофоні, читають останні новини. В цьому випадку в мовній апаратній (рис. 3) може бути встановлено чотири магнітофони (М), з яких послідовно відтворюються фрагменти передачі. За допомогою індивідуальних регуляторів (РІ) та підсилювача сигнали змішуються. До складу підсилювача можуть бути введені регулятори частотного спектру сигналу.

Для контролю мовний сигнал подається з виходу центральної апаратної (ЦА) на гучномовці (Г), що встановлені в студії у диктора і в апаратній у оператора. Студійний гучномовець відмикається ключем S автоматично при включенні мікрофону. Рівень сигналу контролюється вимірювачами рівня I.

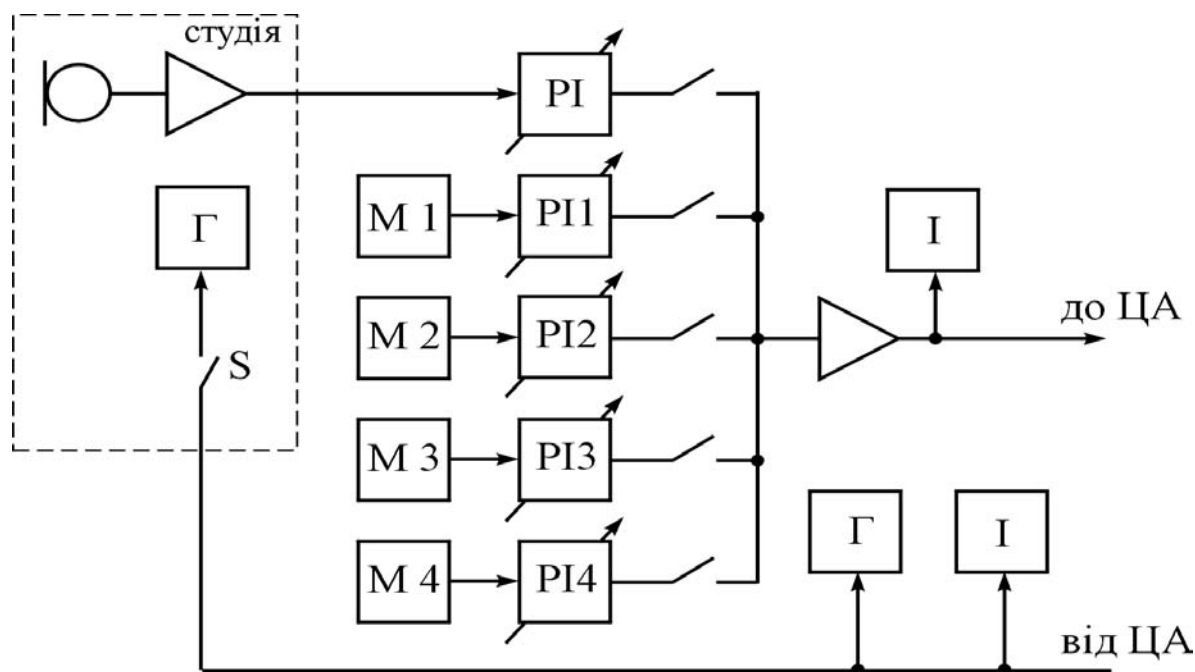


Рисунок 3 – Студійна та мовна апаратні
Г – гучномовець; S – ключ; М – магнітофон; РІ – регулятор індивідуальний; І – індикатор

Координаційним центром радіобудинку є центральна апаратна (ЦА). В ній остаточно формується програма, підключаються джерела програм до споживачів, контролюються за рівнями сигнали. Персонал апаратної має оперативний зв'язок з іншими службами і споживачами програм.

Спрощена структурна схема центральної апаратної представлена на рис. 4. В тракці кожного із n входів є розділовий трансформатор (Т) і підсилювач. В тракці кожного із m виходів передбачено обмежувач рівня (О) (кожний обмежувач можна виключити із тракту ключем обходу (КО)). За допомогою комутатора (К) будь-який вихід можна підключити до будь-якого входу, але тільки до одного. Це роблять для того, щоб виключити змішування програм. Разом із тим, до одного входу можна підключити декілька виходів, оскільки одна і та ж передача в даний момент може передаватися по декількох програмах (наприклад, останні новини).

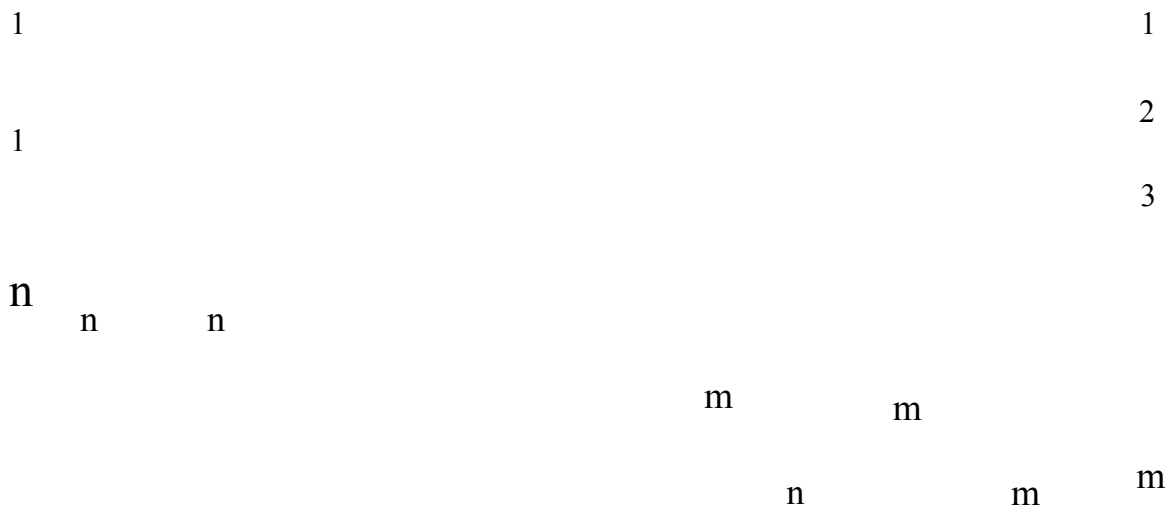


Рисунок 4 – Центральна апаратна
 X – роз'єднувач; Т – трансформатор; К – комутатор; КО – ключ обходу; О – обмежувач; І – індикатор рівня

Для перевірки апаратури передбачені роз'єднувачі X відповідно на входах і виходах.

Кожна програма може передаватися як в стереофонічному, так і в монофонічному варіанті. Для першого випадку використовуються два входи і два виходи. Якщо ця ж програма монофонічна, то для додавання сигналів лівого і правого каналів передбачено суматор (Σ).

Для контролю рівня сигналу на виходах апаратної до кожного виходу підключені вимірювачі рівня І. Крім того, до кожного виходу можна підключити гучномовець.

В ТФП є велика кількість різних пристроїв. Для спостереження за їх роботою широко використовуються місцева і наскрізна сигналізація.

Місцева сигналізація вказує стан апаратури даного робочого місця і поділяється на аварійну, попереджувальну і виконавчу. Аварійна сигналізація подається після спрацьовування різних елементів захисту при неполадках апаратури, погіршенні параметрів тракту, при неправильних діях оператора. Попереджувальна сигналізація може інформувати оператора про функціональний стан тракту, настання деякого часу і т.п. Виконавча сигналізація дозволяє контролювати правильність виконання операцій по включенню і виключенню апаратури.

Наскрізна сигналізація є дистанційною. Диктори і оператори до початку передачі повинні отримати з виходу тракту сигнал, що підтверджує справність усіх елементів тракту. Щоб цей сигнал гарантував правильність усіх з'єднань, його коло повинно комутуватись одночасно з колом каналу, по якому відбувається трансляція і тими ж комутаційними пристроями. Всі ланки наскрізної сигналізації з'єднані послідовно.

При ручному керуванні технологічними процесами формування програм надійність радіомовлення в багатьох випадках залежить від індивідуальних особливостей і професійної підготовки обслуговуючого персоналу. Зі збільшенням обсягу мовлення зростає складність взаємодії окремих технологічних ланок. В окремі моменти є необхідність виконання однорідних операцій, що повторюються. В умовах дефіциту часу якість такої роботи погіршується. Тому природно максимально автоматизувати ці операції, з тим щоб знизити психофізіологічне навантаження обслуговуючого персоналу.

Як приклад часткової автоматизації процесу формування програми можна привести автоматичну зупинку магнітофона по закінченню запису, переключення на відтворення з другого магнітофона, пуск підготовленого для передачі магнітофона в заданий час. В цих випадках оператор вручну тільки міняє носії запису. Оскільки магнітофон можна підготувати раніше, то навантаження на оператора за часом розподіляється більш рівномірно.

Можливості автоматизації в значній мірі визначаються відношенням часу дикторського тексту і записаного матеріалу, необхідністю трансляції від зовнішніх джерел та ін.

Наприклад, інформаційно-музична програма складається із таких фрагментів: відтворення позивних цієї програми, дикторський текст, музика. На початку кожного часу передаються сигнали точного часу. В апаратній випуску встановлені пристрої, що забезпечують автоматичне включення і зупинення в заданий час магнітофона із записом позивних; автоматичне включення магнітофона і плавне збільшення рівня музики, що призначена для заповнення пауз; зменшення рівня цього сигналу і наступну зупинку цього магнітофона; автоматичну подачу сигналів точного часу, джерело яких підключається в 59 хв 52 с і відключається в 00 хв 02 с кожного часу.

1.4 Тракт первинного розподілу програм

Тракт ТПРП (рис. 5) призначений для передачі програми, що сформована в радіобудинку в інші міста, на місцеві передавачі і в мережу проводового мовлення.

Міжміський канал радіомовлення утворюють за допомогою кабельних, радіорелейних або супутникових ліній зв'язку. Первинний розподіл програм організують за радіально-вузловою схемою, при якій забезпечується певна гнучкість зв'язку, ефективно використовується техніка, підвищується надійність (рис. 6). У вузлах розташовуються апаратні КА, які з'єднані каналами МКРМ.

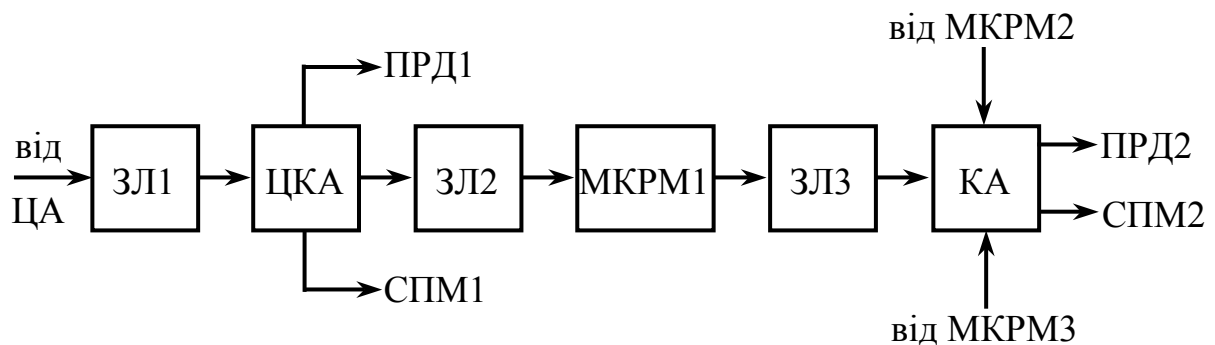


Рисунок 5 – Тракт первинного розподілу програм

ЗЛ – з'єднувальна лінія; ЦКА – центральна комутаційна апаратна;
КА – комутаційна апаратна; МКРМ – міжміський канал радіомовлення;
ПРД – передавач; СПМ – система проводового мовлення

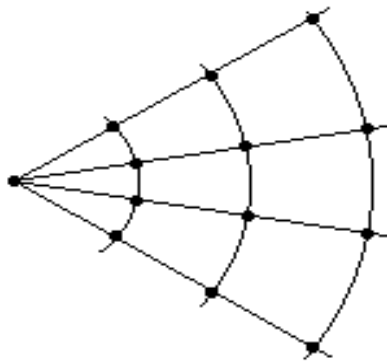


Рисунок 6 – Мережа первинного розподілу програм

Високого рівня досягнута автоматизація в апаратних ЦКА і КА тракту ТПРП. Розроблене уніфіковане обладнання дозволяє працювати в ручному і автоматичному режимах. Комутація програм виконується за попередньо складеним розкладом після обміну сигналами готовності між апаратними випуску програм і комутаційними апаратними. Інформація про послідовність і час з'єднань вводиться в пам'ять ЕОМ, яка керує процесом комутації. Обслуговуючий персонал виконує лише контрольні функції і

проводить резервування апаратури в аварійних ситуаціях або при непередбачених змінах в розкладі.

Для зручності роботи операторам видається інформація про поточний час; час початку наступної передачі; час, що залишається до початку наступної передачі. Багато операцій, що виконується, супроводжується звуковою і світловою сигналізацією.

Існують одноканальні і багатоканальні способи передачі сигналів в тракті первинного розподілу програм. При одноканальному способі сигнали передаються по фізичній парі проводів без перетворення. Багатоканальний спосіб передбачає перетворення сигналів, які передаються з частотним або часовим розділенням каналів. Тут можна виділити передачу сигналів за допомогою широтноімпульсної модуляції, амплітудноімпульсної модуляції, часоімпульсної модуляції, фазоімпульсної модуляції. Сучасним є спосіб передачі сигналів за допомогою цифрової імпульсно-кодової модуляції.

Принцип частотного розділення каналів пояснюється на рис. 7, на якому пунктиром виділені передавальна (ПРД) і приймальна (ПР) частини системи передачі. Передавальна частина містить індивідуальні перетворювачі (ППРД), які називають каналними модуляторами, і смугові фільтри (СФ). В приймальній частині є аналогічні СФ, індивідуальні перетворювачі прийому (ППР), а також низькочастотні фільтри (Ф).

Припустимо, що всі сигнали U_1, U_2, \dots, U_n , що передаються, мають однакові спектри з граничними частотами F_H і F_B . При подачі на ППРД сигналу напругою U_1 і опорного колювання з частотою f_1 на виході перетворювача утворюється нижня і верхня бокові смуги (рис. 8, а). Фільтр СФ1 виконаний так, що пропускає лише бокову смугу з граничними частотами $f_1 - F_B$ і $f_1 - F_H$, а верхню бокову смугу послаблює.

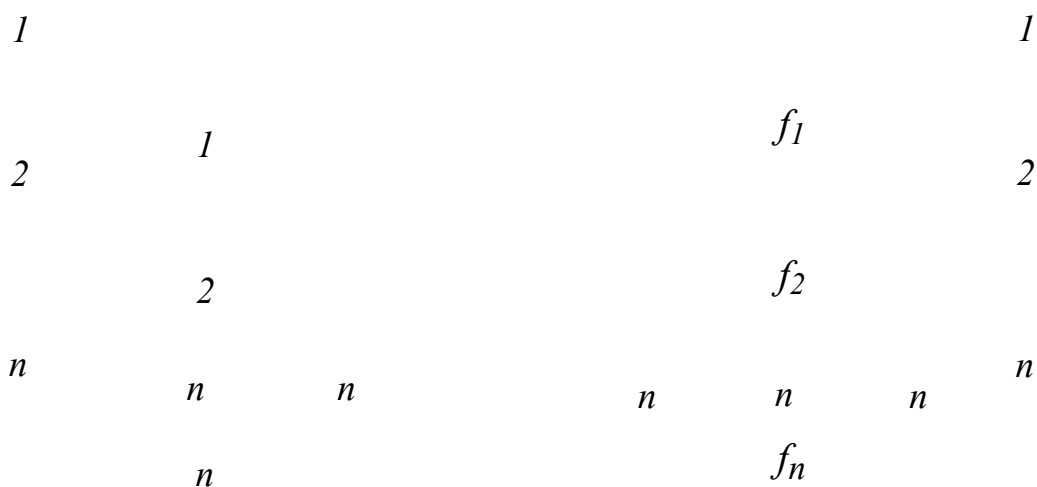


Рисунок 7 – Передача сигналів з частотним розділенням каналів
 ПП – індивідуальний перетворювач; СФ – смуговий фільтр; Ф – фільтр
 нижніх частот

Аналогічно працює перетворювач $П_{2ПРД}$, але на нього подається опорне коливання з частотою f_2 . Тому на його виході нижня і верхня бокові смуги будуть зміщені за частотою (рис. 8, б). Фільтр $СФ2$ також настроєний на нижню бокову смугу. За таким же принципом побудовані й інші канали. Спектр сумарного або групового сигналу буде такий (рис. 8, в). Груповий сигнал в приймальній частині розділяється фільтрами $СФ1, СФ2, СФ3, \dots, СФn$. Відповідно з групового сигналу на виході $СФ1$ буде виділено сигнал зі спектром, обмеженим частотами $f_1 - F_B$ і $f_1 - F_H$. При подачі сигналу з таким спектром частот і опорного коливання з частотою f_1 на $П_{1ПР}$, на його виході буде отримано різницевий спектр с граничними частотами $f_1 - (f_1 - F_B) = F_B$ і $f_1 - (f_1 - F_H) = F_H$. Цей спектр відповідає початковому сигналу напругою U_1 . Він додатково відфільтровується фільтром $\Phi1$.

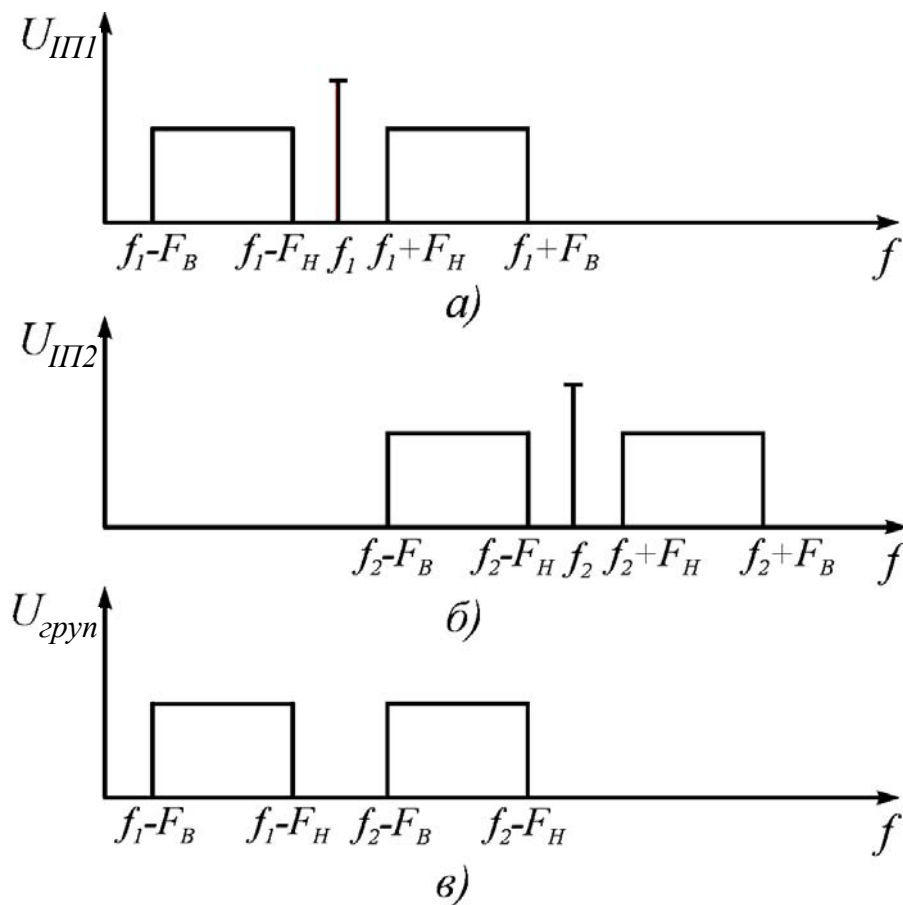


Рисунок 8 – Формування групового сигналу

Описано загальний принцип побудови системи передачі з частотним розділенням каналів. У реальній апаратурі, крім перетворювачів і фільтрів, є підсилювачі, різні регулятори (наприклад, система автоматичного регулювання підсилення), генераторне устаткування для формування опорних коливань з високою стабільністю частоти та ін.

При часовому розділенні каналів аналоговий сигнал перетворюється в цифровий і передається у вигляді різних комбінацій імпульсів постійної

амплітуди, які називаються кодовими групами.

Процес перетворення аналогового безперервного в часі сигналу в послідовність імпульсів називається дискретизацією сигналу в часі. Імпульси формуються з частотою дискретизації. При цьому амплітуда кожного імпульсу відповідає значенню безперервного сигналу в даний момент часу (рис. 9, а). Таким чином, дискретизація безперервного сигналу являє собою процес амплітудноімпульсної модуляції (АІМ).

Передавати дискретизований сигнал по лінії недоцільно, так як він чутливий до впливу завад. Тому в цифрових системах передачі його перетворюють в цифрову форму, піддаючи при цьому квантуванню і кодуванню.

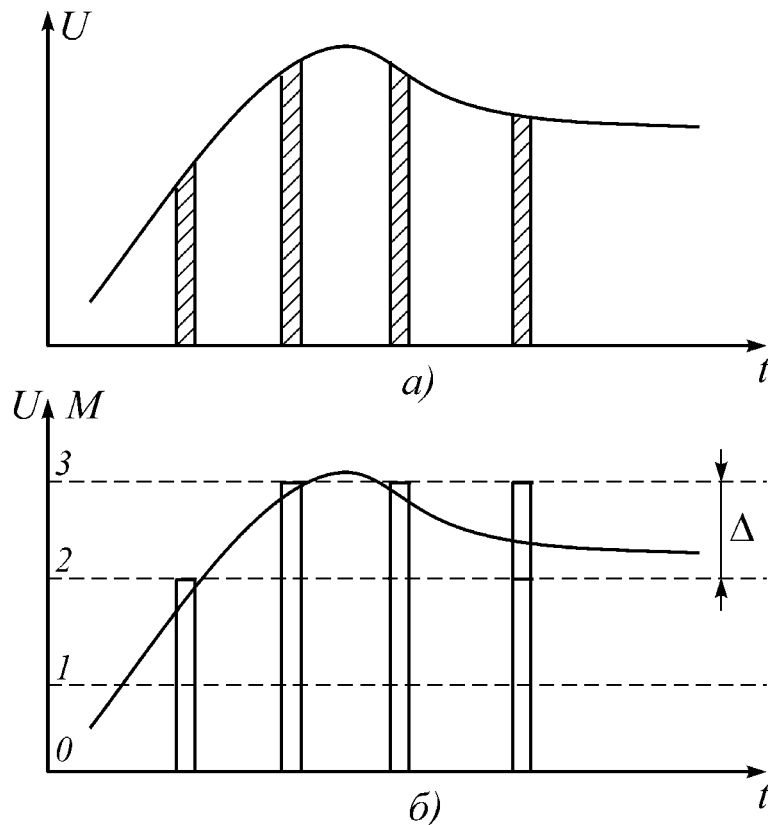


Рисунок 9 – Дискретизація (а) і квантування (б) безперервного сигналу

Квантування дискретизованого сигналу, тобто квантування за рівнем, полягає в тому, що множина значень амплітуд його відліків замінюється обмеженим рядом найближчих до них нормованих значень, що називаються дозволеними рівнями (рис. 9, б). Крок між дозволеними рівнями називається кроком квантування Δ . Різниця між значеннями квантованого і неквантованого сигналів є помилкою квантування. Із рис. 9,б видно, що максимальна помилка при квантуванні не перевищує половини кроку квантування Δ . Чим менший крок Δ , тим менша помилка. Помилки, що виникли в процесі квантування, сприймаються в каналі як завади і називаються завадами квантування.

Отриманий в результаті квантування багаторівневий дискретизова-

ний сигнал перетворюється кодером в кодові групи, що складаються із послідовності імпульсів з двома значеннями амплітуд: умовно 1 і 0. Таке перетворення називається імпульсно-ковою модуляцією (ІКМ).

На рис. 10 показано весь процес перетворення безперервного сигналу в трирозрядний сигнал ІКМ. Сигнал і дискретизувальні імпульси показані на рис. 10,а. Найменшому миттєвому значенню сигналу -3 відповідає кодова група 000 , а найбільшому $+3$ – кодова група 111 . Усі проміжні значення і відповідні їм кодові групи показані на рис. 10,б, а послідовність кодових груп, що передаються і відповідають квантованим сигналам - на рис. 10,в.

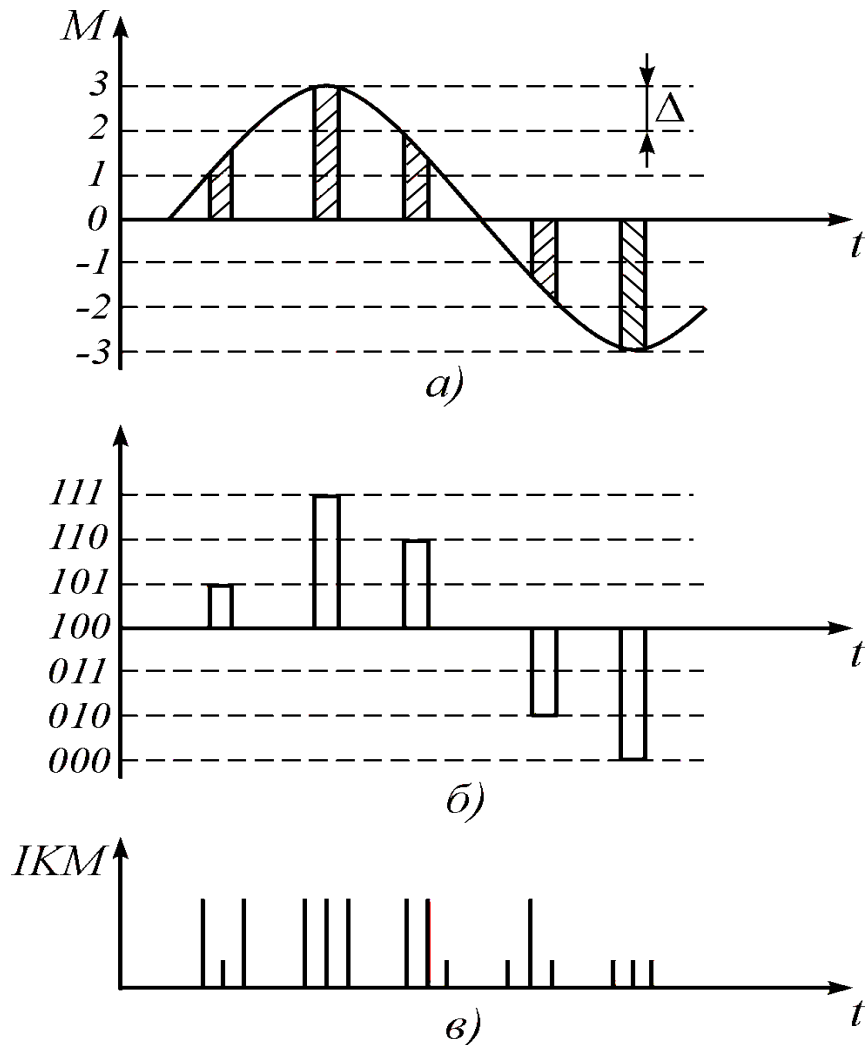


Рисунок 10 – Перетворення безперервного сигналу в трирозрядний сигнал ІКМ

Залежність між кількістю імпульсів в кодовій групі m і кількістю рівнів квантованого сигналу M визначається виразом $M = 2^m$.

Частота імпульсів кодових груп називається тактовою частотою. Вона залежить від частоти дискретизації, кількості елементів в кодовій групі і числом каналів у системі.

На рис. 11 показана спрощена структурна схема системи передачі з часовим розподілом каналів і імпульсно-кодовою модуляцією. Аналогові сигнали кожного каналу перетворюються каналними амплітудно-імпульсними модуляторами (АІМ) в дискретизовані сигнали. Ці сигнали не перекриваються в часі, тому по чергово поступають на кодер, в якому виконується квантування за рівнем і формування кодових груп.

Послідовність кодових груп об'єднується з сигналами керування і утворює груповий сигнал, який циклічно подається в лінію зв'язку. Розділення групових сигналів кожного циклу здійснюється за допомогою синхросигналів. Перед входженням в лінію зв'язку груповий сигнал проходить через регенератор, в якому корегується форма, тривалість і амплітуда імпульсів.

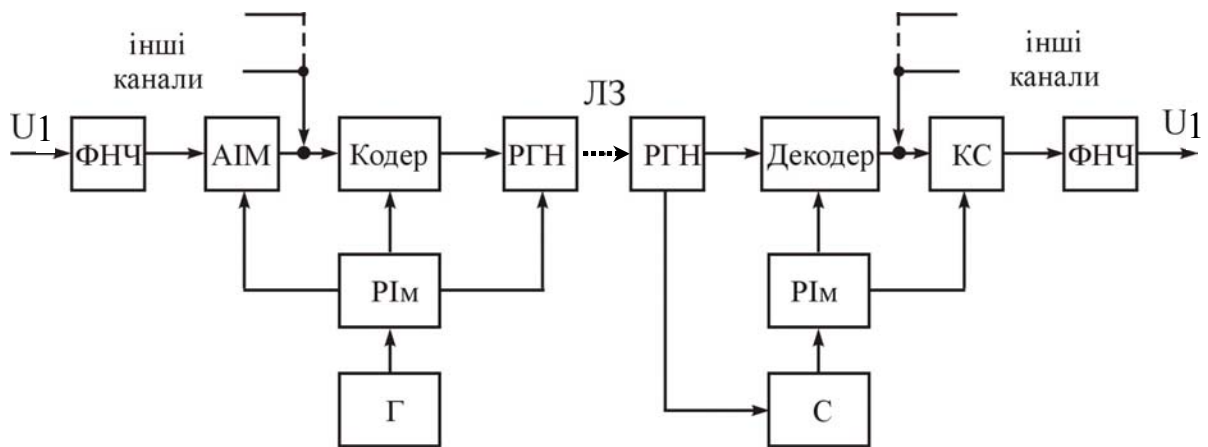


Рисунок 11 – Передача сигналів з часовим розділенням каналів
 АІМ – амплітудноімпульсний модулятор; РІм – розподільник імпульсів;
 РГН – регенератор; С – синхронізатор; КС – каналний селектор;
 ЛЗ – лінія зв'язку

Для компенсації спотворень сигналу, що виникають при проходженні їх по лінії зв'язку, включають проміжні регенератори.

Робота системи передачі з ІКМ строго регламентується в часі генераторним обладнанням, до складу якого входять задавальний генератор (Г) і розподільник імпульсів (РІм).

На приймальній стороні сигнал знову регенерується і проводиться зворотне перетворення і розділення каналів. Із спектру групового сигналу синхронізатором (С) виділяється коливання з тактовою частотою, яке використовується для формування послідовності імпульсів, що керують декодером і каналним селектором (КС). Канальний селектор із групового АІМ сигналу, який відновлений в декодері, виділяє імпульси тільки свого каналу. За допомогою ФНЧ з АІМ сигналу отримується безперервний сигнал, що повторює той, який поступає на вхід системи передачі.

Перевагою цифрових каналів мовлення є висока якість передачі за рахунок послаблення впливу значних амплітудно-частотних спотворень,

завад і шумів, що виникають в лініях зв'язку.

1.5 Тракт вторинного розподілу програм

Тракт ТВРП починається з виходу центральної апаратної в радіобудинку або комутаційних апаратних тракту ТПРП і закінчується входом антени передавача. Структурна схема ТВРП наведена на рис. 12.

Частотні коректори (ЧК), що входять до складу тракту, необхідні для компенсації втрат, які виникають в з'єднувальних лініях (ЗЛ). На рис. 13,а зображено яким чином повинен змінюватись коефіцієнт послаблення частотного коректора $\alpha_{ЧК}$ для того, щоб компенсувати частотну залежність втрат з'єднувальної лінії $\alpha_{ЗЛ}$. На рис. 13,б зображена можлива електрична схема частотного коректора, до складу якої входять паралельний і послідовний контури.

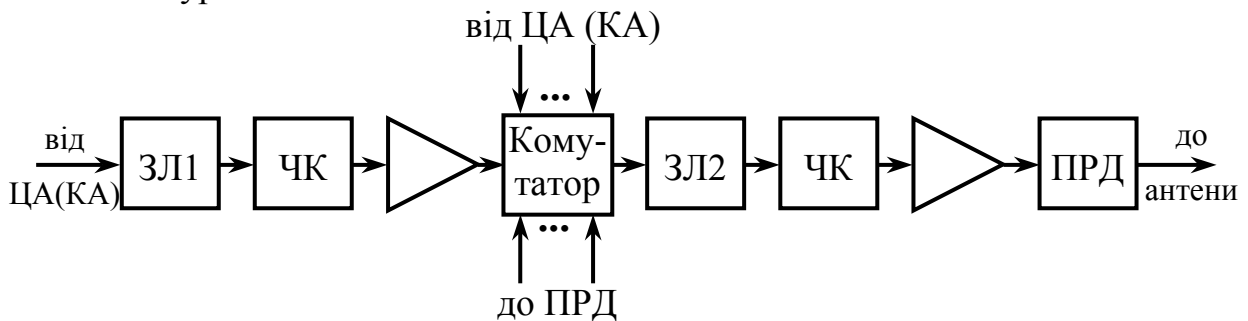


Рисунок 12 – Тракт вторинного розподілу програм
ЦА (КА) – центральна (комутаційна) апаратна; ЗЛ – з'єднувальна лінія; ЧК – частотний коректор; ПРД – передавач

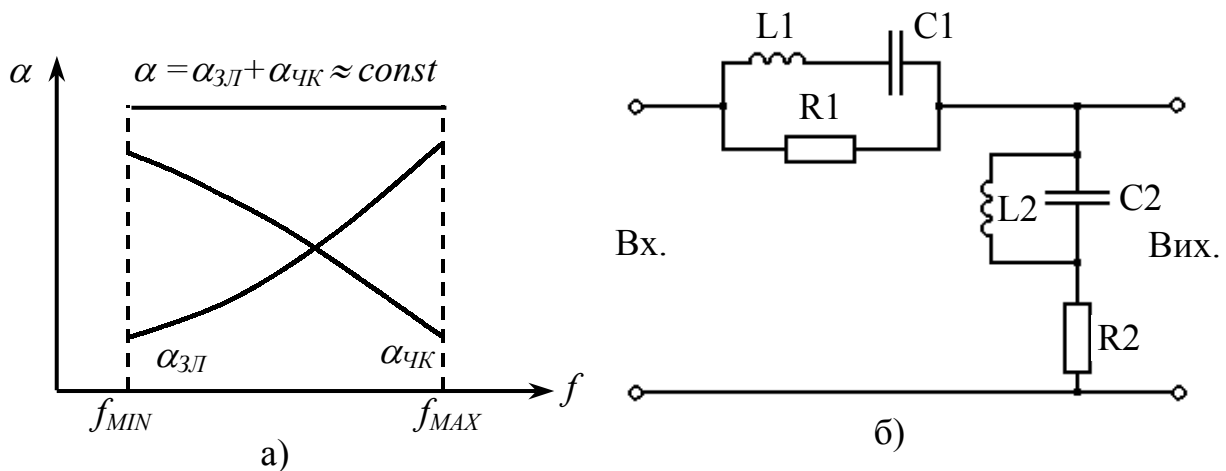


Рисунок 13 – Частотна корекція в з'єднувальній лінії

Розглянемо два випадки увімкнення коректора: на початку лінії (передкорекція) і в кінці лінії. З точки зору компенсації частотних спотворень не має значення де стоїть коректор. Рівень сигналу на вході не повинен перевищувати +15 дБ. Цей рівень і повинен бути на виході підсилювача при

встановленні коректора в кінці лінії. При передкорекції рівень сигналу на виході підсилювача повинен бути більше, щоб скомпенсувати згасання в коректорі. Послаблення коректора на вищих частотах невелике, що рівнозначно підйому рівня високочастотних сигналів. Це збільшує перехідні завади в з'єднувальній лінії. Можна зробити висновок, що краще встановити частотний коректор в кінці лінії, хоча в цьому випадку дещо погіршується співвідношення сигнал/шум, за рахунок впливу шумів у лінії.

Контрольні запитання

1. Дайте означення радіомовлення. В яких формах існує мовний сигнал?
2. Що таке канал радіомовлення? З яких основних трактів він складається?
3. Що лежить в основі поділу каналів радіомовлення на класи? Назвіть, де використовуються канали вищого, першого і другого класу.
4. Яке призначення апаратно-студійних комплексів? Поясніть, як вони побудовані.
5. Назвіть основні вузли, що входять до структурної схеми пульта звукооператора. Що означає "блочний принцип побудови пульта з постійним підвищенням рівня сигналу"?
6. З чого складаються студійна і мовна апаратні, центральна апаратура?
7. Яке призначення тракту первинного розподілу програм? Нарисуйте його структурну схему.
8. Які вам відомі способи багатоканальної передачі мовних сигналів?
9. У чому перевага ІКМ під час багатоканальної передачі мовних сигналів? Дайте пояснення щодо призначення всіх структурних ланок системи передачі з ІКМ.
10. Для чого встановлюються частотні коректори в з'єднувальній лінії тракту вторинного розподілу програм, за якою схемою вони будуються?

2 МЕРЕЖІ ТА ЧАСТОТНИЙ РОЗПОДІЛ У РАДІОМОВЛЕННІ

2.1 Мережі радіомовлення

Мережі радіомовлення – це комплекс технічних засобів (передавачі, антени, допоміжне обладнання), за допомогою яких здійснюють випромінювання сигналу звукового мовлення у вигляді радіохвиль. В мережу радіомовлення входять структурні ланки тракту ТВРП.

Під час проектування мереж радіомовлення, враховуючи умови передачі-прийому радіосигналів, діапазон частот, рельєф території і особливості розселення мешканців на ній, визначають місця розташування радіо-

мовних станцій, потужності їх передавачів, коефіцієнти підсилення антен та інші технічні параметри мережі.

Зоною обслуговування передавача мережі радіомовлення називається частина земної поверхні, обмежена замкнутою кривою, у кожній точці якої з ймовірністю не нижче заданої, напруженість поля передавача забезпечує задовільний прийом при наявності завад.

Згідно з рекомендаціями Міжнародної організації радіомовлення і телебачення в зоні обслуговування радіомовної станції напруженість поля передавача повинна бути такою, щоб забезпечити якісний прийом програм на масову апаратуру в 50% місць прийому протягом 90% часу для моно- і 99% часу для стереопрограм. У 10% і 1% відповідно допускається поява помітних спотворень [1].

Згідно з рекомендаціями Міжнародної електротехнічної комісії, яка оснований на результатах масового опитування слухачів, захисне відношення за звуковою частотою якісного мовлення не гірше 20-40 дБ [1]. Захисне відношення за звуковою частотою визначається за формулою

$$Z_{нч} = 20 \lg \frac{U_c}{U_3},$$

де U_c - напруга сигналу звукової частоти на виході приймача;

U_3 - напруга завади на виході приймача.

Іншим важливим параметром, від якого залежить конфігурація і площа зони обслуговування, є захисне відношення за високою частотою

$$Z_{вч} = 20 \lg \frac{E_c}{E_3},$$

де E_c - напруженість сигналу на вході приймача;

E_3 - напруженість завади на вході приймача.

Напруженість E_c визначається на границі зони обслуговування.

Напруженість сигналу в точці прийому змінюється випадково. У загальному вигляді вона залежить від відстані до передавача, часу прийому і місця розташування слухача. Якщо відсутні завади від інших передавачів і слабо змінюється характер місцевості, то зона обслуговування являє собою майже круг. Враховуючи діаграму спрямованості антени, діюче значення напруженості поля в мВ/м у зоні обслуговування можна визначити за формулою

$$E_c = \frac{173V(\lambda, \sigma)\sqrt{P \cdot G}}{r},$$

де P - потужність передавача, кВт;

G - коефіцієнт підсилення антени в напрямку точки прийому відносно елементарного диполя;

r - відстань між передавачем і приймачем, км;

V - показник послаблення, який залежить від довжини хвилі λ і питомої провідності земної поверхні σ .

Якщо необхідно розташувати радіомовні станції по території рівномірно (ідеальний випадок), то станції розташовують у вузлах квадратної (рис. 14,а) або трикутної сітки (рис. 14,б).

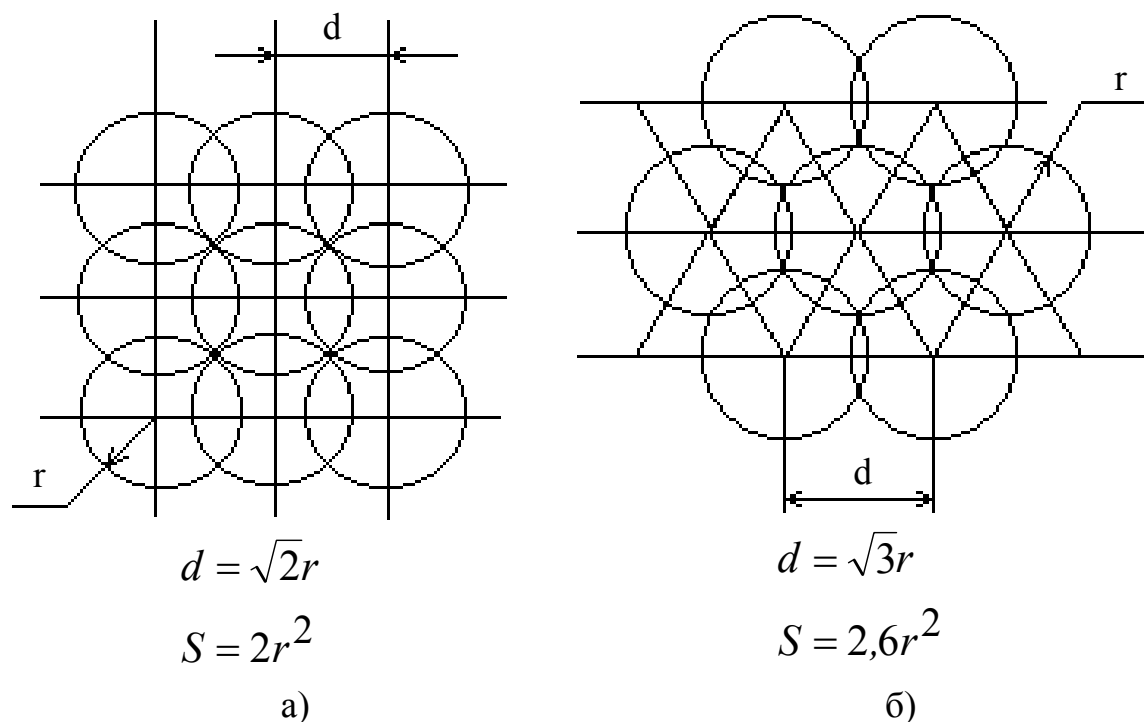


Рисунок 14 – Схеми розміщення радіомовних станцій

Можна показати, що ефективніше розташування радіомовних станцій у вузлах трикутної сітки. Але на практиці не завжди дотримуються ідеальних побудов і ставлять передавачі поблизу великих міст. Антени розташовують, враховуючи рельєф місцевості, на вершинах гір, багатоповерхових будинків і т.п.

2.2 Розподіл частот у радіомовленні

Розподіл радіочастот між країнами відбувається на всесвітніх радіо-конференціях, в яких приймають участь країни-члени міжнародного союзу електрозв'язку. Рішення цих конференцій знаходять відображення в регламенті радіозв'язку [3]. Відповідно до регламенту радіозв'язку світ поділено на три райони:

- а) Європа та країни колишнього Радянського Союзу, Монголія і Африка;
- б) країни Північної і Південної Америки, Гренландія;
- в) Азія (крім країн колишнього Радянського Союзу і Монголії) і Австралія.

За інтенсивністю атмосферних завад земна куля умовно поділена на три зони А, В і С. Зона А – це переважно північна півкуля, В – екваторіальна зона, С – переважно південна півкуля.

Для радіомовлення виділені окремі частотні ділянки в областях НЧ, СЧ, ВЧ і КВЧ діапазонів. Проводяться дослідження з метою широкого використання в майбутньому для радіомовлення частот в УВЧ і особливо в НВЧ діапазонах.

Ділянку частот 150-285 кГц називають діапазоном довгих хвиль (ДХ), ділянку частот 525-1605 кГц – діапазоном середніх хвиль (СХ), ділянку частот 3,2-26,1 МГц виділено для мовлення в діапазоні коротких хвиль (КХ). Діапазон КХ поділено на ряд піддіапазонів 3,2-3,4; 3,95-4; 4,75-4,995; 5,006-5,06; 5,95-6,2; 7,1-7,3; 9,5-9,9; 11,65-12,075; 13,6-13,8; 15,1-15,6; 17,55-17,9; 21,45-21,85; 25,67-26,1 МГц. В межах частот 66-108 МГц здійснюється УКХ радіомовлення.

В діапазонах ДХ, СХ мовлення ведеться в режимі амплітудної модуляції. Верхня модульовальна частота не перевищує 10 кГц. Відповідно смуга частот, яку займає радіопередач, не більша 20 кГц. Відстань між сусідніми каналами становить 9 кГц, причому несуча частота радіопередавача також кратна 9 кГц. Таким чином, в діапазоні ДХ розміщується 15 каналів з частотами 153 кГц, 162 кГц і т.д. В діапазоні СХ розміщується більше каналів – 120 з несучими 531 кГц, 540 кГц і т.д.

В діапазоні КХ мовлення ведеться в режимі амплітудної або одно-смужової модуляції. При мовленні з амплітудною модуляцією частотна смуга, що займає радіопередача, становить 9 кГц, нижня частота модуляції 150 Гц, відстань між несучими сусідніх каналів 10 кГц, номінали несучих кратні частоті 5 кГц.

В діапазонах ДХ, СХ, КХ програми транслюються в режимі моно, а в діапазоні СХ за кордоном організовано ще й стереомовлення.

Діапазон УКХ поділено на два піддіапазони УКХ1 і УКХ2. В діапазоні УКХ1 мовлення здійснюється з частотною модуляцією в режимах моно та стерео. Верхня модульовальна частота становить 15 кГц, нижня – 30 Гц, номінали несучих кратні 30 кГц. Відстань між несучими сусідніх каналів також кратна 30 кГц, тобто може бути 30, 60, 90 і 120 кГц. Верхній діапазон УКХ2, або його ще називають FM діапазон, займає ділянку частот 100-108 МГц (для України). Мовлення в цьому діапазоні також ведеться в режимі частотної модуляції моно або стерео. Якщо в діапазоні УКХ1 максимальна девіація частоти становить 50 кГц, то в діапазоні УКХ2 вона дорівнює 75 кГц.

2.3 Радіомовлення в діапазонах ДХ, СХ

Розглянемо деякі особливості мовлення в діапазонах ДХ і СХ.

Для цих діапазонів характерні:

- сильні атмосферні та промислові завади;

– значне поглинання шаром D іоносфери просторової хвилі протягом дня, можливість прийому тільки земної хвилі;

– незначне послаблення просторової хвилі, її відбиття від іоносфери вночі, як наслідок - поширення радіохвиль на значні відстані.

В діапазоні ДХ сферичність Землі до відстані 1000-2000км практично не порушує поширення радіохвиль. Тому, за допомогою потужних радіостанцій, можна в цьому діапазоні забезпечити стійкий прийом земної хвилі на відстанях до 2500-3000 км. В цьому полягає одна із причин того, що в минулому мовлення в діапазоні ДХ особливо було розвинуто в Радянському Союзі, в країні з великою територією. Перевагою діапазону ДХ для радіомовлення можна також вважати стабільність напруженості поля в точці прийому, яка мало змінюється протягом року. Для покращення завадостійкості прийому верхню модульовальну частоту зменшують до 7 кГц. В основному діапазон ДХ використовують для передачі мовлення, а музикальні програми транслюються з невисокою якістю.

Розглянемо декілька можливих ситуацій, що можуть виникнути під час прийому радіомовних станцій в діапазоні СХ.

1. На невеликих відстанях від передавача (рис. 15,а), навіть вночі, напруженість поля земної хвилі значно перевищує напруженість поля просторової хвилі. В цьому випадку напруженість поля не залежить від часу доби. Відповідна область прийому має назву – зона впевненого прийому.

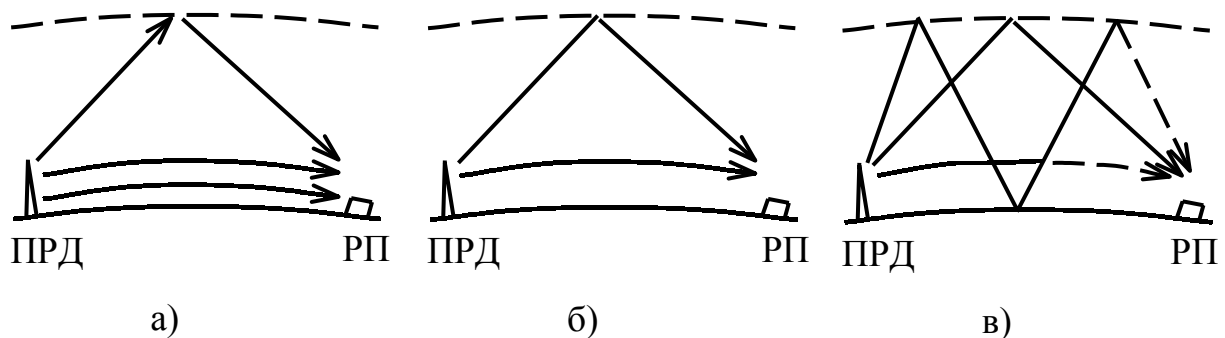


Рисунок 15 – Умови радіоприйому в діапазоні СХ

2. На відстанях від радіомовних станцій 200-300 км (рис. 15,б) вдень можливий якісний прийом земної хвилі. Вночі результувальне поле являє собою суперпозицію земної і просторової хвилі. Територію, розташовану на таких відстанях, називають зоною ближніх завмирань.

3. На значних відстанях від радіомовних станцій (більше 300 км) (рис. 15,в) удень напруженість земної хвилі мала і прийом сигналів практично відсутній. Уночі починають без послаблення проходити просторові хвилі і напруженість поля може досягати великих значень. В цій області спостерігаються завмирання, які викликані багатопроменевим поширенням радіохвиль, вона має назву – зона далеких завмирань.

Для боротьби з ближніми завмираннями на передавачах використовують направлені антени, діаграми спрямованості яких забезпечують мале

випромінювання хвиль під великими кутами до горизонту. Взимку в діапазоні СХ покращуються умови прийому. Це пояснюється тим, що зменшується поглинання радіохвиль земною поверхнею. В цьому діапазоні працює велика кількість радіостанцій з потужностями від десятка Вт до сотень кВт, які розташовані в усіх районах земної кулі.

В діапазоні СХ ведеться синхронне мовлення. В режимі синхронного мовлення декілька передавачів транслюють одну програму. Несучі цих передавачів синхронізовані з точністю до фази. Завдяки синхронному мовленню вдається значно розширити зону обслуговування.

2.4 Радіомовлення в діапазоні КХ

В діапазоні КХ здійснюється основний об'єм інформаційного та іномовлення. Особливості радіомовлення в цьому діапазоні такі:

- сильне поглинання в ґрунті земної хвилі; впевнений її прийом, навіть від потужних передавачів, можливий тільки в радіусі декількох десятків кілометрів;
- незначне послаблення просторової хвилі при відбиттях від іоносфери;
- трансляція програм на значні відстані (тисячі кілометрів) шляхом багатократного відбиття земля-іоносфера;
- сильне завмирання із-за багатопроменевого поширення радіохвиль і, як наслідок, значні спотворення при прийомі.

Нестабільність електронної концентрації окремих шарів іоносфери призводить до того, що при прийомі в діапазоні КХ амплітуди сигналів змінюються в десятки і навіть в сотні разів. Період завмирань, який визначається як проміжок часу між двома послідовними мінімумами або максимумами, коливається від декількох десятків секунд до десятих секунди.

Параметри іоносфери залежать від інтенсивності випромінювання Сонця і від його положення відносно Землі. Крім того, спостерігаються коливання параметрів іоносфери за 11-річним циклом сонячної активності. Тому умови поширення коротких хвиль в радіомовленні прогнозують на кожний сезон. Рік прийнято ділити на чотири частини: листопад-лютий, березень-квітень, травень-серпень, вересень-жовтень. Для підвищення надійності, якості прийому радіомовлення в одну зону здійснюється за допомогою декількох передавачів, які працюють на різних частотах.

Зменшити спотворення при прийомі можна застосувавши односмугову модуляцію, перехід на яку поступово здійснюється в діапазоні КХ. Не слід забувати, що при цьому треба поміняти парк існуючих приймачів. Приймачі сигналів з амплітудною модуляцією детектують сигнали односмугової модуляції зі значними спотвореннями. В перехідний до односмугової модуляції період деякі передавачі працюють з частково подавленим, наприклад на 6 дБ, коливанням з частотою несучої. Такий сигнал задовільно приймається звичайними приймачами. При повному переході мовлення

на односмугову модуляцію в діапазоні КХ вдасться збільшити кількість каналів.

2.5 Радіомовлення в діапазоні УКХ

Для радіомовлення в діапазоні УКХ характерні:

- низькі атмосферні і промислові завади;
- впевнений прийом тільки в межах прямої видимості;
- значні спотворення із-за інтерференційної завади (відбиття від перешкод);
- висока якість програм в зоні впевненого прийому.

Радіус прямої видимості “передавач-приймач” у км можна визначити за формулою:

$$R_{ПВ} = 3,6(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}),$$

де H_1, H_2 – висоти розташування антен приймача і передавача над поверхнею землі, м.

Радіус зони обслуговування приблизно на 15% більше радіуса $R_{ПВ}$. Це пояснюється явищем рефракції радіохвиль [1].

Довжина радіохвилі в діапазоні УКХ невелика і тому на умови поширення хвиль сильний вплив має велика кількість різних перешкод. Особливо це помітно в умовах міста, де напруженість поля зменшується в 3-5 разів в порівнянні з напруженістю поля на відкритій місцевості. В середині будівлі, із-за екрануючої дії, вона ще помітно послаблюється. Результувальне поле є складним. Воно залежить від різниці фаз прямої і відбитої хвилі. Внаслідок невеликої довжини хвилі різниця фаз прямої і відбитої хвиль може досягати великих значень. Так, для частоти 70 МГц вона дорівнює 180° при різниці ходу радіохвиль біля двох метрів. Сигнал радіостанції модульований за частотою, тому відбитий сигнал відрізняється від прямого не тільки амплітудою і фазою, але й частотою. Це пояснюється тим, що за час запізнення миттєва частота встигає змінитися. Утворюється биття з різницевою частотою. На вході частотного детектора радіоприймача з'являється паразитна ЧМ, виникають значні нелінійні спотворення низькочастотного сигналу. При додаванні двох коливань з різними частотами з'являється також паразитна АМ. Ефективних способів боротьби з цим явищем не існує. Мабуть, тому за кордоном поширене стереомовлення в діапазоні СХ, переваги якого особливо помітні мобільними слухачами, наприклад, автомобілістами.

Контрольні запитання

1. Дайте означення мережі радіомовлення, які основні задачі вирішуються під час проектування мережі радіомовлення?
2. Що таке зона обслуговування передавача? Яка напруженість поля

повинна бути в зоні обслуговування?

3. Як визначити захисні відношення на межі зон обслуговування?

4. Доведіть, що трикутна сітка мережі радіомовлення ефективніша за квадратну.

5. Назвіть частотні ділянки, що виділені для радіомовлення.

6. Які основні технічні параметри радіомовлення у діапазонах ДХ, СХ, діапазоні КХ, діапазоні УКХ?

7. Назвіть особливості радіомовлення у різних діапазонах, що пов'язані з поширенням радіохвиль.

8. У якому діапазоні погано поширюється земна хвиля?

9. Що таке явище “ближнього завмирання”, як з ним боротися?

10. Чому в діапазоні УКХ можливий радіоприйом за межами прямої видимості?

3 РАДІОМОВНІ ПЕРЕДАВАЧІ

3.1 Побудова та основні показники радіомовних передавачів

Узагальнена структурна схема передавача приведена на рис. 16. Генератор Г формує високостабільну напругу із заданою частотою, яка підсилюється попереднім підсилювачем ПП і надходить на кінцевий підсилювач потужності КПП. Цей підсилювач забезпечує в антені А задану потужність радіочастотного коливання, випромінюючи його в простір електромагнітними хвилями.

Модуляційний пристрій М уявляє собою підсилювач сигналів звукової частоти. Якщо передавач працює з амплітудною модуляцією, то пристрій М впливає тільки на кінцевий або на кінцевий і деякі попередні каскади. Якщо передавач працює з частотною модуляцією, то вона здійснюється в генераторі Г.

До складу передавача входить система охолодження (СО); система керування, блокування і сигналізації (КБС), що забезпечує вмикання і вимикання передавача, дає інформацію про режим його роботи, забезпечує його безпечне обслуговування; джерело живлення (ДЖ).

Основні показники передавачів можна розділити на три основні групи: електромагнітної сумісності, енергетичні і якісні.

До показників електромагнітної сумісності відносяться діапазон робочих частот, точність установки частоти, ширина займаної смуги частот і припустима потужність побічних випромінювань.

Найважливішими енергетичними показниками є потужність передавача і коефіцієнт корисної дії.

Основні показники, що визначають якість передачі мовного сигналу: номінальний діапазон частот модуляції, коефіцієнт гармонік, захищеність від інтегральної завади і від психофотометричного шуму.

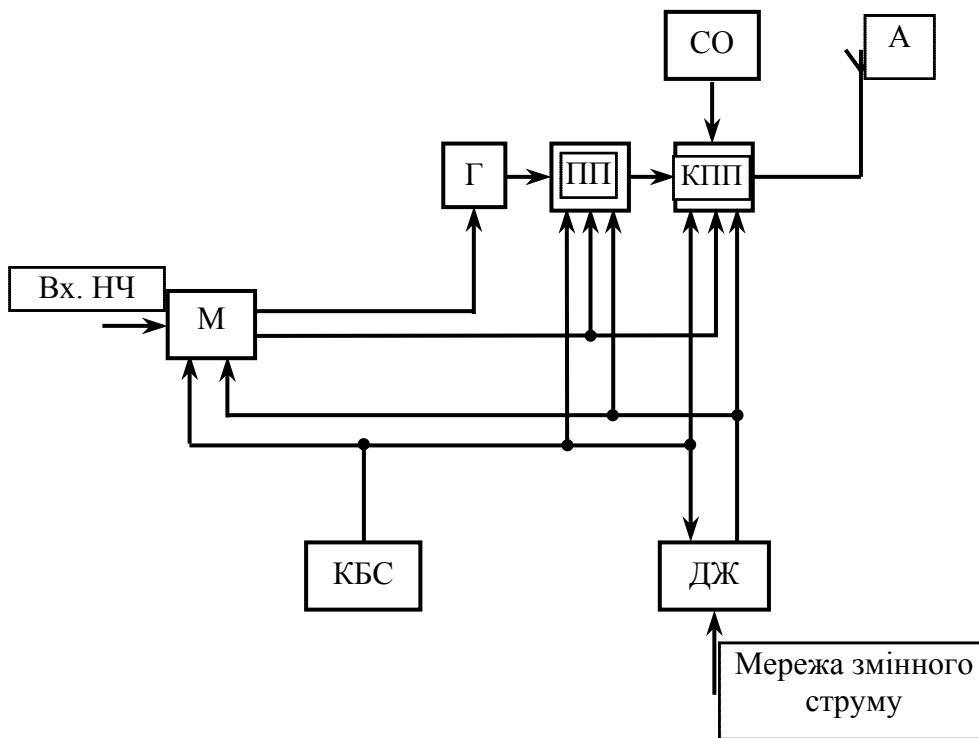


Рисунок 16 – Структурна схема радіомовного передавача
 М – модулятор; КБС – система керування, блокування і сигналізації;
 Г – генератор; ПП – попередній підсилювач; СО – система охолодження; КПП – кінцевий підсилювач потужності; ДЖ – джерело живлення; А – антена.

Норми на параметри радіомовних передавачів установлюються [4]. Деякі параметри наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри радіомовних передавачів

Параметр	Норма в діапазоні частот			
	0,150...0,285 і 0,525...1,605 МГц	3,95...26,1 МГц	66...74 МГц	
			моно	стерео
1	2	3	4	5
Номінальна потужність передавача, кВт	1; 5; 10; 30; 75; 150; 300; 600; 1200	50; 100; 250; 500; 1000	4; 15	
Допустиме відхилення робочої частоти від номінального значення, Гц, не більше	±10	±10	±100	
Номінальний діапазон модульованих частот, Гц	50...10000	50...10000	30...15000	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
Середня потужність побічного випромінювання, яке поступає на фідер антенної системи, не більше: для передавачів з номінальною потужністю 1...50 кВт, мВт; для передавачів з номінальною потужністю більше 50 кВт по відношенню до середньої потужності на робочій частоті, дБ	50 -60	50 -	1 -	
Номінальна ширина контрольної смуги частот, кГц	24	149,5	179,4	
Допустиме відхилення АЧХ відносно значення коефіцієнта передачі на частоті 1000 Гц, дБ, не більше в діапазонах модульованих частот, Гц: до 75 і вище 6600 75...6600 30...15000	+0,7; -1,3 ±0,7 -	- - ±1,0	- - ±1,0	
Коефіцієнт гармонік, %, не більше як, при коефіцієнтах модуляції 10 та 90% на частотах, Гц: до 100 100...4000 вище 4000 50% на частотах, Гц: до 100 100...4000 вище 4000 100% на частотах, Гц: 30...15000	3,8 2,0 4,0 1,5 1,0 2,0 -	- - 4,0 1,5 1,0 2,0 -	- - - - - - 1,0	
Захищеність від інтегральної завади, дБ, не менше	58	58	60	
Захищеність від псофометричного шуму, дБ, не менше	59	59	62	
ККД, % не менше для передавачів потужністю 75...300 кВт при: відсутності модуляції коефіцієнті модуляції 50% вище 300кВт при: відсутності модуляції коефіцієнті модуляції 50% 50...100кВт при: відсутності модуляції коефіцієнті модуляції 50% вище 100кВт при: відсутності модуляції коефіцієнті модуляції 50% 4; 15 кВт	63 57 68 61 - - - - -	- - - - 50 45 55 49 -	- - - - - - - - 40	

Діапазон робочих частот показує, у межах якого інтервалу частот передавач може працювати зі збереженням основних параметрів у заданих межах.

Точність установки частоти показує, наскільки відхиляється частота, яку генерує передавач від заданого номінального значення. Це відхилення вимірюється в абсолютних значеннях Δf або у відносних одиницях $\Delta f/f_{ном}$, де $f_{ном}$ — номінальне значення частоти. Абсолютне відхилення частоти Δf визначається нестабільністю частоти генератора, на яку впливають різні фактори (зміна температури, атмосферного тиску, напруги живлення, старіння елементів генератора й ін.). У технічних даних конкретної апаратури приводиться сумарна нестабільність частоти через вплив різних факторів за певний час (за добу — добова нестабільність, за місяць — місячна нестабільність).

Ширина частотної смуги випромінювання визначається видом модуляції та максимальною частотою модуляції. При амплітудній модуляції ширина смуги випромінювання дорівнює подвійній максимальній частоті модуляції. Для передавачів звукового мовлення в діапазоні метрових хвиль при частоті, що модулює, 15 кГц і девіації 50 кГц смуга випромінювання складає 120 кГц. Усі коливання, що виходять за межі контрольної смуги, називають побічними випромінюваннями. Вони створюють перешкоди іншим радіостанціям. Тому середня потужність будь-якого побічного випромінювання не повинна перевищувати допустимих значень. Так, для передавачів декаметрового діапазону потужністю 50 кВт і більш рівень побічних випромінювань не повинен перевищувати -60 дБ.

Потужність передавача є одним з найбільш важливих параметрів, що визначають зону обслуговування радіостанції. Номінальною потужністю мовного передавача називається потужність у режимі без модуляції, яка підводиться до фідера антени. Середньою потужністю називається потужність на вході фідера антени протягом досить тривалого проміжку часу. Пікова потужність — це потужність на вході фідера протягом одного високочастотного періоду, що відповідає максимальній амплітуді напруги модуляції.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) передавача визначається як відношення середньої потужності до потужності, що споживається від мережі. Розрізняють ККД для режиму без модуляції і для режиму модуляції при коефіцієнтах модуляції 50 і 100%.

Показники, що визначають якість передачі мовного сигналу, не відрізняються від аналогічних параметрів електричного каналу мовлення. Деяка відмінність полягає лише в тім, що ці показники нормуються і вимірюються щодо рівня сигналу, який відповідає визначеному коефіцієнтові модуляції сигналом частотою 1000 Гц. Для допустимого відхилення АЧХ цей коефіцієнт дорівнює 50%. Коефіцієнт гармонік визначається при коефіцієнті модуляції 50, 90, а також 10%, що обумовлено наявністю в модуляторі передавача специфічних спотворень у вигляді двостороннього обмеження

при великому коефіцієнті модуляції, а також центральної відсічки при малому коефіцієнті модуляції. Захищеність від інтегральної перешкоди і від психофотричного шуму вимірюється щодо рівня сигналу, відповідного 100% модуляції. Експлуатаційний персонал часто вживає термін «рівень шумів», що оцінюється в децибелах щодо рівня сигналу з частотою 1000 Гц, який відповідає коефіцієнтові модуляції 100%. Чисельно він дорівнює величині захищеності від інтегральної перешкоди, узятій зі знаком «мінус».

Якість реального мовного сигналу важко контролювати тільки апаратними засобами, тому контроль якості роботи радіомовного передавача проводиться також суб'єктивно. Слід зазначити, що на слух якість передачі порівняно легко оцінює навіть малопідготовлена людина.

3.2 Радіомовна станція

Радіомовні передавачі діапазонів кілометрових, гектометрових і декаметрових хвиль розміщуються групами на спеціальних підприємствах — передавальних центрах. Передавачі діапазону метрових хвиль, як правило, розміщуються разом з передавачами телевізійного мовлення. Підприємства зв'язку, на яких установлені ці передавачі, називаються *радіотелевізійними передавальними центрами*.

Крім передавачів центр має допоміжне устаткування. На рис. 17 приведена структурна схема радіостанції. Сигнали звукової частоти надходять по з'єднувальних лініях (ЗЛ) у контрольно-диспетчерський пункт (КДП), в якому сигнали підсилюються, контролюються їх параметри, комутуються на входи відповідних передавачів (П). У КДП здійснюється також контроль роботи технічних засобів радіостанції.

Високочастотні модульовані коливання від передавачів через антенний комутатор (АК) подаються до антен (А), що випромінюють їх у простір у заданих напрямках. Антени розміщуються на спеціальній території — антенному полі і зв'язані з антенним комутатором фідерними лініями.

Електроживлення радіостанції здійснюється по високовольтних лініях електропередачі (основній і резервній), які закінчуються на центрі високовольтним розподільним пристроєм (ВРП) і трансформаторною підстанцією (ТП). Через низьковольтний розподільний пристрій (НРП) електроенергія надходить до передавачів. Для живлення передавачів використовується як низьковольтна мережа змінного струму 380В, так і високовольтна мережа 6,3 чи 10 кВ. На рис. 17 це показано штриховою лінією.

Для резервування ліній електропередачі передбачається автономна дизельна електростанція (ДЕС). Якщо апаратура центру живиться тільки від мережі 380 В, то резервна електростанція підключається до НРП. Якщо ж для живлення крім низької потрібна і висока напруга, то резервування ліній електропередачі здійснюється електростанцією, що має високовольтні генератори змінного струму. Кожен передавач обладнаний системою

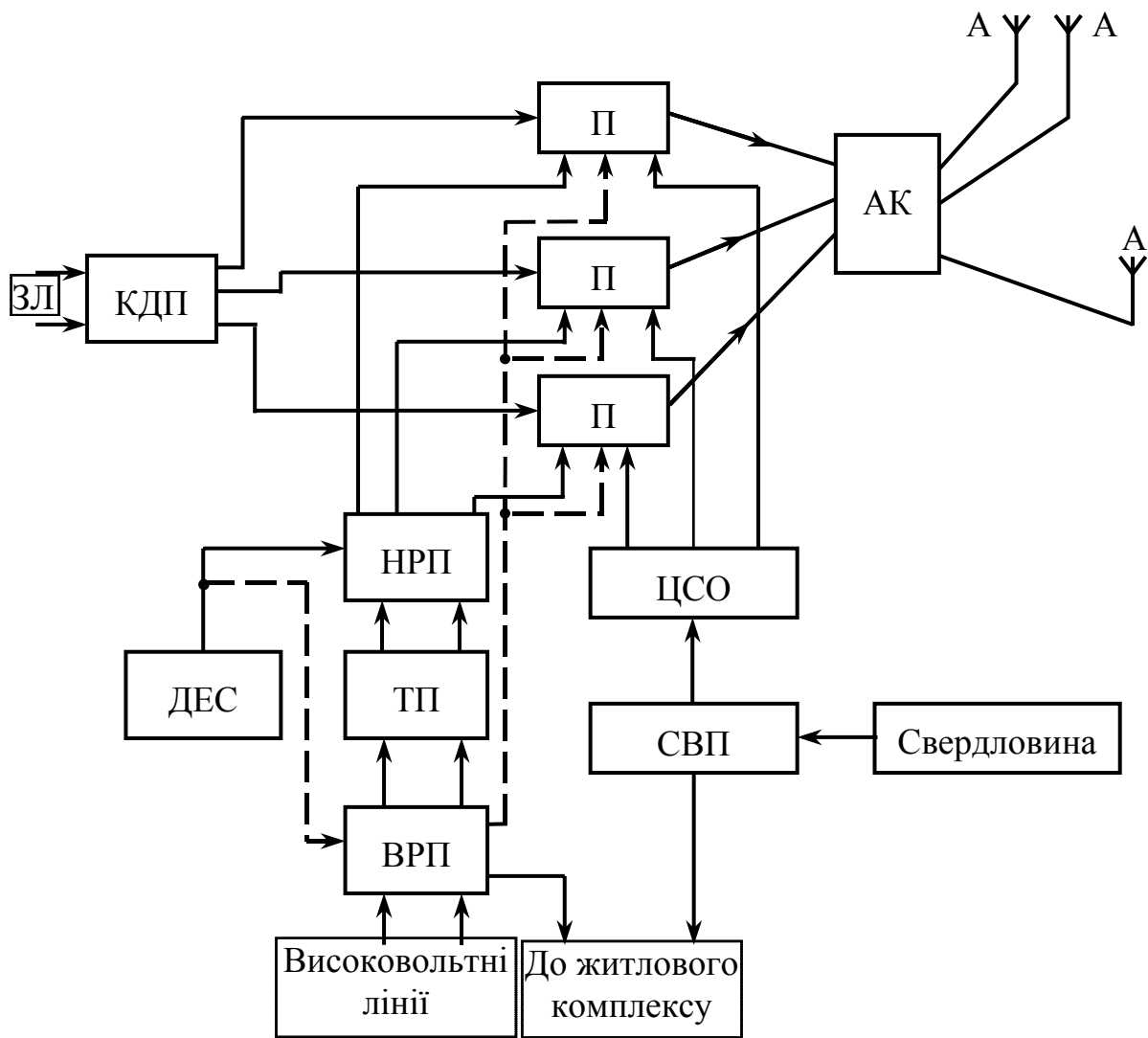


Рисунок 17 – Структурна схема радіомовної станції
 ЗЛ – з'єднувальна лінія; КДП – диспетчерський пункт; ДЕС – дизельна електростанція; Н(В)РП – низько (високо)вольтний розподільний пристрій; ТП – трансформаторна підстанція; П – передавач; ЦСО – централізована система охолодження; СВП – система водопостачання; АК – антенний комутатор.

повітряного або водяного охолодження. Система водяного охолодження часто виконується централізованою (ЦСО) для всіх передавачів. Необхідна для охолодження вода надходить від системи водопостачання (СВП), що містить не менше двох артезіанських свердловин, підземні резервуари води і насосні установки.

Для забезпечення нормальної роботи устаткування на радіомовній станції передбачається штат експлуатаційного персоналу, штат ремонтних служб, а також штат різних допоміжних служб (складського господарства, транспорту, ремонту будинків тощо).

Експлуатаційний персонал складають чергові оператори змін генераторного залу, в якому встановлені передавачі, а також контрольно-

диспетчерського пункту, де розміщується апаратура з'єднувальних ліній, комутації і контрольно-вимірвальна апаратура. До експлуатаційного персоналу відносять також чергових телефонної станції, резервної електростанції.

Зі штату ремонтної служби на великих радіоцентрах утворюється кілька груп, за якими закріплюється однорідне за характером устаткування: за групою профілактичних оглядів і ремонту — передавачі, за групою зв'язку — з'єднувальні лінії, апаратура телефонного зв'язку, низькочастотні підсилювачі та комутатори, за групою енергетиків — система електроживлення (трансформаторна підстанція, розподільні пристрої, мережа освітлення, потужні трансформатори живлення, що входять до складу передавачів); за групою сантехників — системи охолодження передавачів і водопостачання, за групою антеннощоголових споруджень — антени, фідерні лінії, антенні комутатори.

На кожному радіоцентрі є лабораторія періодичної перевірки і регулювання основних параметрів радіостанції. Її працівники визначають діаграми спрямованості антен, роблять інші складні виміри, беруть участь у реконструкції станції.

Виготовлення різних деталей при ремонтах і модернізації устаткування здійснюється працівниками майстерень, що оснащені металообробними верстатами, а також необхідним комплектом інструменту.

Для забезпечення господарської діяльності центру створюється складське й автотранспортне господарство.

У невеликих радіомовних станціях деякі з названих груп поєднуються. Наприклад, замість груп профілактичних оглядів і ремонту, зв'язку й енергетиків створюється одна група.

Радіостанції найчастіше розташовуються за містом, тому біля них будують житловий комплекс.

3.3 Особливості роботи радіомовних передавачів

Радіомовні передавачі є спеціалізованими пристроями і використовуються, в основному, тільки для радіомовлення. Протягом доби є відрізки часу, наприклад, ніч, коли необхідність у мовних передачах скорочується. У цей час передавачі діапазонів кілометрових, гектометрових хвиль не працюють, але перерви в роботі використовується для профілактичного огляду передавача і поточного ремонту. Передавачі діапазону декаметрових хвиль використовують для обслуговування різних районів земної кулі, передають в оренду для інших видів роботи, наприклад, для телеграфного зв'язку, передачі метеорологічної інформації і т.д. Це вимагає від обслуговуючого персоналу знання не тільки основ радіомовлення, але й особливостей радіозв'язку.

Передавачам необхідно працювати не в години найкращого поширення радіохвиль, а в години, найбільш зручні для слухачів, що часто не

збігається. Забезпечити гарний прийом можна, якщо використовувати передавачі підвищеної потужності. Тому досить актуальною є задача підвищення ККД передавача.

Для надійного доведення інформації до слухачів у заданій зоні часто застосовують одночасну передачу однієї і тієї ж програми на декількох частотах. При цьому слухач може вибрати ту частоту настройки радіоприймача, яка дозволяє приймати сигнал радіостанції з найкращою якістю.

3.4 Синхронне радіомовлення

В режимі синхронного радіомовлення територіально рознесені радіомовні станції передають одну і ту ж програму. Використовують два типи синхронних мереж мовлення: одно- і багатохвильові.

В однохвильових мережах усі передавачі працюють в одному частотному каналі, несучі всіх передавачів однакові. Однохвильові мережі бувають однорідні або комбіновані. Однорідні мережі складаються із передавачів однакової потужності і використовуються для мовлення в районах з великою щільністю населення. Комбіновані мережі складаються з потужної радіостанції і декількох станцій невеликої потужності, які розміщуються в великих містах і призначені для підвищення рівня поля з метою послаблення впливу промислових завод на якість прийому.

У однохвильових мереж синхронного радіомовлення є недолік – це наявність зони спотворень. На рис. 18 точками А і В указані місця розташування двох передавачів, які утворюють напруженості поля E_1 і E_2 (показано штриховими лініями). В результаті інтерференції полів цих передавачів результувальне поле E має складну картину (суцільна лінія).

Будемо вважати, що передавачі синхронізовані за частотою та фазою, тобто $\omega_1 = \omega_2 = \omega$, $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$. Тоді миттєве значення напруги з частотою несучої на вході приймача можна визначити додаванням напруг першої і другої станції:

$$U_{ex} = U_1 \cos \omega t + U_2 \cos(\omega t - \varphi) = U_{ex} \cos(\omega t + \psi),$$

де φ - кут зсуву фази, обумовлений різними відстанями приймача від передавачів, $\varphi = \frac{\omega}{c}(r_2 - r_1)$;

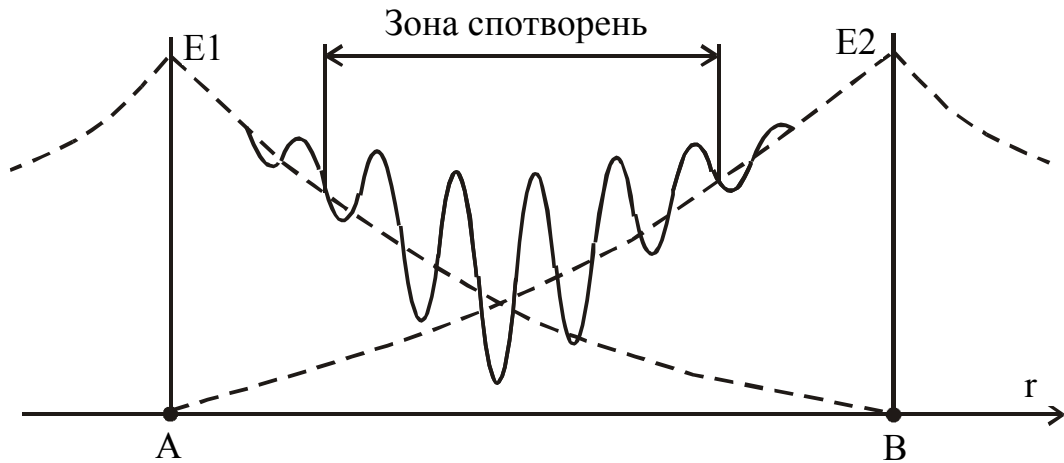
c - швидкість світла.

Амплітуда і фаза результувального коливання:

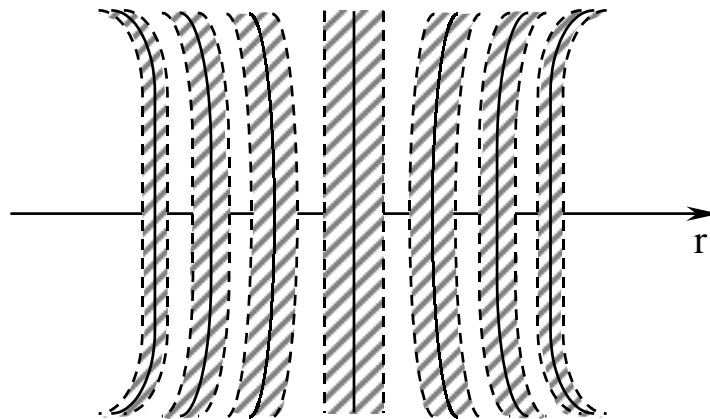
$$U_{ex} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos \varphi} = U_1 \sqrt{1 + B^2 + 2B \cos \varphi},$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{B \sin \varphi}{1 + B \cos \varphi},$$

де $B = U_2/U_1$.



а)



б)

Рисунок 18 – Поява зони спотворень, як результат інтерференції полів двох передавачів

Якщо прийняти, що приймач знаходиться в зоні, де амплітуди напруг приблизно однакові, тобто $U_1 \approx U_2$, то

$$U_{\text{вх}} = U_1 \sqrt{2(1 + \cos \varphi)} = 2U_1 \cos \frac{\varphi}{2}.$$

При переміщенні приймача на відстань Δr амплітуда результувальної напруги на його вході при умові, що $r_1 \approx r_2$, буде

$$U_{\text{вх}} = 2U_1 \cos \frac{\omega[(r_2 + \Delta r) - (r_1 - \Delta r)]}{2c} = 2U_1 \cos \frac{2\pi}{\lambda} \Delta r,$$

де λ - довжина хвилі.

Як бачимо, в просторі між станціями в результаті інтерференції утворюються стоячі хвилі. Вузли і пучності стоячих хвиль повторюються через інтервали, які дорівнюють $\lambda/2$. В просторі, де $B \approx 1$, напруженість

поля в вузлах дорівнює нулю. При зміні B , тобто при наближенні приймача до того чи іншого передавача, коливання напруженості поля зменшуються. В максимумах напруженість поля дорівнює сумі напруженостей E_1 і E_2 , а в мінімумах – їх різниці. В місцях мінімумів значення сигналу на вході приймача може бути недостатнім для якісного прийому. При передачі станціями модульованих коливань інтерференційна картина ускладнюється за рахунок появи стоячих хвиль в результаті інтерференції не тільки випромінювань з частотою несучої, а й бічних спектру коливань, що передаються. Інтерференція полів приводить не тільки до зміни напруженості поля, але і до спотворень прийому із-за того, що максимумами і мінімумами результувальних полів для несучої і бічних в просторі не збігаються. Область, в якій помітні спотворення, має назву зони спотворень (рис. 16). Спотворення помітні в вузьких смугах, які розташовані вздовж гіпербол мінімуму напруженості поля. Ближче до границь зони спотворень ці смуги стають все більш вузькими і зовсім зникають.

Для зменшення спотворень необхідно обов'язково використовувати в передавачах фазову синхронізацію напруг з частотою несучої. У цьому режимі смуги гарного прийому займають до 70% зони спотворень [1].

В багатохвильових синхронних мережах зони обслуговування станцій, які працюють на різних частотах, розташовують таким чином, щоб зона спотворень передавачів, що працюють на одній частоті, обслуговувалась передавачем з іншою частотою (рис. 19). В Україні утворено систему синхронного мовлення, яка побудована за принципом складної багатохвильової мережі. В ній задіяно біля 30 радіомовних станцій [2].

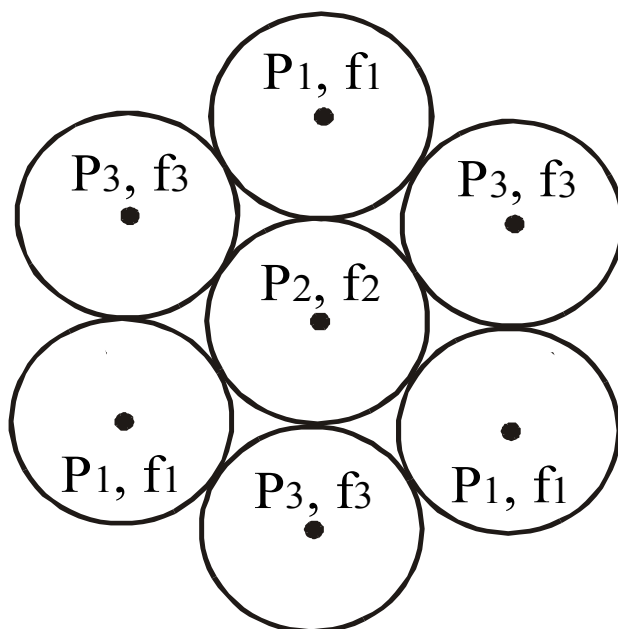


Рисунок 19 – Багатохвильова мережа синхронного мовлення

Синхронне мовлення має такі переваги:

- зони обслуговування станцій, що утворюють синхронну мережу,

перехрещуються, тому результувальна зона обслуговування значно розширюється без збільшення кількості частотних каналів;

- напруженість поля в мережах синхронного мовлення слабо змінюються в межах зони обслуговування;

- значно менша сумарна потужність передавачів в мережі в порівнянні з ситуацією, коли працює один потужний передавач;

- завдяки синхронній роботі декількох передавачів підвищується надійність мережі в цілому.

Контрольні запитання

1. Нарисуйте структурну схему передавача, поясніть, з чого він складається, як працює.

2. Назвіть основні показники радіомовлення передавачів.

3. Які різновиди частотної нестабільності передавачів вам відомі?

4. Що таке контрольна смуга частот передавача?

5. З якими вихідними потужностями працюють сучасні радіомовні передавачі різних частотних діапазонів?

6. Чому коефіцієнт гармонік передавача визначається при різних значеннях глибини модуляції?

7. Як побудовано радіомовну станцію, що робиться для забезпечення надійного електроживлення станції, чи є резервне електроживлення?

8. У яких підрозділах працюють робітники на радіомовній станції? Які особливості їх роботи?

9. Чим відрізняється робота радіомовних передавачів від передавачів зв'язку?

10. Що таке синхронне радіомовлення, які його переваги?

11. Чому при синхронному радіомовленні виникають зони спотворень, як зменшити їх площу?

12. Для чого використовують багатохвильові синхронні мережі радіомовних станцій?

4 СТЕРЕОФОНІЧНЕ РАДІОМОВЛЕННЯ

Стерефонічне радіомовлення можна організувати в будь-якому частотному діапазоні. Але на сьогодні для цього використовують метрові хвилі, де можна забезпечити якісні параметри системи радіомовлення. Для високоякісної передачі двох окремих каналів, можна використовувати один радіопередавач, в якому здійснюється частотна модуляція спеціально сформованим сигналом.

4.1 Вимоги до системи стереомовлення

Сформулюємо основні вимоги до системи стереофонічного мовлення.

1. Система повинна бути сумісною з системою монофонічного мовлення. Треба реалізувати пряму сумісність, тобто прийом на монорадіоприймач стереофонічних програм без погіршення якості. Такий приймач приймає стереопрограму як звичайну монофонічну. При зворотній сумісності стереорадіоприймачі повинні приймати монофонічні програми без будь-якої втрати моноскладових.

2. Система стереомовлення повинна забезпечувати достатнє перехідне послаблення між каналами. Дослідження показують, що залежність помітності спотворень ПС від рівня перехідного послаблення П експоненціальна (рис. 20). За мінімально можливий рівень перехідного послаблення взяте значення 25дБ, при якому 20% слухачів помічають спотворення [5].

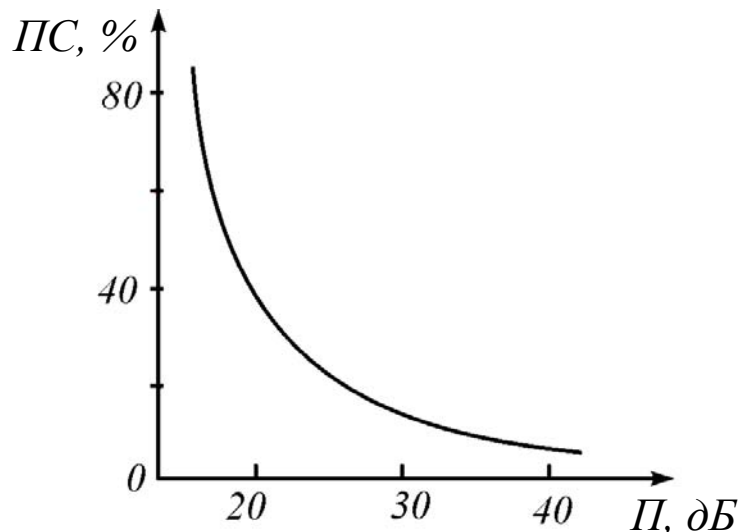


Рисунок 20 – Вплив рівня перехідного послаблення між стереоканалами на помітність спотворень

3. Система повинна забезпечувати якісні показники відтворення звуку до 5кГц. Тому саме в цьому діапазоні перехідне послаблення системи радіомовлення повинно бути максимальним. Треба забезпечити мінімум розбалансу рівнів сигналів в каналах, мінімум розбалансу фазових характеристик каналів. При відчутному розбалансі слухачами буде спостерігатись зміна положення уявних джерел звуку. Крім того, при значному розбалансі фазових характеристик слухачам важко локалізувати окремі джерела звуку, буде погіршуватись пряма сумісність. Гранично можливий розбаланс фазових характеристик $\Delta\varphi$ наведено на рис. 21. Мінімум фазового зсуву між каналами, який не перевищує 60° , повинен бути в діапазоні приблизно від 100 до 6000 Гц [5].

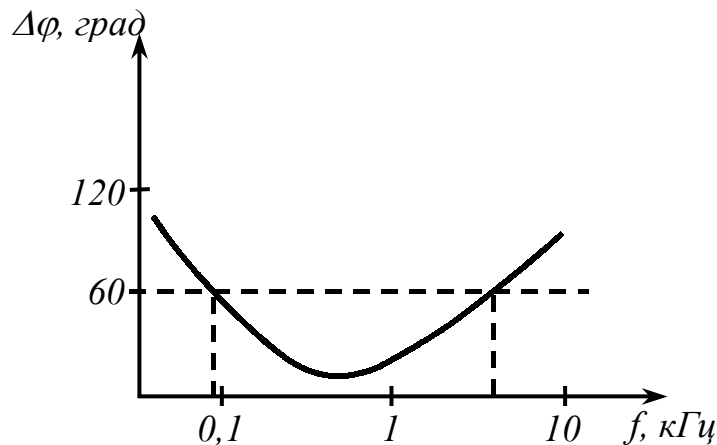


Рисунок 21 – Гранично можливий розбаланс фазових характеристик стереоканалів

4. Частотна смуга радіоканалу при стереопередачі не повинна відчутно збільшуватись в порівнянні зі смугою частот, яку займає монофонічна передача. Якщо ця умова не буде виконуватись, зменшується зона обслуговування передавача, погіршується пряма сумісність.

5. Стереовузли, що додатково встановлюються, не повинні суттєво впливати на вартість передавача і приймача.

4.2 Можливість використання полярно-модульованого коливання для передачі двох незалежних сигналів

Полярно-модульоване коливання (ПМК) – це такий сигнал, верхня обвідна якого повторює за формою низькочастотний сигнал лівого каналу, а нижня обвідна повторює за формою сигнал правого каналу. На рис. 22,а наведено вигляд ПМК для випадку, коли модульовальні сигнали лівого і правого каналу являють собою синусоїдальні напруги, причому частота $\Omega_{\text{Л}}$ сигналу лівого каналу вдвічі більша частоти $\Omega_{\text{П}}$ сигналу правого каналу.

Відновити із ПМК в приймачі низькочастотні напруги лівого і правого каналів можливо за допомогою полярного детектора (рис. 22,б). На виході детектора на діоді VD1 виділяється напруга лівого каналу, на виході детектора на діоді VD2 – напруга правого каналу.

Такий спосіб детектування в стереоприймачах майже не використовується. Полярний детектор працює зі значними нелінійними спотвореннями. Це пояснюється тим, що процес детектування ПМК має відмінність від детектування АМ коливання. По-перше, піднесуча частота незначно відрізняється від верхніх модульовальних частот, а по-друге – кут відсічки при детектуванні сигналу одного каналу залежить від миттєвих значень модульовального сигналу іншого каналу.

Процес формування ПМК також може бути не дуже складним. На рис. 23 зображена структурна схема формування ПМК першого типу. Ни-

зв'язчастотні сигнали лівого і правого каналів поступають на входи амплітудних модуляторів (М), які працюють від спільного генератора піднесучої (Г). Сформовані АМ коливання проходять через обмежувачі (О) додатних і від'ємних напруг. Вихідні напруги обмежувачів додаються в суматорі (Σ), на виході якого виділяється ПМК.

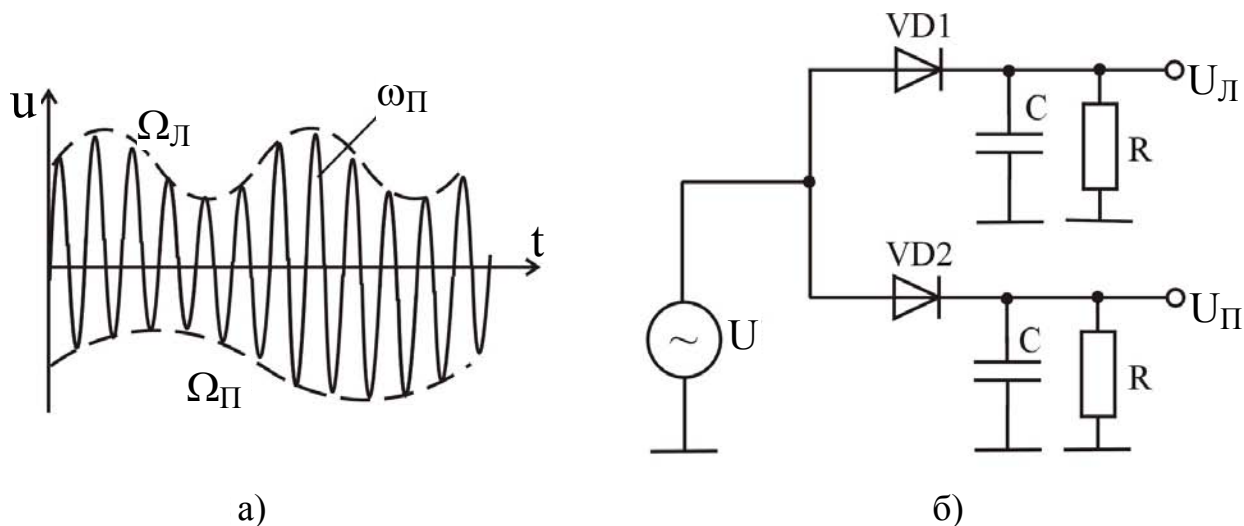


Рисунок 22 – Вигляд полярно-модульованого коливання та схема детектора

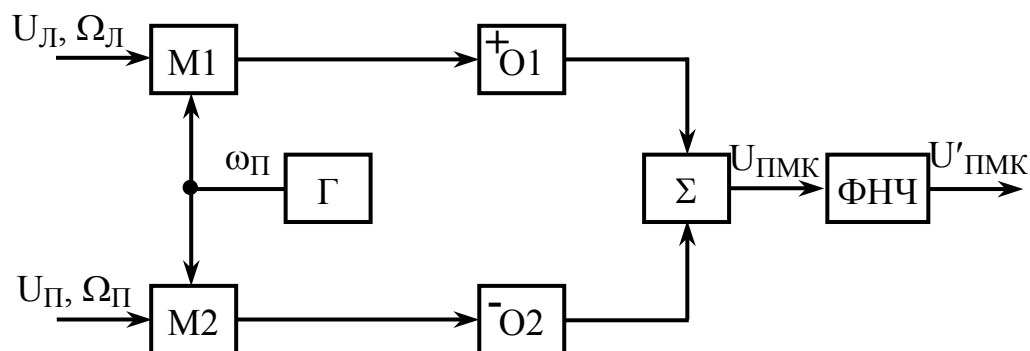


Рисунок 23 – Формувач ПМК першого типу
 М – амплітудний модулятор; Г – генератор піднесучої;
 О – амплітудний обмежувач

Знайдемо спектр сформованої напруги. Аналітичний вираз ПМК першого типу:

$$u_{пмк} = \begin{cases} U(1 + m_L \sin \Omega_L t) \sin \omega_n t; & 0 \leq \omega_n t \leq \pi; \\ -U(1 - m_n \sin \Omega_n t) \sin \omega_n t; & \pi < \omega_n t < 2\pi; \end{cases}$$

де m - коефіцієнти амплітудної модуляції.
 Після розкладання в ряд Фур'є отримаємо [6]

$$u_{nмк} = \frac{u_l + u_n}{\pi} + \frac{u_l - u_n}{2} \sin \omega_n t - \frac{2(u_l + u_n)}{\pi} \times \left(\frac{\cos 2\omega_n t}{1 \cdot 3} + \frac{\cos 4\omega_n t}{3 \cdot 5} + \frac{\cos 6\omega_n t}{5 \cdot 7} + \dots \right),$$

де $u_l + u_n = Um_l \sin \Omega_l t + Um_n \sin \Omega_n t$,

$$u_l - u_n = 2U + Um_l \sin \Omega_l t - Um_n \sin \Omega_n t.$$

Після фільтрації за допомогою ФНЧ низькочастотних складових і складових, які розташовані біля піднесучої, маємо

$$u'_{nмк} = \frac{u_l + u_n}{\pi} + \frac{u_l - u_n}{2} \sin \omega_n t.$$

У вираз входить сума і різниця сигналів лівого і правого каналів. За допомогою сумарно-різничевої матриці (рис. 24) можливе відновлення сигналів лівого і правого каналів.

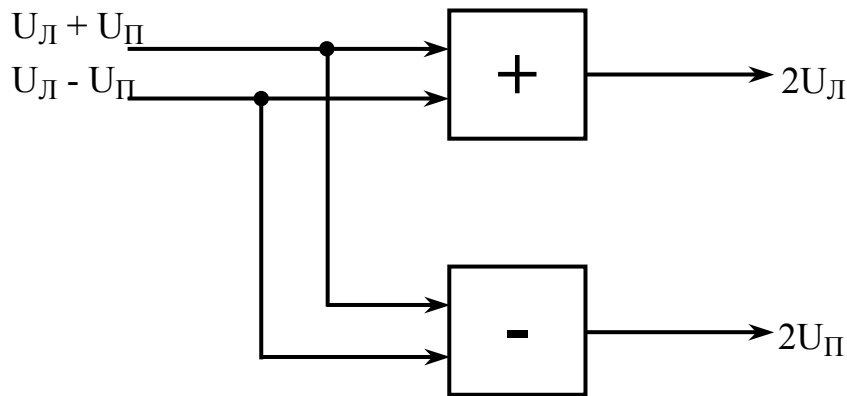


Рисунок 24 – Сумарно-різничева матриця

Таким чином, використовуючи полярний детектор на стороні приймача і формувач ПМК (рис. 23) з фільтром, що обмежує спектр на виході, на стороні передавача можна передавати два незалежних сигнали.

Нескінченність спектру ПМК першого типу приводить до зростання нелінійних спотворень відтворюємих сигналів лівого і правого каналів. На практиці ПМК першого типу не використовують. Уважно проаналізувавши вираз для $u'_{ПМК}$ можна запропонувати інший спосіб формування ПМК, який буде мати обмежений спектр. Структурна схема формувача ПМК другого типу наведена на рис. 25.

Сигнали лівого і правого каналів подаються на вхід сумарно-різничевої матриці. Сума двох сигналів $U_L + U_P$ являє собою тональну частину спектру ПМК. Амплітудний модулятор (М) формує за допомогою різниці сигналів $U_L - U_P$ надтональну частину спектру ПМК. Тональна і надтональна частини спектру додаються в суматорі (Σ). На другий вхід модулятора М подається напруга з частотою піднесучої ω_P від генератора

(Г). Такий спосіб формування ПМК застосовується в сучасних передавачах.

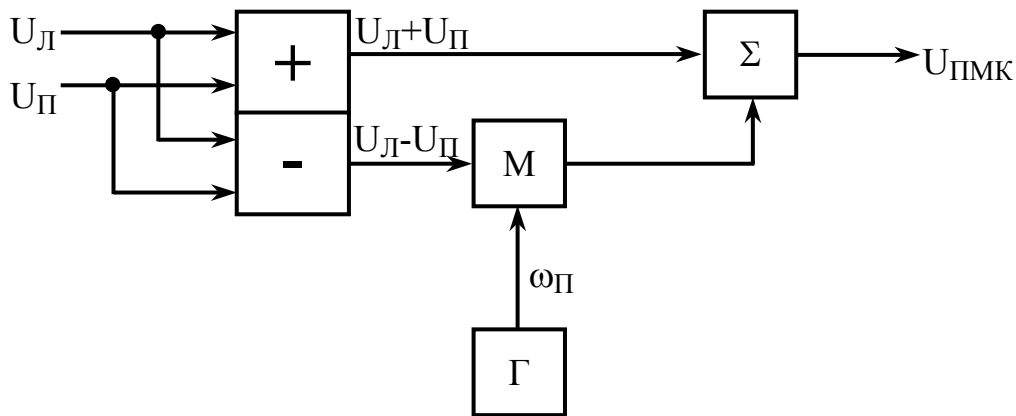


Рисунок 25 – Формувач ПМК другого типу
 М – амплітудний модулятор; Г – генератор піднесучої

4.3 Система стереомовлення з полярною модуляцією

У системі стереомовлення з полярною модуляцією (рис. 26), з метою підвищення ефективності роботи передавача, із ПМК формується комплексний стереосигнал (КСС), у якому рівень складової з частотою піднесучої послаблюється на 14 дБ (рис. 26, а). Цей сигнал подається на частотний модулятор (ЧМД) передавача. В приймачах після частотного детектора (ЧД) (рис. 26, б) встановлюється спеціальний вузол декодування КСС, який має назву стереодекодер (СД). Для нормальної роботи СД ПМК знову відновлюється із КСС.

Основні параметри системи такі [1]:

- смуга відтворюємих частот 30-15 000 Гц;
- частота піднесучої 31250 ± 2 Гц;
- послаблення складової з частотою піднесучої $14 \pm 0,2$ дБ;
- максимальний коефіцієнт амплітудної модуляції сигналом Л-П колювання з частотою піднесучої $m_{AM,MAX} = 0,8$;
- максимальна девіація частоти 50 кГц, у тому числі за рахунок піднесучої – 10 кГц;
- стала часу передспотворень за звуковою частотою 50 мкс.

Формувач КСС із ПМК будується по схемі, наведеній на рис. 27.

Паралельний контур в схемі має резонанс на частоті піднесучої ω_P , його еквівалентна добротність нормується і дорівнює 100. Вона встановлюється за допомогою резистора шунта $R_{Ш}$. На частоті резонансу опір контуру зростає і коефіцієнт передачі подільника K_P , що утворився, зменшується на 14 дБ, або в 5 разів:

$$K_P = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_e},$$

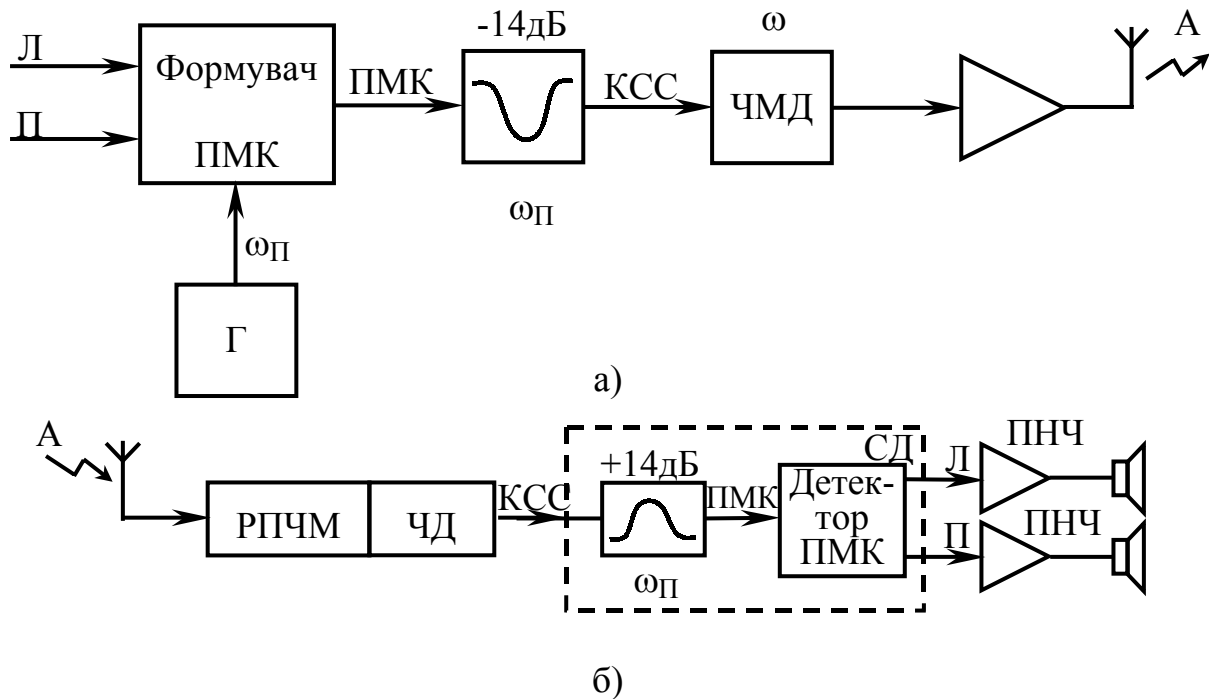


Рисунок 26 – Система стереомовлення з полярною модуляцією
 Г – генератор піднесучої, ЧМД – частотний демодулятор,
 РПЧМ – високочастотний тракт радіоприймача ЧМ-сигналу,
 ЧД – частотний детектор, СД – стереодекодер; ПНЧ –
 підсилювач низької частоти

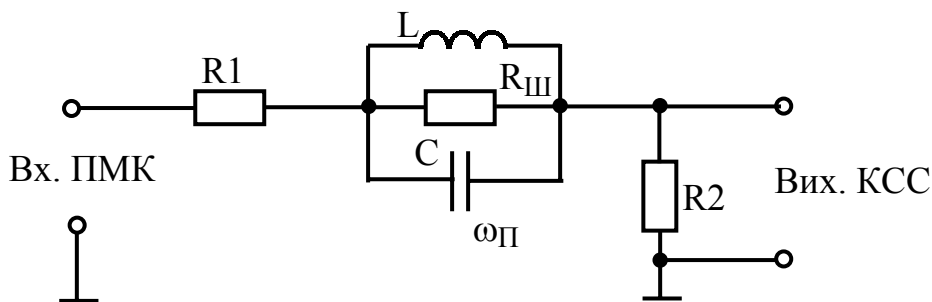


Рисунок 27 – Формувач КСС

де R_e – еквівалентний опір паралельного контуру з урахуванням резистора R_{III} . У схемі є частотно залежні реактивні елементи L , C , тому ті складові надтональної частини спектру, що знаходяться біля піднесучої, додатково послаблюються. Це відображено на рис. 28, де порівнюються спектри ПМК і КСС системи стереомовлення з полярною модуляцією. Максимальна частота як спектру ПМК, так і КСС становить 46,25 кГц. Вільна смужка частот між тональною та надтональною частинами спектру невелика і дорівнює:

$$(31,25 - 15) - 15 = 1,25 \text{ (кГц)}.$$

Це означає, що на спектри звукових сигналів Л і П накладаються жорсткі вимоги. Вони не повинні виходити за межі 15 кГц. В іншому випадку спектри тональної і надтональної частин почнуть перекриватися, на виході стереодекодера з'являться додаткові спотворення.

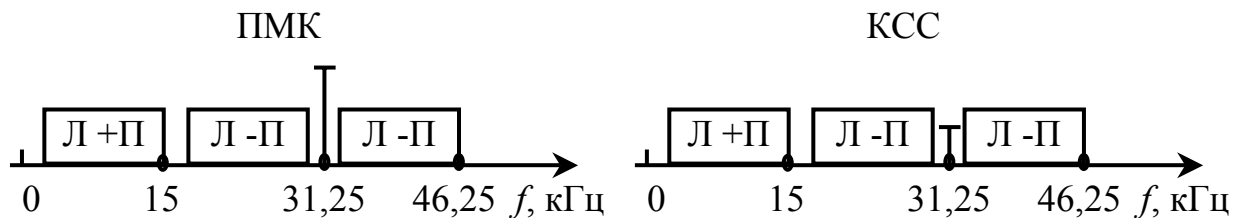


Рисунок 28 – Спектри ПМК і КСС

Обов'язковою умовою нормальної роботи системи є точне відновлення в прийमाчах ПМК із КСС. Зворотне перетворення можна зробити, встановивши паралельний контур з еквівалентною добротністю 100 в поперечну гілку подільника (рис. 29).

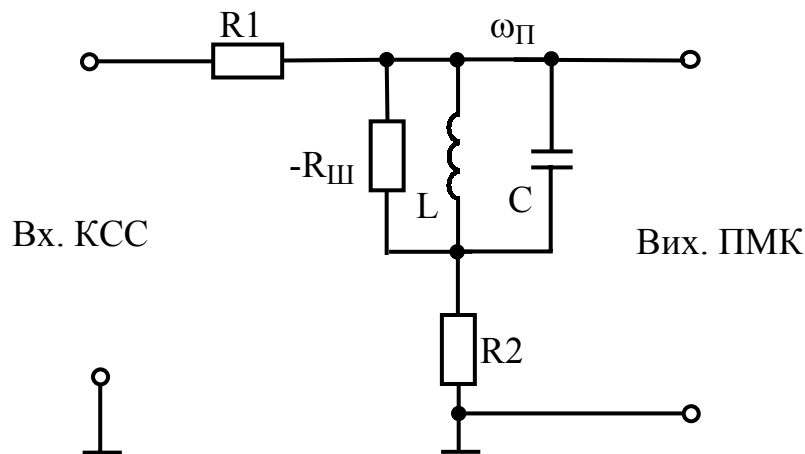


Рисунок 29 – Схема відновлення ПМК із КСС

Особливістю схеми є те, що в ній використовується помножувач добротності. Він вносить в контур від'ємний опір $-R_{ш}$, тим самим його еквівалентна добротність стає більшою, ніж конструктивна. Справа у тому, що на частоті 31,25 кГц зробити дешевий контур з конструктивною добротністю більше 100 достатньо важко. Помножувач добротності уявляє собою резонансний підсилювач з додатним зворотним зв'язком. Потрібне значення еквівалентної добротності встановлюється шляхом зміни глибини зворотного зв'язку або крутості активного елемента.

В Україні створена діюча мережа стереомовлення з полярною модуляцією. Передавачі цієї мережі працюють у діапазоні УКХ1. У діапазоні УКХ2 зараз активно розвивається мережа стереомовлення з пілот-тоном.

4.4 Система стереомовлення з пілот-тоном

У процесі формування КСС в системі з пілот-тоном не частково, а значно послаблюється складова з частотою піднесучої. Замість неї в КСС додається пілот-тон, який використовується в радіоприймачах для відновлення ПМК.

Структурна схема системи стереомовлення з пілот-тоном наведена на рис. 30.

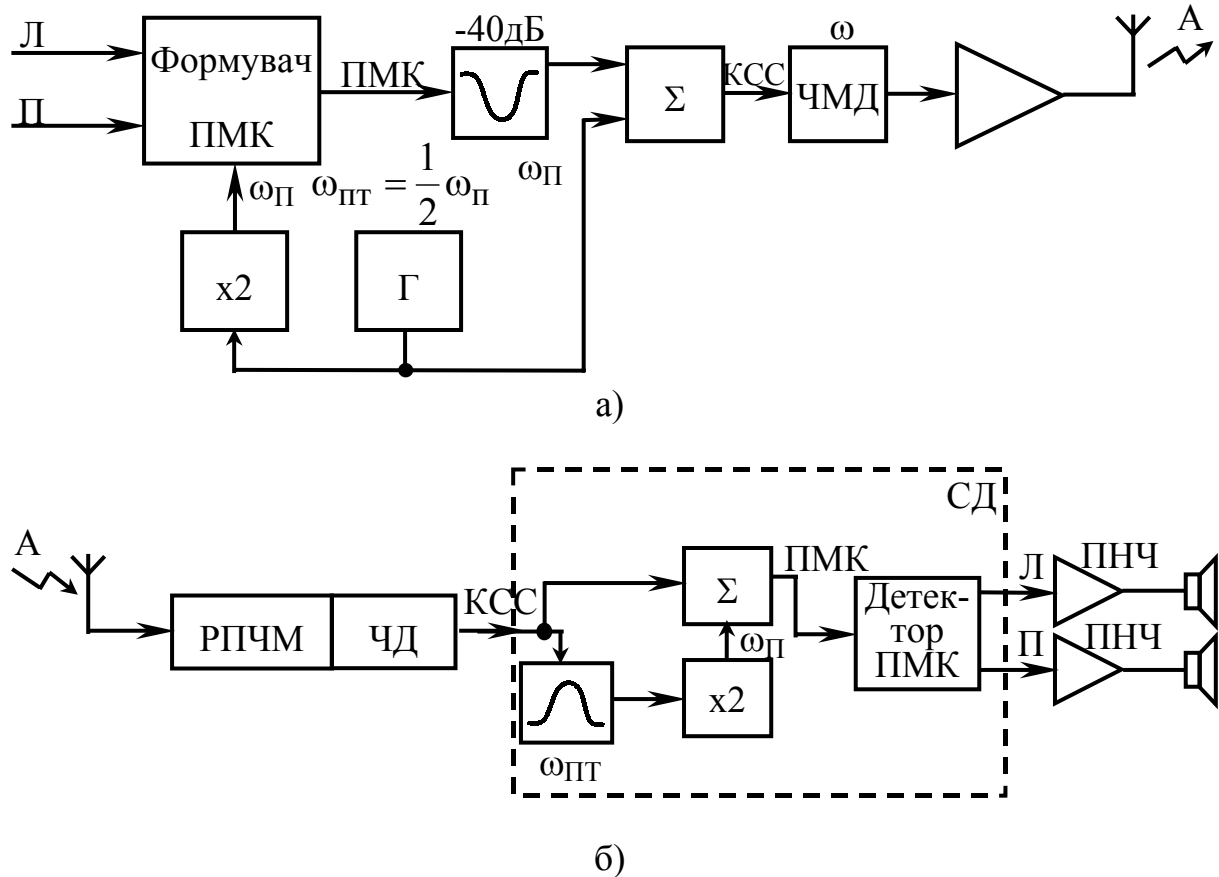


Рисунок 30 – Система стереомовлення з пілот-тоном
 $x2$ – помножувач частоти на 2, Γ – генератор пілот-тону;
 Σ - суматор, ЧМД – частотний модулятор, РПЧМ –
 високочастотний тракт радіоприймача ЧМ-сигналу, ЧД –
 частотний детектор, СД – стереодекодер, ПНЧ – підсилувач
 низької частоти

У передавачі напруга надходить на вузькосмуговий режекторний фільтр, який послаблює складову з частотою піднесучої. Забрати цю складову із спектру ПМК можна й іншим шляхом – застосувавши у формувачі замість амплітудного балансний модулятор. У приймачі після частотного детектора вузькосмуговий фільтр виділяє пілот-тон, він підсилюється і надходить до помножувача частоти на 2, який відновлює піднесучу.

Основні параметри системи [1]:

- частота пілот-тону 19000 ± 2 Гц;
- частота піднесучої 38000 Гц;
- послаблення складової з частотою піднесучої – 40 дБ або краще;
- максимальна девіація частоти 75 кГц (за рахунок пілот-тону 7,5 %).

Системи стереомовлення з полярною модуляцією і з пілот-тоном практично рівнозначні, тобто забезпечують однакову якість відтворення стереосигналів.

4.5 Способи детектування ПМК

Існують такі основні способи детектування ПМК:

- а) за допомогою полярного детектора (рис. 22, б);
- б) сумарно-різницевий спосіб (рис. 31).

У стереодекодерах з такими детекторами обов'язково відновлюється ПМК із КСС. Складові тональної частини Л+П спектру ПМК через фільтр ФНЧ з граничною частотою 15 кГц безпосередньо надходять до сумарно-різницевої матриці.

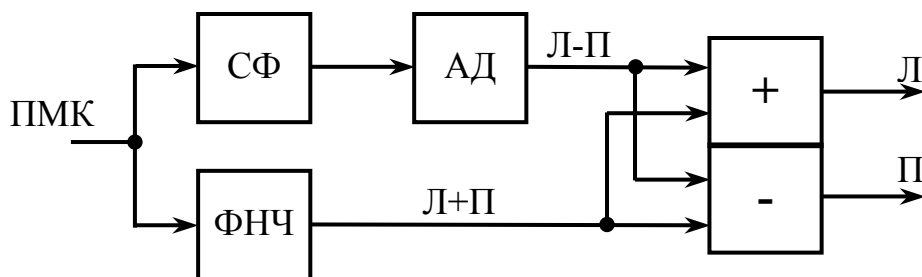


Рисунок 31 – Сумарно-різницевий детектор
СФ – смуговий фільтр, ФНЧ – фільтр нижніх частот,
АД – амплітудний детектор

Сигнал Л-П з'являється на виході амплітудного детектора АД, який підключено до входу через смуговий фільтр СФ $16,25 \div 46,25$ кГц. Для зменшення нелінійних спотворень вихідних сигналів Л, П застосовують двотактний амплітудний детектор (рис. 32).

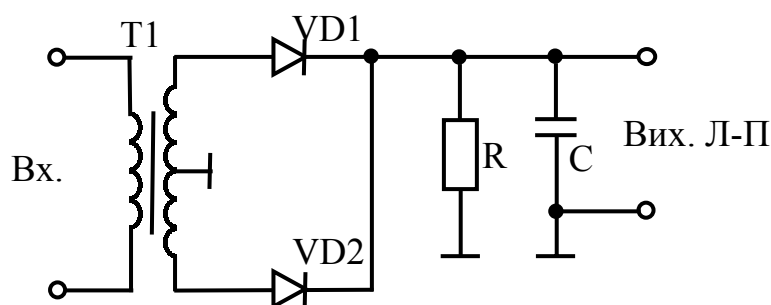


Рисунок 32 – Двотактний амплітудний детектор

Пульсації на виході такого детектора мають подвійну частоту піднесучої, тому краще відфільтровуються.

Стереодекодери серійного виробництва на основі такого детектора ПМК вбудовувались у багато моделей радіоприймачів [5], мали непогані параметри (коефіцієнт гармонік стереосигналів 1-2 %, коефіцієнт розділення між каналами не менше 30 дБ).

Недоліком такого способу детектування ПМК є суттєвий вплив різниці амплітудних і фазових характеристик між трактами обробки на спотворення в каналах і розділення між ними.

Кращі показники забезпечує детектування ПМК з часовим розділенням каналів (рис. 33).

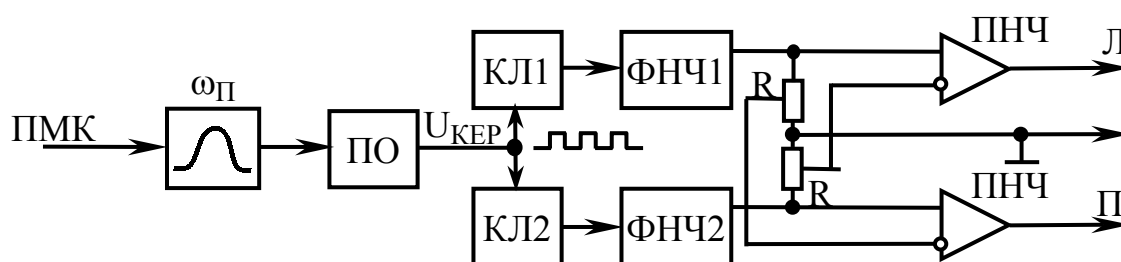


Рисунок 33 – Детектор ПМК з часовим розділенням каналів
 ПО – підсилювач-обмежувач, КЛ – ключ, ФНЧ – фільтр нижніх частот, ПНЧ – підсилювач низької частоти

Напруга, яка збігається за формою з обвідною додатних півхвиль ПМК, виділяється на виході ФНЧ1. На вхід цього фільтра електронний ключ КЛ1 пропускає тільки додатні півхвилі. Відповідно, ключ КЛ2 відкривається на час появи від'ємних півхвиль ПМК і на виході ФНЧ2 з'являється напруга, яка збігається за формою з обвідною цих півхвиль. Для синхронізації роботи ключів формується напруга керування $U_{КЕР}$ прямокутної форми: вузькосмуговий фільтр виділяє із ПМК напругу з частотою піднесучої і підсилювач-обмежувач ПО доводить її до потрібного рівня та форми. Коефіцієнт розділення між каналами збільшується, якщо частково в лівий канал подати у протифазі напругу правого каналу і навпаки. Це реалізується за допомогою подільників, що утворюються підстроювальними резисторами R .

Показники детектування ПМК можна ще покращити, якщо напругу $U_{КЕР}$ формувати за допомогою генератора Γ , охопленого петлею ФАПЧ (рис. 34).

Стереодекодери з таким детектором ПМК встановлюються у високоякісні тюнери [5]. Вони майже не спотворюють сигнали, коефіцієнт гармонік яких не перевищує $(0,5 \div 1) \%$.

Недоліком застосування всіх розглянутих детекторів є необхідність відновлювати ПМК із КСС. Нестабільність вузла відновлення у часі, неточне відновлення погіршують якість стереосигналів. Розроблені стереоде-

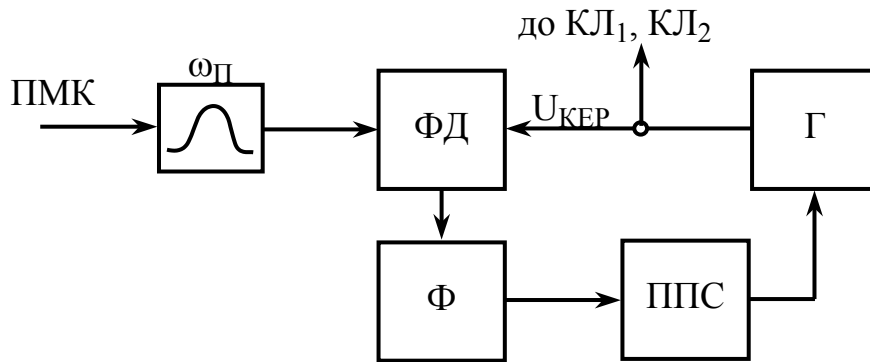


Рисунок 34 – Генератор з ФАПЧ для формування напруги керування
 ФД – фазовий детектор, Ф – інерційний фільтр нижніх частот,
 ППС – підсилювач постійного струму, Г – генератор

кодери, в яких вузол відновлення ПМК із КСС відсутній. Це стало можливим завдяки застосуванню аналогових помножувачів. На їх основі будуються синхронний детектор і фазовий детектор петлі ФАПЧ опорного генератора з частотою піднесучої. Структурна схема сучасного стереодекодера, який детектує безпосередньо КСС, наведена на рис. 35.

Помножувач АП, разом з ФНЧ, утворюють синхронний детектор, який детектує сигнал Л-П. У схемі відсутній смуговий фільтр надтональних частот на вході синхронного детектора, що пояснюється високою лінійністю помножувача. Фазовий детектор петлі ФАПЧ зібрано на помножувачі АП і фільтрі Ф. Частота опорного генератора з точністю до фази дорівнює частоті піднесучої. Фазаобертач на 90° встановлено в схему для того, щоб звести майже до нуля керуючу напругу від підсилювача ППС у режимі синхронізації частоти генератора Г. Складова Л+П тональної частини спектру КСС напряму через ФНЧ надходить до сумарно-різницевої матриці. Частотний коректор К піднімає рівень низькочастотних складових сигналу Л-П, які були послаблені формувачем КСС передавача. Схема коректора та його АЧХ зображені на рис. 36.

За подібною структурною схемою (рис. 35) будуються сучасні інтегральні стереодекодери. Як приклад, можна навести стереодекодери на інтегральних мікросхемах 174 серії.

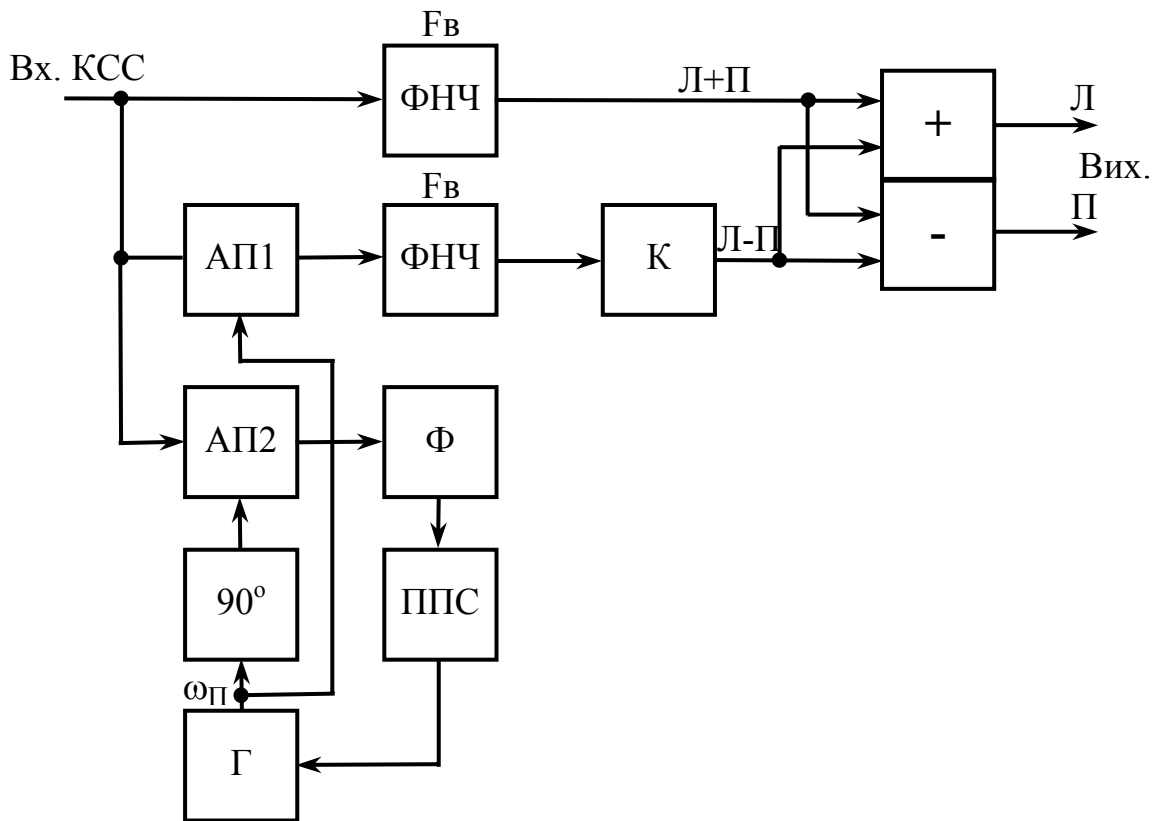
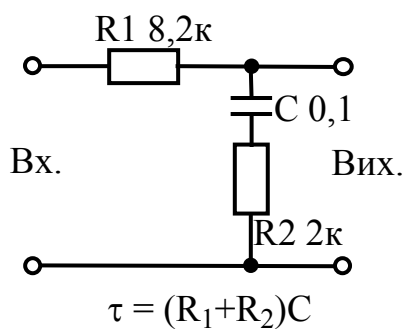
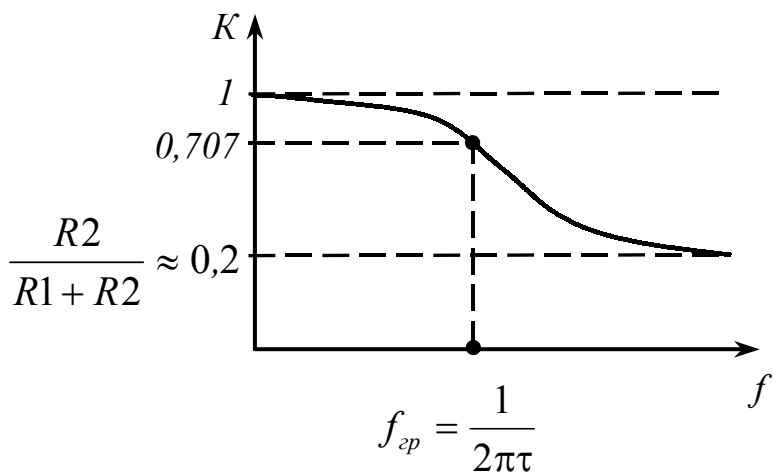


Рисунок 35 – Стереодекoder на основі аналогових помножувачів сигналів

АП – аналоговий помножувач сигналів, 90°-фазообертач, Г – генератор, ФНЧ – фільтр нижніх частот, Ф – інерційний фільтр петлі ФАПЧ, ППС – підсилювач постійного струму, К – частотний коректор



а)



б)

Рисунок 36 – Схема (а) та АЧХ (б) частотного коректора

4.6 Особливості стереорадіоприймача

Виділимо декілька відмінностей, які характерні для високочастотних і низькочастотних вузлів стереоприймачів, що працюють в діапазоні УКХ.

1. Завдяки тому, що спектр ПМК або КСС ширше спектру моносигналу, смуга пропускання ВЧ-тракту у стереоприймача повинна бути більше, ніж у моноприймача. Це означає, що при інших рівних умовах (однакові електричні схеми, елементна база і т. і.) стереоприймач має більший рівень власних шумів і гіршу чутливість. Тому стереоприймачі слід підключати до якісних антен, використовувати в них сучасні малошумові транзистори та інтегральні мікросхеми. Перші високочастотні двозатворні польові транзистори в преселекторах і змішувачах з'явилися свого часу саме у стереоприймачах.

2. У [6] запропоновано формулу для визначення ширини спектру частотномодульованого напругою КСС коливання, за межами якої енергія складових не перевищує 1 % від середньої потужності випромінювання

$$\Delta f \approx 2 \left(\Delta f_{\max} + \sqrt[3]{\Delta f_{\max} \cdot F_B^2} \right),$$

де Δf_{\max} – максимальна девіація частоти, F_B – максимальна частота модуляції.

Підставляючи $\Delta f_{\max} = 50$ кГц, $F_B = 15$ кГц для моно- і $F_B = 46,25$ кГц для стереомовлення з полярною модуляцією, отримуємо

$$\Delta f_{\text{моно}} = 145 \text{ кГц}, \Delta f_{\text{стерео}} = 194 \text{ кГц}.$$

У системі стереомовлення з пілот-тоном $F_B = 53$ кГц, тому

$$\Delta f_{\text{стерео}} = 270 \text{ кГц}.$$

Цими значеннями обмежені максимально можливі смуги пропускання ВЧ-тракту приймачів УКХ-діапазону.

Смугу пропускання ВЧ-тракту УКХ-приймача, як відомо, визначають частотно-вибірні вузли підсилювача проміжної частоти. Смуга пропускання преселектора не менше 1-2 МГц.

Подальше збільшення ширини смуги пропускання ВЧ-тракту призводить до погіршення вибірності приймача за сусіднім каналом.

3. Тракти стереоприймача повинні вносити в сигнал, що підсилюється, мінімальні нелінійні спотворення. Як приклад, розглянемо декілька можливих ситуацій, які виникають в нелінійних трактах, і призводять до появи паразитної спектральної складової з частотою 1,25 кГц у тональній частині спектру ПМК:

- гармоніка складової тональної частини спектру взаємодіє із складовою з частотою піднесучої

$$3 \cdot 10 \text{ кГц} - 31,25 \text{ кГц} = 1,25 \text{ кГц};$$

- взаємодія між складовими надтональної частини спектру

$$(31,25 \text{ кГц} - 10 \text{ кГц}) \cdot 2 - (31,25 \text{ кГц} + 10 \text{ кГц}) = 1,25 \text{ кГц};$$

- взаємодія між гармонікою складової тональної частини спектру і

складовою надтональної частини спектру

$$(31,25 \text{ кГц} - 10 \text{ кГц}) - 10 \text{ кГц} \cdot 2 = 1,25 \text{ кГц}.$$

Реальний вплив нелінійності тракту приймача набагато складніший і призводить до зростання нелінійних спотворень стереосигналів лівого та правого каналів, а також до погіршення розділення між ними. Зменшити нелінійність можна, застосувавши у ВЧ-тракті елементи з довгими лінійними амплітудними характеристиками: сучасні інтегральні підсилювачі диференціального типу, балансні змішувачі, польові транзистори.

4. У стереоприймачах необхідно ефективно послаблювати паразитну АМ у всьому діапазоні модулювальних частот. У моноприймачах нормується коефіцієнт послаблення паразитної АМ тільки на частоті модуляції 1000 Гц. Аналіз показує, що в стереоприймачах, щоб уникнути помітного зростання шумів, спотворень, необхідно забезпечити коефіцієнт послаблення паразитної АМ більше 30 дБ у смузі тональних частот і більше 14 дБ у смузі надтональних частот спектру ПМК [6]. Це означає, що в порівнянні з моноприймачем, до підсилювача-обмежувача стереоприймача жорсткіші вимоги щодо якості.

5. З метою зменшення нелінійних спотворень мовних сигналів у стереоприймачах повинна бути збільшена ширина лінійної частини S-кривої частотного детектора (рис. 37).

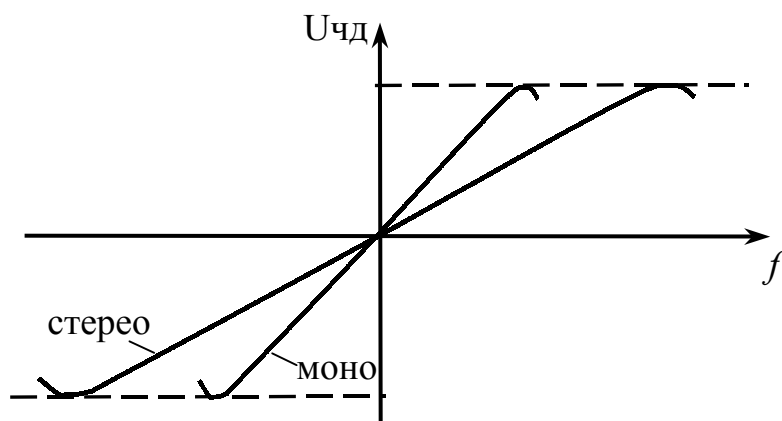


Рисунок 37 – S-криві частотних детекторів

Так, якщо припустити, що внесок у нелінійні спотворення дробового частотного детектора менше 1 %, відстань за частотою між максимумом і мінімумом S-кривої у стереоприймача буде не менше 400 кГц, в той час, як у моно – 270 кГц. У стереоприймачах вищого класу ширина лінійної частини S-кривої досягає 1 МГц [6].

6. Частотний детектор стереоприймача вносить лінійні спотворення у КСС на високочастотній ділянці спектру. Для їх усунення слід зменшувати сталу часу вихідного кола детектора, що не завжди вдається. Компенсує спотворення корегувальна ланка (рис. 38), яка встановлюється між виходом детектора та входом стереодекодера.

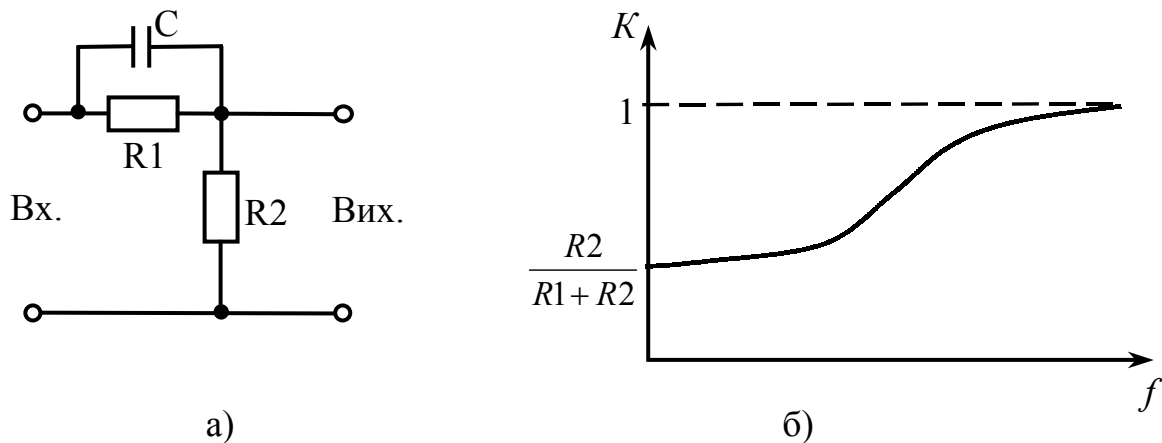


Рисунок 38 – Схема (а) та АЧХ (б) корегувальної ланки

7. Напругу на вході стереодекодера не бажано змінювати, наприклад, встановлювати в цьому місці регулятор гучності. Вхідна напруга повинна бути оптимальною, при якій забезпечуються найкращі показники стереодекодера.

8. У стереоприймачах додатково вводиться індикатор “Стерео”, який спрацьовує при наявності піднесучої в сигналі, що приймається. В дешевих моделях приймачів передбачено тільки автоматичне переключення режимів “моно-стерео”, а в інших – ще і ручне.

9. Підсилювачі низької частоти повинні мати верхню граничну частоту (16...20) кГц і не підсилювати складову з частотою піднесучої та складові надтональної частини спектру ПМК або КСС, які паразитним шляхом проникають на його вхід. Наслідком невиконання цієї умови є зростання інтермодуляційних спотворень сигналу на виході підсилювача або, навіть, його збудження.

4.7 Передача цифрових даних

За допомогою системи RDS (Radio Data System) в діапазоні УКХ здійснюється передача цифрових даних. Система дозволяє передавати текстову або графічну інформацію разом з аналоговим мовним сигналом. На якості звуковідтворення це не відбивається, слухач одержує додаткові можливості, які роблять користування приймачем зручним і комфортним.

Передача дискретної інформації вимагає порівняно великої ширини частотного спектра. На рис. 39 представлений спектр КСС при трансляції програм з пілотом-тоном за системою RDS. Ліворуч розташована смуга частот від 30 Гц до 15 кГц, що приймається звичайним монофонічним приймачем - сума сигналів правого і лівого звукових каналів (Л+П). Праворуч від неї — пілот-сигнал з частотою 19 кГц і дві смуги навколо подавленої складової з частотою піднесучої 38 кГц. Складові з частотою піднесучої модулюється різницеvim звуковим сигналом (Л-П).

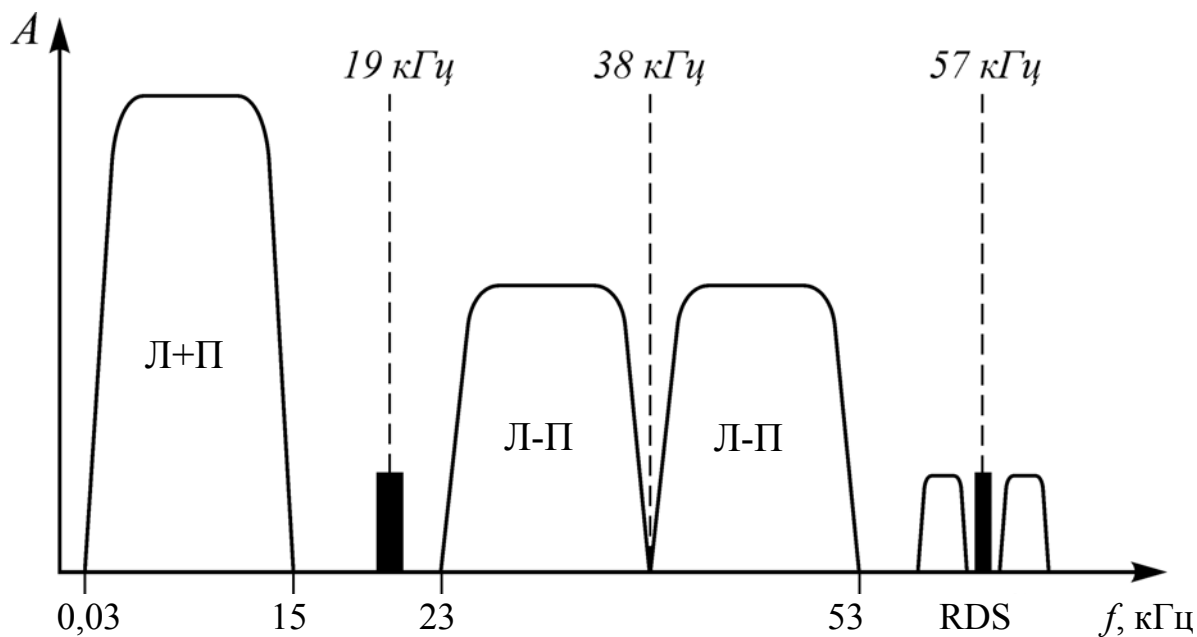


Рисунок 39 – Спектр КСС у системі RDS

У декодері стереоприймача сумарно-різницеві сигнали разом з відновленою складовою з частотою піднесучої 38 кГц застосовуються для формування звукових сигналів лівого і правого каналів.

Інформація про цифрові дані (рис. 39) розташовується поблизу частоти 57 кГц, що є третьою гармонікою пілот-сигналу. Послаблення складової з цією частотою в системі RDS не потрібно, це одна з умов її сумісності з аналогічною системою передачі даних ARI, розробленої в Німеччині та в Австрії. (Система ARI, що передувала появі RDS, використовується в названих країнах при передачі дорожньої інформації для власників автомобілів, обладнаних системою „авторадіо“).

У системі RDS цифрова інформація передається пакетами (рис. 40). Один пакет складається з 104 біт і містить у собі чотири блоки по 26 біт, з яких 16 є інформаційним словом чи даними, а 10 служать для створення коду команди і виправлення помилок. Надмірність цього коду для виправлення помилок дозволяє детектувати слабкі сигнали, виправляючи помилки. Такий метод необхідний при передачі цифрових даних по радіо в умовах великого рівня завад.

У системі передачі даних RDS модуляція даними складової з частотою 57 кГц амплітудна. Швидкість передачі даних невелика і складає 1187,5 біт/с. Для надійної передачі сигналів малого рівня, порівнянного з рівнем завад, цифрові сигнали попередньо кодуються диференціальним і біфазними способами. Таке кодування нечутливе до інверсії сигналів і до зміни рівня прийому, що дозволяє знизити кількість помилок під час передачі навіть слабких сигналів.

контролю

контролю

Рисунок 40 – Формат кодування даних у системі RDS

Для сучасних приймальних пристроїв деякі ведучі фірми радіоелектронного устаткування (SGS-Thomson, Philips, Siemens та ін.) розробили та серійно виробляють декодери в мікросхемному виконанні. Типове включення мікросхеми TDA7330 в якості декодера сигналу RDS приведене на рис. 41. Сигнал після демодулювання частотним детектором приймача подають через роздільний конденсатор на вхід (вивід 1). На виході (виводи 12–14) — інформація в цифровому коді. Декодер формує дискретний сигнал інформаційних повідомлень RDS, імпульси синхронізації та команди для мікроконтролера, що керує роботою монітора.

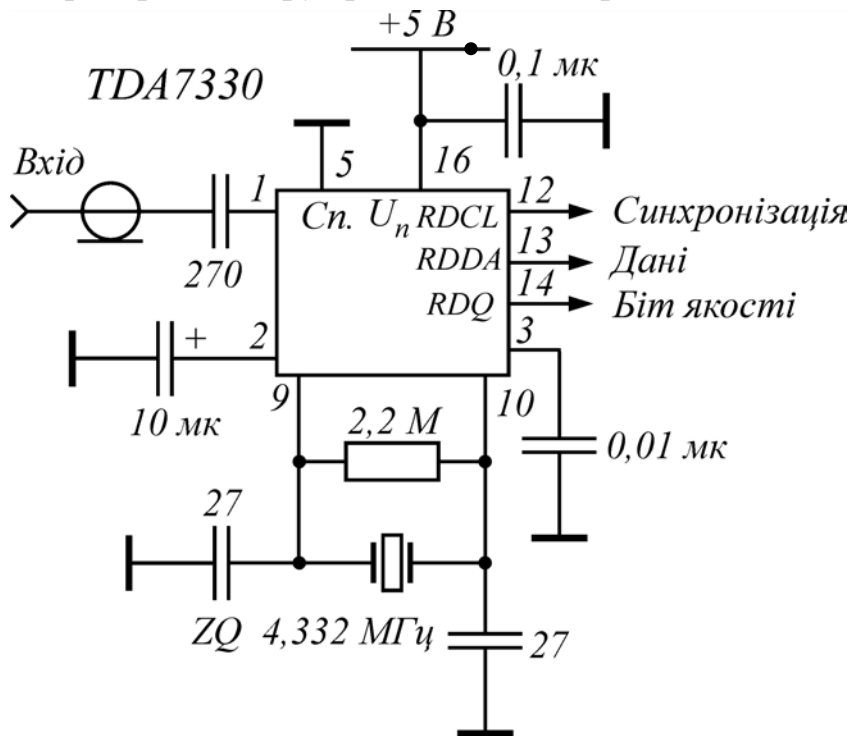


Рисунок 41 – Декодер цифрових сигналів у системі RDS

Стереоприймач у режимі RDS додатково реалізує такі функції.

PI (*Program Identification*) — програма ідентифікації. При використанні цієї програми слухач має можливість бачити на моніторі назву прийнятої радіостанції і її частоту. За допомогою програми можна здійснювати прийом будь-якої радіостанції шляхом прямого набору її частоти.

AF (*Alternative Frequency*) — альтернативні частоти. Ця додаткова функція дозволяє організувати прийом станції на інших частотах, якщо в даних конкретних умовах через погане поширення радіохвиль основний сигнал відтворюється з низькою якістю.

PS (*Program Service Name*) — програма обслуговування за характером інформації. Вона інформує про рівень прийнятого сигналу і про характер програм, переданих станціями. Для відображення інформації використовується до восьми символів.

TP (*Traffic Program*) — програма дорожньої ситуації. Ця функція допоможе власнику приймача, встановленого в автомобілі, використовувати інформацію, призначену для організації руху на трасах.

TA (*Traffic Announcement*) — оголошення на дорогах. Приймач в автоматичному режимі приймає термінову інформацію на трасах руху.

EON (*Enhanced Other Networks*) — взаємодія з іншими мережами зв'язку. Ця функція передбачає можливість робити миттєве переключення приймача на інші вісім каналів, у яких ретранслюються повідомлення.

PTY (*Program Type*) — визначення виду переданої програми (наприклад, рок, поп-музика, новини, повідомлення про культурне життя і т.п.). Цю функцію можна використовувати також для автоматичного вибору програми.

M/S (*Music—Speech*) — музика/мова. Приймач розпізнає передачу музики або мови, він може автоматично змінювати рівень гучності чи комутувати коригувальні фільтри відповідно до частотних властивостей переданої програми.

PIN (*Program Item Number*) — номер програми. Функція, що дозволяє присвоїти кожній станції умовний код і потім автоматично здійснювати їхній прийом введенням даного коду.

CT (*Clock Time*) — поточний час. Виведення на табло у цифровому вигляді інформації, що містить рік, місяць, число, точний місцевий час.

RT (*RadioText*) — радіотекст. Ця функція дозволяє виводити повідомлення на екрані індикаторів, аналог пейджингового зв'язку.

DI (*Decoder Identification*) — ідентифікація декодера. В залежності від рівня сигналу в місці прийому автоматичне переключення декодувального пристрою (моно, стерео, стерео з компресією сигналу і т.п.).

TDC (*Transparent Data Channel*) — доступ у вільний канал для передачі даних. Таке застосування системи RDS передбачається здійснити в майбутньому.

В умовах масового випуску апаратури з функціями RDS її вартість у порівнянні з наданими зручностями і комфортом буде не така вже висока,

от чому в різних країнах, у тому числі в Україні, спостерігається стійкий інтерес до впровадження названої системи радіомовлення.

Контрольні запитання

1. Які основні вимоги до системи стереомовлення?
2. Доведіть, що за допомогою ПМК можна передавати два незалежних мовних сигнали.
3. У чому відмінність спектрів ПМК першого та другого типів?
4. Нарисуйте вигляд ПМК при синфазних мовних сигналах; проти-фазних мовних сигналах.
- 5 Як сформувати ПМК другого типу?
6. Назвіть основні параметри системи стереомовлення з полярною модуляцією. Нарисуйте передавальну і приймальну частини цієї системи, поясніть як вони працюють.
7. Чим відрізняються спектри ПМК і КСС у системі з полярною модуляцією?
8. За якими схемами будуються формувач КСС із ПМК у передавачі та ПМК із КСС у приймачах?
9. Назвіть основні параметри системи стереомовлення з пілот-тоном. Нарисуйте передавальну і приймальну частини цієї системи, поясніть як вони працюють.
10. Чому полярний детектор рідко використовують у стереодекодерах?
11. Поясніть як працює сумарно-різницевий детектор ПМК, детектор ПМК з часовим розділенням каналів.
12. Чому при застосуванні синхронного детектора можна не відновлювати ПМК із КСС?
13. Які особливості має стереорадіоприймач?
14. Яким чином у системі RDS передаються цифрові дані? Нарисуйте спектр КСС у системі RDS.

5 ЦИФРОВЕ РАДІОМОВЛЕННЯ

З 1995 року в світі розпочалися випробовування та експлуатація систем цифрового радіомовлення (ЦРМ). Передачі у форматі ЦРМ почали проводити у багатьох країнах Європи. В Австралії введено в експлуатацію три передавачі, які обслуговують найбільші міста країни. Німеччина і Англія збирається у найближчі роки повністю перейти на цифрове мовлення. В Європі відбулися конференції, що були присвячені розподілу частот для країн, що збираються переходити на ЦРМ. Усього на початок 2000 року тільки в країнах Європи ЦРМ охоплено більше 180 млн. слухачів [7].

ЦРМ відрізняє цілий ряд переваг, серед яких: якість звучання як у компакт-дисків, висока завадостійкість і інтерактивні функції. Що стосується завадостійкості, то цифрова модуляція дозволяє позбавитися навіть від інтерференції при звичайному мовленні з ЧМ у зв'язку з тим, що радіосигнал від передавача до приймача проходить різні шляхи і надходить до останнього з різною фазою (особливо в місцевостях з горбистим рельєфом або у великих містах). При цифровій обробці сигналу це явище не спостерігається, більш того – для ЦРМ потрібні менші потужності порівняно із звичайними аналоговими методами модуляції. Цікаво відмітити і ще одну властивість ЦРМ – якість відтворення звуку може бути або хорошою, або сигналу взагалі не має.

Одна із розроблених систем ЦРМ “Еврика – 147/DAB” (DAB – digital audio broadcasting) прийнята у всіх європейських країнах, а також в Канаді і Австралії. На відміну від існуючих зараз мереж УКХ ЧМ, в яких станції, що знаходяться на невеликій відстані одна від одної, для виключення взаємних інтерференційних завад повинні працювати на різних частотах, вона дозволяє організувати одночастотну сітку, коли декілька передатчиків, що транслюють одну і ту ж програму, можуть працювати на одній частоті.

Сполучені Штати вирішили йти іншим шляхом. Система, що там розроблена, на відміну від “Еврика – 147/DAB”, дозволяє станціям ЦРМ працювати в тому ж діапазоні УКХ, який використовується для радіомовлення з ЧМ. Головна її перевага полягає в тому, що вона не потребує додаткового спектру частот, і передачі ЦРМ можуть вестися паралельно з аналоговими.

ЦРМ відкриває нові перспективи перед радіомовленням у діапазонах ДХ, СХ і КХ, в якому радіохвилі поширюються на великі відстані. Цифрова обробка сигналів застосовується при мовленні як з наземних передавачів, так і зі супутників.

Існуючі системи ЦРМ можна розділити на дві категорії:

- системи, що потребують для функціонування виділення окремого частотного діапазону, що вільний від інших радіослужб;
- системи, для роботи яких це не являється обов'язковою умовою.

Системою, що відноситься до першої категорії, є “Еврика – 147/DAB” [8]. Для функціонування системи “Еврика – 147/DAB” потрібно виділення в діапазоні частот від 30 МГц до 3 ГГц смуги частот шириною не менше 1,54 МГц на один комплексний сигнал ЦРМ (так званий “DAB-блок” або “ансамбль”), який може містити, наприклад, шість високоякісних стереопрограм і різноманітну додаткову інформацію.

Указана система ЦРМ широко впроваджується в ряді європейських і інших країн. У Великобританії для наземного ЦРМ виділено діапазон частот 217,5...230,0 МГц, в якому може бути розміщено сім національних і регіональних багатопрограмних DAB-блоків. У Німеччині для наземного ЦРМ відведено діапазон частот 223...230 МГц (12-й телевізійний канал), а також 1452...1467,5 МГц (L-діапазон), що дозволяє забезпечити прийом в

будь-якій точці країни, як мінімум двох DAB-блоків. З 1997 року почато регулярне мовлення за даною системою у цих країнах, інші розвинені європейські країни і Канада розпочали таке мовлення з 1999 року.

До другої категорії відноситься система ЦМ-ІВАС/ІВРС, що розроблена в США фірмою АТ&Т (Amati і Lucent Technologies (США)). Вона призначена для роботи в УКХ-діапазоні 88..108 МГц з аналоговими ЧМ-радіостанціями, що ведуть мовлення [10].

Система працює в режимі використання сусіднього каналу або резервного каналу. Перший канал називається "In Band Adjacent" (ІВАС), другий "In Band Reserved Channel" (ІВРС). Цифровий сигнал займає один вільний ЧМ канал шириною 200 кГц. В ньому можуть передаватися з високою якістю одна звукова стереограма і додаткова інформація. Цифрове кодування звукових сигналів забезпечується за допомогою так званого "перцептуального аудіокодера" (Perceptual Audio Coder- PАС), що розроблений фірмою АТ&Т. Швидкість передачі цифрового звукового стереосигналу на виході цього кодера складає 160 кбіт/с. В системі застосовується чотирьохпозиційна фазова модуляція і трирівневий метод захисту від помилок при погіршенні умов передачі сигналів. Радіочастотний сигнал містить пілот-тон, який необхідний для відновлення несучої.

Система ІВОС, що розроблена фірмами АТ&Т, також призначена для роботи в діапазоні 88..108 МГц, але в каналі, суміщеному з каналом аналогового ЧМ мовлення ("In Band On Channel"-ІВОС). Як і в попередній системі в цифровому сигналі може передаватися одна високоякісна звукова стереограма і додаткова інформація. Кодування звукового сигналу здійснюється за допомогою кодера PАС при швидкості цифрового потоку 160 кбіт/с на стереосигнал. Спектр радіочастотного цифрового сигналу міститься або у двох смугах частот (режим DSB) шириною 73,5 кГц кожна, симетрично відносно несучої ЧМ сигналу (на віддаленні 126,5 до 200 кГц від несучої), або однієї з бокових смуг: верхньої або нижньої (режими LSB і USB відповідно).

В режимі DSB комплексний сигнал, що включає аналоговий ЧМ сигнал, займає смугу частот 400 кГц. В цьому режимі середня потужність цифрового сигналу приблизно на 15 дБ нижче, ніж у основного ЧМ сигналу. В системі ІВОС використовується багаточастотна або COFDM модуляція [8].

З метою проведення порівняльного аналізу технічних можливостей і характеристик різних систем ЦМ в 1995-1996 рр. в США під егідою Асоціації електронної промисловості (Electronic Industry Association - EIA) були проведені їх лабораторні і польові випробування. Ці випробування підтвердили перспективність системи "Еврика-147/DAB".

Ця система прийнята Європейським радіомовним союзом (European Broadcasting Union - EBU) в якості загальноєвропейської і рекомендована для впровадження в усьому світі технічною комісією Всесвітньої конференції радіомовних союзів (Inter-Union Technical Committee of the World

Conference of Broadcasting Unions). Правила побудови і технічні характеристики системи ЦЗРМ “Еврика – 147/DAB” регламентовані в прийнятому в 1995р. і доповненому в 1997р. Європейському телекомунікаційному стандарті ETS 300 401 [9].

5.1 Система ЦРМ “Еврика-147/DAB”

Систему розроблено в рамках міжнародного проекту “Еврика-147/DAB”, членами якого були близько 50 фірм з Німеччини, Англії, Франції, Голландії, Норвегії, Швейцарії, Швеції, Італії, Фінляндії, Японії, Канади і ряду інших країн. За пропозицією лідерів проекту (німецького інституту IRT і французького ССЕТТ) в офіційні учасники проекту від Росії прийнятий НДІРПА ім. О. С. Попова (м. Санкт-Петербург).

Система пройшла випробування в ряді європейських країн і в Канаді у діапазоні частот від 50 МГц до 1,5 ГГц. Вони підтвердили високі технічні й експлуатаційні характеристики “Еврика-147/DAB” і її конкурентоздатність у порівнянні з іншими системами ЦРМ, особливо при прийомі на рухливих об'єктах.

На даний час у Європі ця система впроваджена у практику радіомовлення. Створено комплект спеціалізованих великих інтегральних схем, розроблена передавальна і приймальна апаратура, ведеться регулярне наземне і супутникове мовлення.

“Еврика-147/DAB” забезпечує передачу, прийом і розподіл монофонічних і стереофонічних програм. Прийом програм можливий на радіоприймачі з ненаправленою штировою антеною в домашніх умовах, в автомобілі чи в похідних умовах. Висока стійкість системи “Еврика-147/DAB” до впливу перешкод, зокрема перешкод багатопроменевого поширення, дозволяє домогтися стабільного прийому навіть у місті з багатоповерховою забудовою.

Перевагою “Еврика-147/DAB” є висока якість звуковідтворення, порівняна з якістю, гарантованою програвачами компакт-дисків.

Для цієї системи характерне ефективне використання частотного спектру. Наприклад, у смузі частот 1,6 МГц може передаватися шість високоякісних стереофонічних програм і різноманітна додаткова інформація. “Еврика-147/DAB” дає можливість створювати одночастотні мережі на великих територіях, забезпечуючи при цьому десятикратну економію частотного спектру. У системі оперативно змінюються параметри багатопрограмного сигналу (кількість стереофонічних і монофонічних програм, обсяг додаткової інформації в мультиплексованому цифровому потоці). Це відкриває можливість широкого вибору для служб радіомовлення, підвищує економічну ефективність передавального устаткування, розширює коло можливих споживачів. Для “Еврика-147/DAB” достатньо меншої потужності передавачів у порівнянні з ЧМ передавачами, що обслуговують таку ж територію.

Широкий радіочастотний діапазон, в якому можлива реалізація системи (від 30 МГц до 3 ГГц) дозволяє забезпечити обслуговування великих територій у режимах як наземних одночастотних систем, так і мереж супутникової апаратури мовлення. Можливе ефірне або кабельне мовлення.

Система ЦРМ “Еврика-147/DAB” проста в експлуатації, вона забезпечує повну і точну ідентифікацію програм і станцій, передачу текстової інформації й інформації для водіїв автотранспорту. Можлива навіть передача зображень газет в оригінальному кольоровому оформленні, географічних карт і т.д.

На рис. 42 наведена спрощена функціональна схема передавальної частини системи ЦРМ “Еврика-147/DAB”. Обробка сигналу відбувається у кілька етапів. На першому етапі сигнали, що надходять по каналах передачі звукових сигналів і каналах передачі даних, піддаються індивідуальному кодуванню. Цю функцію виконують кодери звукових сигналів і кодери даних.

У системі застосовується метод субсмугового кодування звукових сигналів „MUSICAM”. Завдяки використанню ефекту маскування, властивого людському слуху, цей метод дозволяє знизити швидкість цифрового потоку кожного з каналів високоякісного стереофонічного сигналу з 768 Кбіт/с (студійний стандарт з 16-розрядним кодуванням відліків при частоті дискретизації 48 кГц) до 96 Кбіт/с, тобто у вісім разів при збереженні суб'єктивної якості звучання на рівні, характерному для програвача компакт-дисків. Система забезпечує такі швидкості передачі звукових сигналів: 32, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 162 і 192 Кбіт/с на монофонічний канал. Кількість каналів звукового мовлення в багатопрограмному груповому цифровому потоці може змінюватися від 20 монофонічних (при невисокій якості) до 4 стереофонічних (із практично студійною якістю).

При використанні методу субсмугового кодування „MUSICAM” за допомогою гребінки фільтрів широкосмуговий звуковий сигнал, перетворений у цифрову форму, розділяється на 32 субсмугових сигнали.

Цифрові відліки групуються в цикли. У кожному такому циклі виділяється один масштабний множник, що відповідає максимальному рівню субсмугового сигналу. При цьому динамічний діапазон звукового сигналу дорівнює 120 дБ.

Однак субсмугова фільтрація з обмеженою кількістю смуг не дозволяє з високою точністю оцінити поріг спектрального маскування, зокрема в низькочастотній області. З цієї причини паралельно з фільтрацією виконується швидке перетворення Фур'є цифрового звукового сигналу. Причому кодуються і передаються тільки відліки субсмугових сигналів.

Об'єднання цих операцій дозволяє оптимально враховувати ефект маскування, властивий людському слуху. Для кожного з 32 субсмугових сигналів обчислюється мінімальний поріг маскування, що визначає максимально можливий рівень шуму квантування. При цьому не виникає необхідності передавати інформацію про відліки сигналів субсмуг, якщо во-

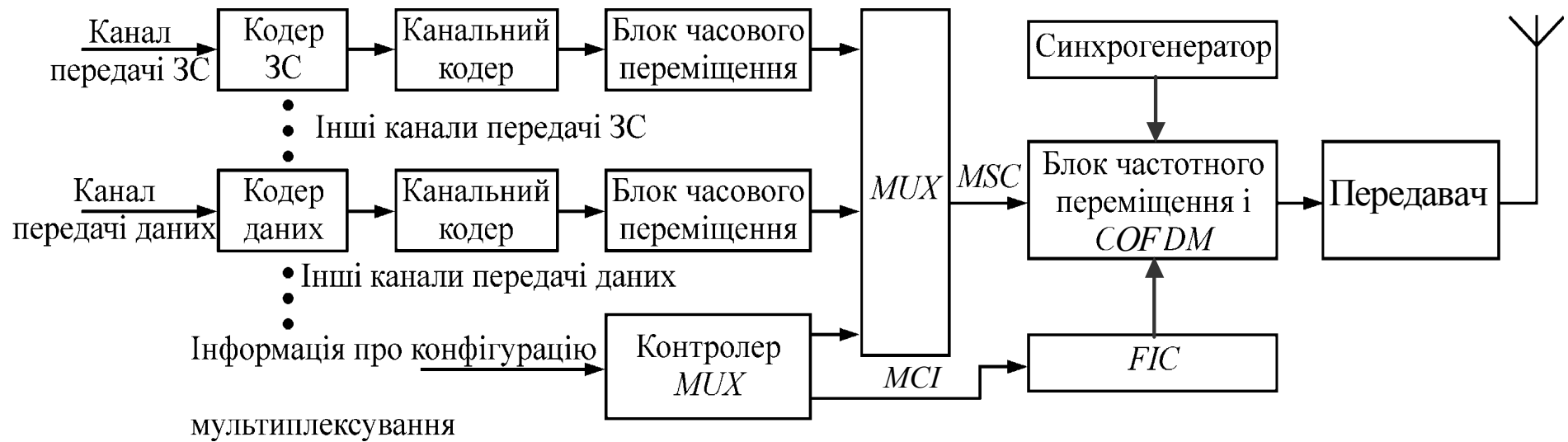


Рисунок 42 – Структурна схема передавача системи ЦРМ
 “Еврика-147/DAB”: ЗС - звуковий сигнал; MUX – мультиплексор;
 MSC – головний службовий канал; FIC – канал швидкої інформації;
 COFDM – ортогональний частотний поділ кодованих сигналів

ни повністю маскуються компонентами сусідніх субсмуґ.

Масштабні множники та інша додаткова інформація, необхідна для правильного функціонування декодера звукового сигналу в приймачі, поєднується з інформацією про субсмуґові відліки звукового сигналу в один ущільнений сигнал.

У сформований сигнал вводяться також дані, що несуть інформацію про передану програму (PAD - Program Associated Data). Ці дані містяться наприкінці сформованого циклу - фрейму. Типові приклади таких даних PAD: інформація про керування динамічним діапазоном, про види переданих програм („джаз”, „лірика”, „мова/музика” і т.д.). Канал PAD може бути також використаний для передачі текстової і графічної інформації. Швидкості передачі цього каналу можуть бути різними, від 667 біт/с і вище.

Крім сигналів PAD у загальному багатопрограмному цифровому потоці можуть передаватися сигнали SI сервісної інформації (SI - Service Information). Сигнали SI можуть відображати найменування каналу: вид програми; назва місця перебування передавача; програми передач і т.д.

Система “Еврика-147/DAB” допускає також організацію каналів з умовним доступом для обмеженого кола осіб платних каналів.

Другим етапом обробки передаваного звукового сигналу є каналне кодування і часове переміщення цифрової інформації, що надходить від каналного кодера (рис. 42).

Канальне кодування забезпечується введенням у сигнал надлишкової інформації з метою підвищення його завадостійкості при передачі по реальній лінії зв'язку. Для кодування використовується згортковий код з довжиною обмеження, що дорівнює семи. Середня відносна кодова швидкість (відношення швидкостей передачі інформації на вході і виході каналного кодера) коливається від 0,35 - вищий захисний рівень, до 0,75 - нижчий захисний рівень. Проміжні значення кодових швидкостей вибираються для різних програм відповідно до вимог до рівнів захисту інформації.

Часове переміщення покращує завадостійкість передачі інформації, усуваючи пакети помилок, що особливо важливо при мобільному прийомі.

Третій етап обробки сигналу включає його мультиплексування, а також його системну організацію і керування.

Попередньо оброблені в каналних кодерах і пристроях часового переміщення сигнали надходять на мультиплексор (Main Service Multiplexer — MUX), де об'єднуються в циклічні групи визначеної тривалості. З мультиплексора багатопрограмний груповий цифровий потік надходить у так званий головний службовий канал (MSC - Main Service Channel). Максимальна швидкість передачі даних у цьому каналі складає 2,304 Мбіт/с. У мультиплексор надходять також дані про синхронізацію всіх підлягаючих мультиплексуванню програмних сигналів.

Роботою мультиплексора керує контролер, причому режим мультиплексування може, при необхідності, змінюватися відповідно до заданої програми.

Щоб забезпечити мінімальну затримку доступу до будь-якого з передаваних сигналів при прийомі, точна інформація про режим мультиплексування (MCI - Multiplex Configuration Information) передається по каналу швидкої інформації (FIC - Fast Information Channel). Інформація в каналі FIC добре захищена, оскільки передається із середньою відносною кодовою швидкістю 1/3 і для забезпечення відсутності збоїв часто повторюється. Нова інформація про зміну режиму мультиплексування передається в MCI також через канал FIC.

Деяка частина сигналів SI необхідна, наприклад, для вибору програм, також передається по каналу FIC. Інша, більш об'ємна сервісна інформація (програми передач і т.д.), може передаватися у загальному багатопрограмному груповому цифровому потоці.

Щоб забезпечити синхронізацію приймача, переданий сигнал формується у виді фрейма з визначеною послідовністю складових частин (рис. 43). Кожен фрейм починається з часового інтервалу, у якому міститься інформація для синхронізації. Наступна частина зарезервована для FIC, а інша для MSC. Загальна тривалість фрейму в залежності від режиму передачі (табл. 1) складає 96 мс чи 24 мс. Кожній програмі чи даним відповідає свій часовий інтервал у фреймі.



Рисунок 43 – Структура фрейма сформованого цифрового сигналу

Наступним етапом є формування радіосигналу ЦРМ.

У системі ЦРМ “Еврика-147/DAB” застосовується метод ущільнення з ортогональним частотним поділом кодованих сигналів (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex — COFDM). При цьому в цифровий потік вводяться спеціальні сигнали синхронізації від відповідного синхрогенератора (рис. 42).

За методом COFDM інформація, що передається, розподіляється на велике число потоків даних, що мають низьку індивідуальну швидкість. Ці дані використовуються потім для модуляції за фазою ряду несучих, так що

тривалість переданих символів стає більшою, ніж затримка поширення в каналі передачі. За рахунок введення часового захисного інтервалу між символами багатопроменеве поширення не викликає міжсимвольну інтерференцію. Велика кількість несучих може бути сформована при використанні алгоритму дискретного перетворення Фур'є.

Таблиця 2 – Основні параметри передачі в системі “Еврика-147/DAB”

Параметри	Режим передачі		
	I	II	III
Номінальний частотний діапазон (для мобільного прийому), МГц	≤ 375	≤ 1500	≤ 3000
Кількість несучих	1516	384	192
Тривалість фрейму, мс	96	24	24
Тривалість захисного інтервалу, мкс	246	62	31
Максимальне рознесення передавачів у одночастотній мережі, км	96	24	12

При наявності багатопроменеве поширення під час передачі сигналу ЦРМ деякі з несучих можуть бути ослаблені чи взагалі зникнути (ефект частотоселективного завмирання). З цієї причини в системі “Еврика-147/DAB”, крім часового, застосовується і частотне переміщення за рахунок перерозподілу цифрових потоків між несучими. У результаті зникнення через завмирання частини несучих не призведе до появи спотворень сигналу, оскільки інформація буде відновлена за модульованими несучими, що залишилися неушкодженими.

У системі “Еврика-147/DAB” передбачені три режими передачі, що дозволяє організувати мовлення в широкому діапазоні частот від 30 МГц до 3 ГГц. У табл. 2 приведені основні параметри системи в залежності від режиму передачі.

Режим I найбільше підходить для організації наземного мовлення і побудови одночастотних мереж, оскільки дозволяє забезпечити найбільше рознесення передавачів і, отже, обійтися меншою їхньою кількістю при заданій зоні обслуговування. Режим II можна використовувати, зокрема, для місцевого мовлення. Режим III більш придатний для організації супутникового і кабельного мовлення.

Спектр сигналу ЦРМ має приблизно прямокутну форму і займає смугу частот близько 1,54 МГц. На рис. 44 показані приклади спектрів сигналу на виході передавача при відсутності і наявності фільтра, що послаблює позасмугове випромінювання.

Спрощена структурна схема приймача для системи ЦРМ „Еврика-147” показана на рис. 45. Сигнал від антени надходить на вхід тюнера,

який забезпечує виділення сигналів визначеного діапазону частот, їхнє підсилення, перетворення за частотою і фазову демодуляцію. З виходу тюнера сигнал подається на вхід регенератора цифрового сигналу, а потім на вхід блоку, що здійснює дискретне перетворення Фур'є і диференціальну демодуляцію. У наступному блоці здійснюється частотне і часове деперемищення, корекція помилок на основі алгоритму декодування Вітербі. Дані з виходу цього блоку обробляються потім у декодері звукового сигналу або у відповідному декодері даних. На виході першого декодера утворюються в аналоговій формі монофонічні чи стереофонічні сигнали.

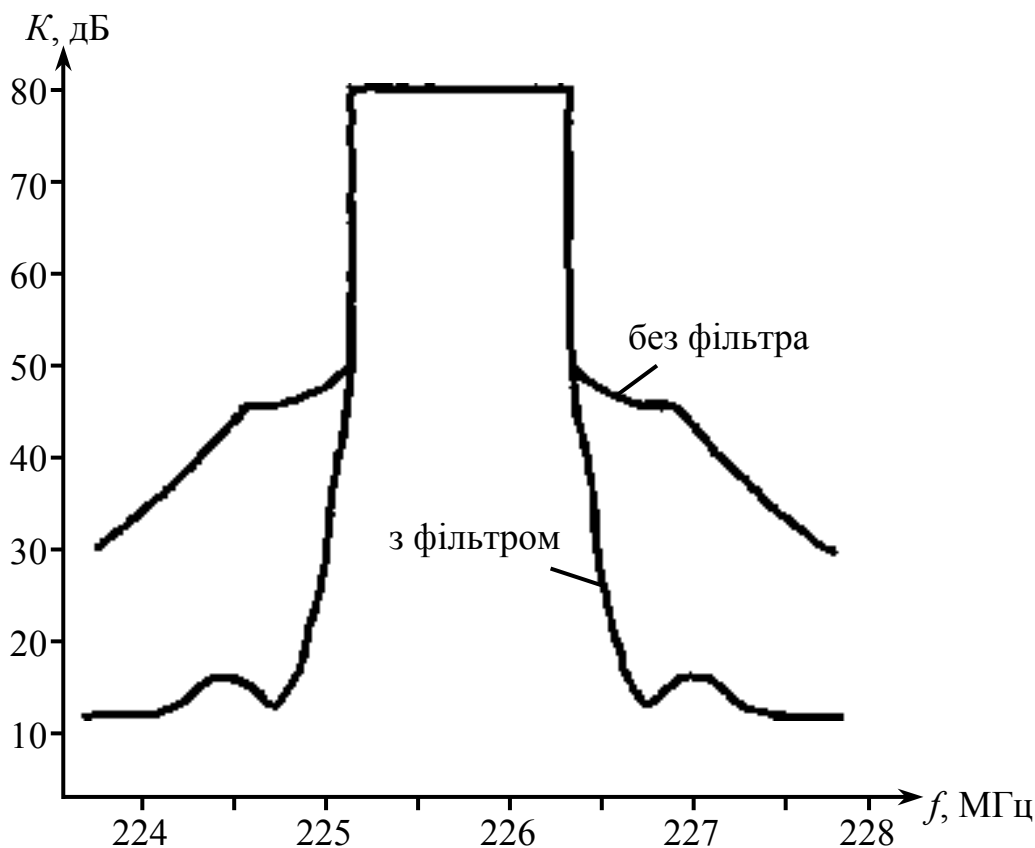


Рисунок 44 – Спектр сигналу на виході передавача

Приймач забезпечує одночасне декодування однієї звукової програми багатопрограмного групового цифрового потоку та даних сервісної інформації.

Системний контролер приймача з'єднаний з інтерфейсом користувача і керує приймачем відповідно до команд користувача й інформації, яка надходить з FIC.

Фірмою PHILIPS розроблена і серійно випускається спеціалізована ІС для приймача ЦРМ за системою "Еврика-147/DAB".

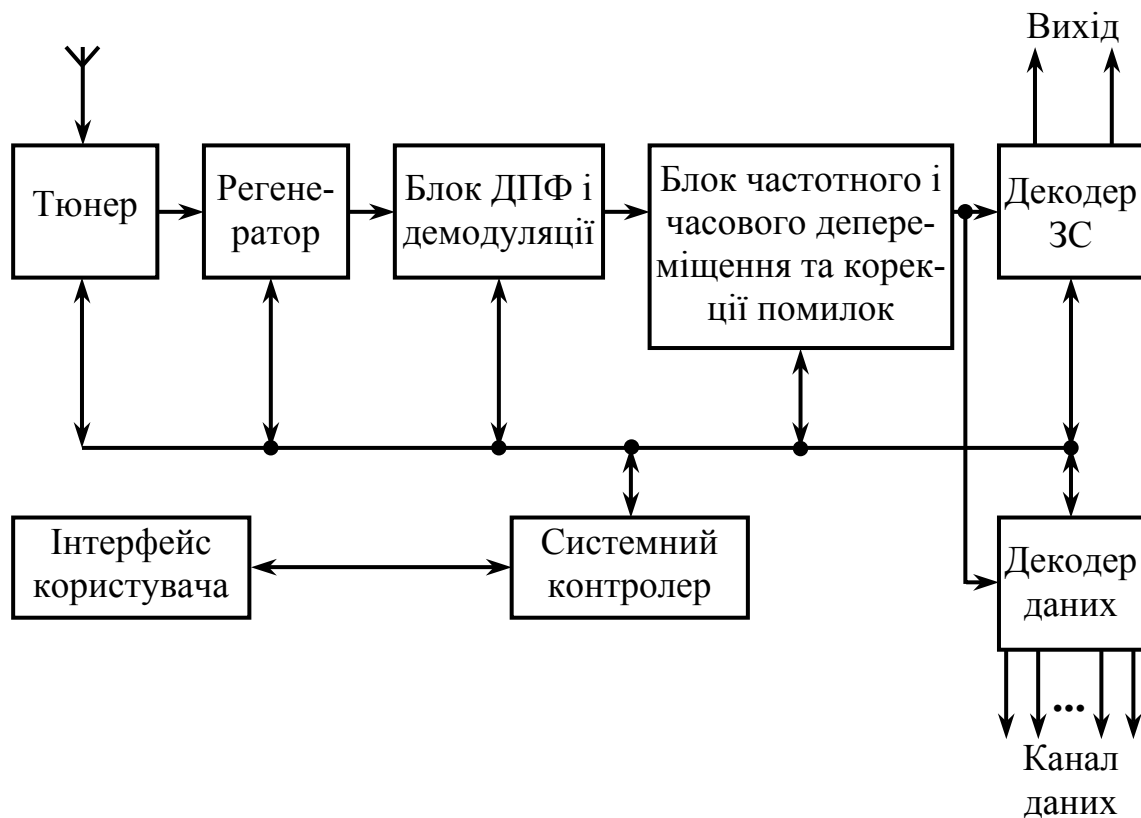


Рисунок 45 – Структурна схема приймача системи “Еврика-147/DAB”

5.2 ЦРМ у діапазонах ДХ, СХ і КХ

Діапазони ДХ, СХ і КХ забезпечують покриття мовленням територій, мають можливість оперативної організації каналу мовлення в задану зону земної кулі. Відмовлятися від виділеного частотного ресурсу для радіомовлення в усіх діапазонах недоцільно, але очевидна необхідність підвищення якості мовлення. Підвищити якість можна, здійснивши перехід до ЦРМ.

У 1996 р. у Парижі був організований міжнародний консорціум Digital Radio Mondiale для координації дій у справі розробки і впровадження єдиної системи цифрового радіомовлення в діапазонах ДХ, СХ, КХ.

Серед цих проектів, що запропоновані фірмами Thomcast (Франція), Voice of America/Jet Propulsion Laboratory (США) і Deutsche Telecom Zentrum fur Rundfunk und Audiovision (Німеччина), виділяється по завершеності проект “Skywave 2000” фірми Thomcast [5.5].

Ця система спочатку розроблялася для передачі і прийому супутникової інформації на частотах від 1400 до 2400 МГц (L-и S-діапазони). При кодуванні звукових сигналів були досягнуті швидкості передачі 32 кбіт/с, що приблизно відповідає смужі частот 25 кГц. Після успішного завершення

випробувань було прийняте рішення про адаптацію створеної системи для мовлення в діапазонах ДХ, СХ, КХ.

Під час розробки системи були прийняті такі рішення:

— застосовувати когерентну багаторівневу фазову маніпуляцію (MPSK);

— здійснити корекцію помилок кодами Вітербі і Ріда-Соломона;

— реалізувати при кодуванні часове переміщення;

— використати адаптивний прийом для послаблення впливу багатопробного поширення.

Пропонується єдине рішення для ДХ, СХ і КХ діапазонів, що важливо з позицій стандартизації приймачів і передавачів, модернізація традиційних аналогових приймачів.

Цифрові сигнали “Skywave 2000” сумісні з односмуговими аналоговими мовними сигналами, і тому передачі можуть прийматися як на звичайні приймачі, так і на недорогі цифрові.

У системі інформація передається за допомогою ряду піднесучих із багатопозиційною квадратурною модуляцією QAM.

До складу сигналу, що передається, входять:

— одна базова сигнальна група піднесучих із загальною шириною смуги 3 кГц, що містить сигнали, необхідні для частотної і часової синхронізації, дистанційного керування приймачем і передачі основного потоку аудіопрограми зі швидкістю 8 кбіт/с при використанні 64 QAM і 6 кбіт/с — при 16 QAM;

— додаткові групи піднесучих із шириною смуги 1,5 кГц кожна, на яких передається інформаційний потік зі швидкістю 4 кбіт/с при потоці даних на одній піднесучій не більш ніж 200 біт/с; число додаткових груп піднесучих залежить від загальної доступної ширини смуги частот.

Додаткова група піднесучих служить для передачі додаткової інформації (про номер програми, її зміст, про погоду, курс валют і т.п.). Для виділення такої інформації необхідне використання додаткового периферійного пристрою (ПК, ноутбук і т.д.).

Можлива ширина смуги частот переданого сигналу може складати 3; 4,5 і 9 кГц при швидкості передачі даних відповідно 8,12 і 24 кбіт/с.

У базовій сигнальній групі з 47 піднесучих три немодульовані: вони є опорними частотами для синхронізації приймача. При цьому всі немодульовані сигнали синхронізації мають фази, що забезпечують низький пік-фактор за сумарним сигналом синхронізації.

У кожній групі (базовій і додатковій групах з 22 піднесучими у кожній з них) ряд сигналів містить еталон коефіцієнта передачі — немодульовані сигнали, що служать для детектування багатопозиційних значень амплітуд переданих сигналів. При цьому забезпечується передача одного еталонного сигналу на групу з восьми сигналів.

На всіх інших позиціях сигналу передаються символи, що несуть аудіоінформацію чи дані. Вони модулюються за допомогою 16-позиційної

QAM при кодуванні з максимальною швидкістю 3 біт/символ, 64 QAM при кодуванні 4 біт/символ або 256 QAM при кодуванні 6 біт/символ.

Для впевненого прийому еталонні сигнали у загальному потоці передаються з рівнями на 3-6 дБ більшими, ніж інформаційні символи.

Режим кодування аудіосигналу задають виходячи з можливої швидкості передачі даних, яка змінюється в залежності від доступної ширини смуги частот і необхідного ступеня захисту від завад.

Швидкість передачі цифрових сигналів можуть змінюватися від максимальної — 48 кбіт/с (стерео-програми) до мінімальної — 6 кбіт/с (якість, достатня для передачі мовних сигналів). Режим мінімальної швидкості передачі інформації використовується при спільній передачі сигналу ЦРМ і сигналу з односмуговою АМ та залишковою несучою.

Кодер повинен зберігати максимально можливу якість звукового сигналу в реальних умовах передачі: плавно знижувати якість при зростанні помилок у зв'язку з погіршенням умов передачі.

У ряді випадків частина потоку даних, що відповідає звуковому сигналу, може бути тимчасово замінена іншою інформацією (наприклад, сигналами нерухомих зображень). Без утрати якості це можна зробити, наприклад, у режимі мовчання.

При переході на цифровий режим роботи сумісність з існуючими аналоговими приймачами ДХ, СХ і КХ діапазонів досягається шляхом одночасної передачі цифрового сигналу й односмугового аналогового сигналу. При прийомі аналогового сигналу цифровий сигнал буде прослухуватися як слабкий високочастотний неструктурований шум. У свою чергу, при якісній фільтрації аналоговий сигнал не впливає на цифровий.

Цифровий приймач повинен приймати сигнали у двох стандартах — цифровому та аналоговому. Цифрова передавальна апаратура повинна забезпечувати захист сусідніх аналогових каналів від можливих перешкод, щоб власники аналогових приймачів не постраждали від цифрового мовлення.

Для приймальної апаратури створюються блоки, що можуть вбудовуватися як в існуючі, так і в цифрові приймачі. Це робиться для того, щоб на них можна було реалізувати всіхвильовий прийом як у цифровий, так і аналоговій формі. Вони будуть дешевими, з низьким енергоспоживанням (менш 10 мВт) і напругою живлення 1,5 В. До їх складу входить процесор цифрового сигналу, мікроконтролер, кілька аналогових перетворювачів і периферійні модулі.

Формувачі цифрового сигналу забезпечують зосередження усієї випромінюваної потужності у смузі 10 кГц. Це дозволяє застосовувати для ЦРМ модифіковані звичайні АМ передавачі з підвищеною лінійністю тракту.

Схема передавача наведена на рис. 46.

Введення у схему цифрової передкорекції за демодульованим вихідним сигналом забезпечує точне формування фаз і амплітуд вихідного бага-

топозиційного сигналу передавача, інакше цей процес буде спотворений через вплив неідеальностей характеристик параметрів тракту передавача.



Коло зворотного зв'язку за вихідним цифровим сигналом

Рисунок 46 – Структурна схема передавача системи “Skywave 2000”

Для реалізації цифрового режиму передачі і режиму одночасного мовлення в аналоговій і цифровій формі можливе використання двох частотних смуг: номінальної смуги шириною 9 кГц за стандартом MEK і розширеної до 12 кГц смуги.

Режим розширеної смуги частот дозволяє реалізувати максимально досягну якість аудіосигналу і передачу сигналів додаткової інформації. При цьому можливо передавати стереосигнал зі швидкістю 32 кбіт/с і дані зі швидкістю 1250 біт/с.

Уперше реальна робота системи була продемонстрована на виставці "IBC 97" в Амстердамі.

Контрольні запитання

1. Які переваги в порівнянні з аналоговим радіомовленням має ЦРМ?
2. Що зроблено в системі “Еврика-147/DAB” для того, щоб звузити спектр сигналу, який випромінюється?
3. Назвіть основні вузли передавача та приймача системи “Еврика-147/DAB”. Поясніть призначення цих вузлів.

4. Для чего в передатчиках системы “Еврика-147/DAB” застосовують каналне кодування цифрового сигналу і подальше його часове переміщення?
5. Як у системі “Еврика-147/DAB” усувають спотворення, викликані багатопробневим поширенням радіохвиль?
6. Що зроблено в системі ЦРМ “Skywave 2000” для того, щоб звузити смугу переданого сигналу до значень, менших 9 кГц?
7. Поясніть як працює передатчик системи “Skywave 2000”. Для чого вводиться вузол цифрової передкорекції?

ЛІТЕРАТУРА

1. Радиовещание и электроакустика: Учебник для вузов / А.В. Выходец, М.В. Гитлиц, Ю.А. Ковалгин и др./ Под ред. М.В. Гитлица. – М.: Радио и связь, 1989. – 432 с.
2. Справочник по радиовещанию / А.В. Выходец, В.М. Захарин, Е.М. Рудый и др./ Под ред. А.В. Выходца. – К.: Техніка, 1981. – 264 с.
3. Регламент радиосвязи (Женева): В 2-х т. – М.: Радио и связь, 1991.
4. ГОСТ 13294. Передатчики радиовещательные стационарные. Основные параметры, технические требования и методы измерений.
5. Кононович Л.М. Современный радиовещательный приемник. – М.: Радио и связь, 1986. – 144 с.
6. Кононович Л.М. Стереофоническое радиовещание. – М.: Связь, 1974. – 262 с.
7. Выходец А.В., Дудка Н.П. О цифровом звуковом радиовещании в Украине. // Зв’язок. – 2002. - № 1.
8. Денин А., Кацнельсон Л. Система цифрового радиовещания “Эврика-147”. // Радио. – 1996. - № 8.
9. ETS 300401. Европейский телекоммуникационный стандарт. – 1994.
10. Исаев А., Мишенков С. Цифровое радиовещание: состояние и перспективы. // Радио. – 1996. - № 11.
11. Мишенков С., Зелевич Е. Цифровое радиовещание в традиционных ДВ, СВ и КВ-диапазонах. // Радио. – 2000. - № 4,5.

Навчальне видання

Кононов Сергій Павлович
Бардаченко Віталій Феодосійович

Основи радіомовлення

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено Кононовим С.П.

Редактор О.Д. Скалоцька

Навчально-методичний відділ ВДТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВДТУ

Підписано до друку
Формат 29,7x42 $\frac{1}{4}$
Друк різнографічний
Наклад прим.
Зам. №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького державного технічного університету.
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95

Кононов С.П., Бардаченко В.Ф.
Основи радіомовлення. Навчальний посібник

Ключові слова

Радіомовлення
Мовний сигнал
Канал
Тракт
Апаратна
Передавач
Приймач
Мережа
Діапазон
Стереомовлення
Кодер
Декодер
ПМК – полярно-модульоване коливання
КСС – комплексний стереосигнал
Пілот-тон
ЦРМ – цифрове радіомовлення