

Лекція 6

РОЗДІЛ II. ОСНОВИ ПОБУДОВИ РАДІОПЕРЕДАВАЛЬНИХ ПРИБОРІВ

Структура і основні характеристики радіопередавачів

I. Загальні вимоги до радіопередавальних пристроїв

Нагадаємо, що радіопередавальний пристрій (РПП) це сукупність антени (антенно-фідерної системи), власне радіопередавача і кінцевого передавального пристрою (рис. 1).

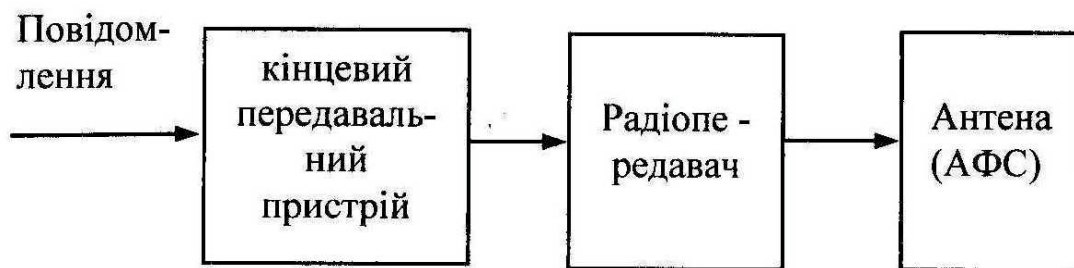


Рис. 1

Взагалі, як елемент системи радіозв'язку, радіопередавальний пристрій забезпечує передачу повідомлень по радіоканалу.

При цьому, як технічний пристрій, він повинен задовольняти ряд вимог, які обумовлюють якість його функціонування.

Загальні вимоги до радіопередавальних пристроїв визначаються в основному їх призначенням та умовами експлуатації.

В подальшому будуть розглядатися РПП, які призначені для ведення радіозв'язку, і за умовами експлуатації можуть бути: переносні, транспортуємі (бортові) та стаціонарні.

До **основних вимог** загального характеру відносяться:

- масогабаритні;
- ергономічні;
- кліматичні та механічні;
- вимоги по надійності.

Масогабаритні вимоги особливо жорсткі до переносних і бортових радіопередавальних пристроїв. Якщо сучасні технології забезпечують досить малі масу і габарити електронної частини передавачів, то джерела електроживлення сучасні вимоги не задовольняють.

Габарити антен пов'язані з довжиною радіохвиль, які випромінює передавальний пристрій. Наприклад, при довжині радіохвилі 30 м полухвильовий вібратор має довжину 15 м. Але умови експлуатації, особливо військових радіостанцій, вимагають, щоб маса АФС була мінімальною і вони швидко розгорталися і згорталися.

Вимоги надійності є найважливішими, особливо для мобільних радіопередавальних пристроїв.

Їх виконання забезпечується:

- застосуванням сучасної технології і елементної бази;
- механічною міцністю конструкції;
- полегшенням теплового режиму роботи електронної частини.

Вимоги до надійності нині діючих РПП складають $T_{сер} = 600...800$ годин.

Кліматичні вимоги. Для мобільних РПП працездатність повинна зберігатися від -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості до 98 % і зниженні атмосферного тиску до 350 мм ртутного стовпчика.

Незалежність від кліматичних умов досягається герметизацією елементів і вузлів, застосуванням матеріалів з малими температурними коефіцієнтами і засобів термокомпенсації.

Ергономічні вимоги:

- мінімальна кількість органів управління та операцій для приведення в дію радіопередавача;
- простота приведення в дію системи контролю;
- мінімальна втома оператора при роботі впродовж тривалого часу.

Ці вимоги задовольняються за рахунок автоматизації процесів управління та контролю, а також розумною зовнішньою конструкцією передавача.

2. Склад та призначення основних елементів радіопередавачів

Радіопередавач (**рис. 1**) є елементом радіопередавального пристрою. Виходячи з його призначення, в ньому повинні здійснюватися три основних фізичних процеси:

- генерування в.ч. коливань заданого діапазону - несучої радіочастоти;
- управління (модуляція) несучими коливаннями для зміни їх параметрів за законом первинного електричного сигналу;
- підсилення модульованих в.ч. коливань і передача їх в антену.

Узагальнена структурна схема радіопередавача зображена на **рис. 2**.



Рис. 2

Збуджувач забезпечує генерування коливань несучої частоти і їх модуляцію, тобто у ньому формуються всі види сигналів (зокрема імпульсних) на несучій частоті. Імпульсна модуляція здійснюється у вихідному каскаді.

Сигнали на виході збуджувача мають малу потужність. Тому вони підсилюються у тракці підсилення.

Задана потужність сигналу забезпечується в основному у вихідному каскаді тракту підсилення.

Узгоджувачий пристрій призначений для утворення умов передачі максимальної потужності коливань від вихідного каскаду до антени. Це обумовлено зміною параметрів антени і вихідного каскаду у діапазоні частот і потребує їх узгодження.

3. Основні технічні характеристики радіопередавачів

3.1. Потужність радіопередавача

Це найважливіший параметр передавача, який визначає дальність і надійність радіозв'язку. Потрібна потужність передавача визначається з енергетичного розрахунку лінії радіозв'язку.

Зазвичай під потужністю передавача розуміється найменша у діапазоні частот величина потужності, яка підводиться до фідера антени – P_A .

У військовому радіозв'язку використовуються передавачі малої потужності (P_A до 100 Вт), середньої потужності ($P_A = 100$ Вт...1000 Вт) і великої потужності ($P_A > 1$ кВт)

3.2. Діапазон робочих частот

Діапазон робочих частот (ДРЧ) – це інтервал радіочастот $f_{\text{мін}} \dots f_{\text{макс}}$, в якому забезпечує задану потужність сигналу.

ДРЧ характеризується коефіцієнтом перекриття по частоті

$$K_f = f_{\text{макс}} / f_{\text{мін}}$$

Сучасні передавачі систем радіозв'язку, залежно від призначення і діапазону хвиль, в якому вони працюють, забезпечують:

- у метровому і більш короткохвильових діапазонах $K_f = 1,1 \dots 2$;
- у декаметровому діапазоні $K_f \geq 10$.

Перекриття робочого діапазону передавачем може бути плавним і дискретним. В останньому випадку передавач може бути настроєний на деяку множину дискретних частот з кроком дискретності Δf_d .

У декаметровому і метровому діапазонах Δf_d може бути 0,01; 0,1; 1; 2; 5; 10 кГц; у дециметровому – Δf_d може досягати одиниці МГц.

3.3. Стабільність частоти

Стабільність частоти сигналу передавача визначається відхиленням частоти несучого коливання від її номінального значення за деякий інтервал часу

$$\Delta f = |f_n - \Delta f_{\text{ном}}|$$

Зазвичай задаються вимоги до відносної нестабільності частоти передавача на максимальній частоті діапазону робочих частот

$$\delta_f = \Delta f / f_{\text{макс.}}$$

Розрізняють короткотермінову (за добу) і довготермінову (за півроку) відносну нестабільність. Остання, зазвичай, вказується в технічних характеристиках передавачів.

Високі вимоги до стабільності частоти сучасних радіопередавачів обумовлені завантаженням радіочастотного спектру, а також необхідністю ведення радіозв'язку без пошуку та підстройки. Оскільки ємність радіочастотних діапазонів зростає зі зростанням частоти, то найбільш жорсткі вимоги до стабільності у низькочастотних діапазонах. Так у діапазоні коротких хвиль $\delta_f = 10^{-6} \dots 10^{-7}$; у діапазоні УКХ $\delta_f = 10^{-5} \dots 10^{-6}$.

3.4. Коефіцієнт корисної дії

Коефіцієнт корисної дії (ККД) передавача визначається як відношення вихідної потужності P_A до всієї потужності, яку споживає передавач - $P_{\text{спож}}$

$$\eta = P_A / P_{\text{спож}}$$

ККД зростає зі зростанням потужності радіопередавача і може бути від одиниць до десятків відсотків. Наприклад $\eta = 20 \dots 30\%$ передавачів середньої потужності і до $40 \dots 50\%$ – великої потужності.

Найбільш актуальне збільшення ККД передавачів портативних радіостанцій, оскільки ємність і габарити джерел електроживлення обмежені.

3.5. Неосновні випромінювання

На виході радіопередавального пристрою повинні мати місце основні випромінювання – випромінювання в необхідній смузі частот.

Необхідна смуга частот – це мінімальна смуга частот сигналу, яка достатня для передачі повідомлення з потрібного швидкістю і якістю. Але внаслідок недосконалості передавача він є джерелом неосновних випромінювань, спектр яких знаходиться поза межами необхідної смуги частот. Всі неосновні випромінювання умовно поділяють на позасмугові і побічні.

Позасмугові випромінювання це такі, які прилягають до необхідної смуги випромінювань. Вони виникають у процесі модуляції несучої шумами і первинним сигналом.

Побічні випромінювання обумовлені нелінійними процесами в передавачі.

Існують норми на неосновні випромінювання радіопередавачів, які приводяться у державних стандартах і відомчих нормалях.

Наприклад, неосновні випромінювання передавачів цивільних відомств повинні бути менші за потужністю основних на 40 дБ і більше.

3.6. Класи сигналів (випромінювань)

Класи сигналів, які використовуються в радіозв'язку залежать, в основному, від призначення радіостанції, діапазону робочих частот і вимог до завадостійкості системи радіозв'язку.

Радіостанції малої потужності зазвичай працюють одним, двома сигналами (телефонними).

Радіостанції середньої і великої потужності забезпечують роботу декількома телеграфними і телефонними сигналами.

У професійному радіозв'язку використовуються наступні види сигналів:

Телеграфні:

A1A – маніпуляція амплітуди несучої; слуховий прийом;

F1B, F7B – маніпуляція частоті несучої, один - два канали; автоматичний прийом;

G1B, G7B – маніпуляція фази несучої, один - два канали; автоматичний прийом.

Телефонні:

A3E – амплітудна двохсмугова модуляція;

A3E, R3E, I3E – односмугова модуляція, відповідно, з повного, ослабленою і придушеною несучою;

F3E – частотна модуляція.

Розглянуті визначення та характеристики радіопередавачів широко використовуються у подальшому навчальному матеріалі.

4. Загальна структура типового збуджувача формування дискретних радіосигналів

Загальною функцією збуджувача є перетворення первинного сигналу у радіочастотний сигнал. При цьому повинні бути виконані наступні основні вимоги:

- перекриття заданого діапазону робочих частот;
- формування видів сигналів, які обумовлені призначенням передавача;
- забезпечена задана стабільність частоти вихідного сигналу;
- забезпечено розміщення спектра сигналу у заданій смузі частот;
- забезпечений мінімальний рівень позасмугових і побічних випромінювань.

Реалізувати ці вимоги значно легше, якщо спочатку формувати радіочастотний сигнал на фіксованих, досить низьких частотах, а потім перенести його у радіочастотний діапазон за допомогою високостабільних

коливань. Ці функції виконуються в сучасних збуджувачах, типова структурна схема яких приведена на **рис. 3**.

Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.

Рис. 3

У пристрої формування сигналів здійснюється перетворення первинних ТФ і ТГ сигналів у радіочастотні сигнали на деякій фіксованій проміжній частоті $f_{\text{пр}}$. Процес формування зводиться до модуляції в. ч. коливань первинним сигналом або до лінійного переносу спектра первинного сигналу до частоти $f_{\text{форм}}$.

Примітка: радіочастотний сигнал відрізняється від первинного наявністю несучого коливання або його залишку і двобічним, відносно несучої, спектром. В деяких сигналах несуча може бути відсутня, але бічні смуги, якщо їх не придушують, завжди будуть присутніми.

Частота $f_{\text{пр}}$ утворюється з високостабільної частоти синтезатора $f_{\text{оп}}$, а її значення обирається з міркувань ефективної розфільтровки основних і неосновних випромінювань.

У тракці переносу сигналів в робочий діапазон здійснюються послідовні частотні перетворення радіочастотного сигналу. У найпростішому випадку вихідне коливання збуджувача утворюється як $f_{\text{вих}} = f_{\text{сімки}} + f_{\text{пр}}$ або $f_{\text{вих}} = f_{\text{сімки}} - f_{\text{пр}}$, але з метою зменшення кількості побічних коливань перенос сигналів спочатку здійснюється з однієї фіксованої частоти на другу, а потім – у діапазон дискретних частот вихідних коливань збуджувача. Крім цього, вихідні коливання підсилюються для нормального збудження підсилювача потужності передавача.

У синтезаторі утворюються коливання високостабільних опорних частот, а також сітка дискретних частот в заданому робочому діапазоні з заданим кроком дискретності.

У пристрої управління формуються коди команд управління, які забезпечують функціонування та контроль працездатності елементів збуджувача.

Питання для власного контролю та повторення

1. Які вимоги загального характеру пред'являються до радіо-передавальних пристроїв?
2. Які функції виконує радіопередавач?
3. Чим визначається необхідність використання узгоджуючого пристрою?
4. Що розуміється під потужністю радіопередавача?
5. Що таке необхідна смуга частот радіопередавача?
6. Чим обумовлені побічні випромінювання в радіопередавачі?