

Лекція 17

УЗГОДЖУЮЧІ ПРИСТРОЇ РАДІОПЕРЕДАВАЧІВ

1. Призначення та вимоги до узгоджувачих пристроїв

При роботі передавача в широкому діапазоні частот використовується декілька типів антен, вхідний опір яких має комплексний характер і змінюється в широких межах

$$Z_A(j\omega) = R_A(\omega) + jX_A(\omega).$$

Оскільки, електронний прилад вихідного каскаду передавача віддає максимальну потужність в активний опір, що дорівнює $R_{ГР}$, то виникає необхідність перетворення опору антени до цієї величини в усьому діапазоні робочих частот. Іншими словами необхідне узгодження навантаження електронного приладу з опором антени.

У вихідних каскадах простої схеми узгодження досягається настройкою контуру навантаження в резонанс і регулюванням величини зв'язку контуру з електронним приладом.

У складній схемі вихідного каскаду узгодження здійснюється шляхом настройки і регулювання зв'язку антенного контуру з контуром навантаження електронного приладу.

Елементи антенного контуру функціонально і конструктивно можуть виділятися в окремий пристрій, який називають узгоджувачим пристроєм.

Таким чином, основним призначенням узгоджувачого пристрою є перетворення комплексного опору антени $Z_A(j\omega)$ у постійний опір навантаження ПП $R_{Н}$. Якщо в комплекті антен є антени з симетричним входом, то функцію утворення симетричного виходу передавача також виконує узгоджувачий пристрій. В цьому випадку його називають узгоджувачим-симетруючим.

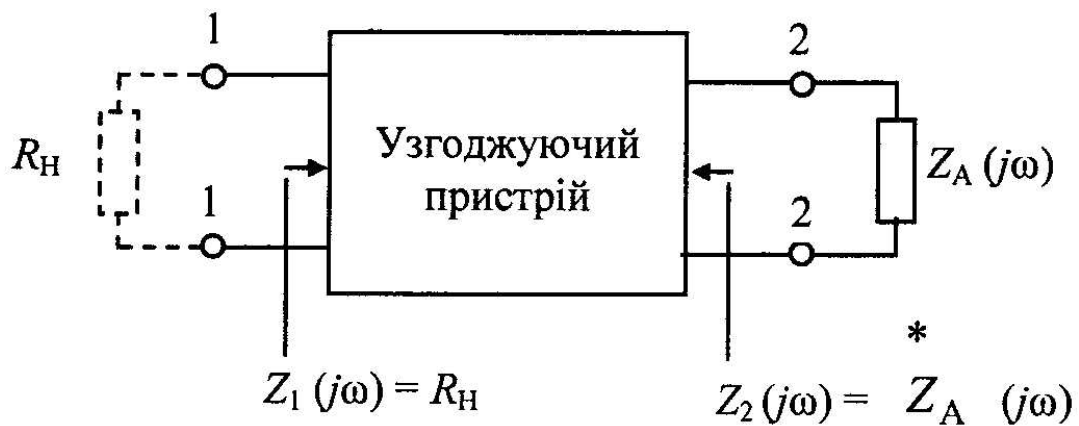


Рис. 1

Розглянемо схему включення узгоджувачого пристрою, яка приведена на рис. 1.

При настроєному узгоджувачому ланцюзі його вхідний опір з боку контактів 1–1 на будь-якій частоті повинен бути: $Z_1(j\omega) = R_H$. При цьому вся потужність, яка підведена до входу узгоджувачого ланцюга, буде передана в антену. Але вона буде повністю виділятися на активному опорі антени, тобто випромінюватися, з умови, що вихідний опір узгоджувачого ланцюга буде комплексно спряжений опорі антени

$$Z_2(j\omega) = Z_A(j\omega).$$

Таким чином, при настроєному узгоджувачому ланцюзі його обидва входи узгоджені, а ланцюг являє собою частотно-залежний трансформатор опорів.

До узгоджувачих пристроїв пред'являються наступні вимоги:

1. Максимальна точність узгодження, тобто мінімальне відхилення $Z_1(j\omega)$ від R_H . Це характеризується коефіцієнтом відбиття на вході УП або коефіцієнтом бігучої хвилі.
2. Мінімальні втрати енергії (максимальна добротність елементів УП).
3. Фільтруючі властивості по відношенню до неосновних випромінювань.
4. Простота і однозначність настройки – мінімальна кількість елементів.
5. Мінімальний час перестройки.

2. Резонансні узгоджувачі пристрої

Під резонансними узгоджувачими пристроями розуміються такі, в яких узгоджувачий ланцюг складається з реактивних елементів, що перестроюються при кожній зміні частоти.

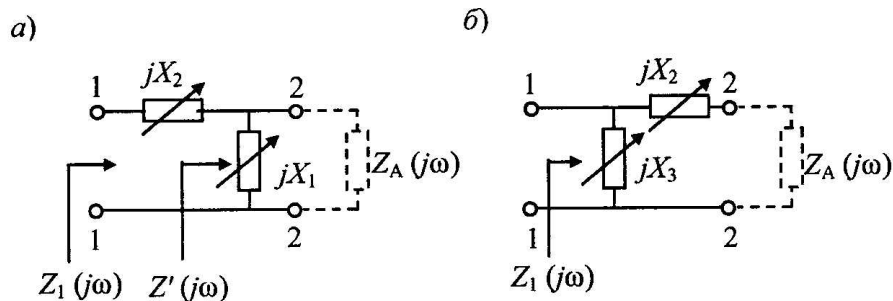


Рис. 2

Мінімальна кількість реактивних елементів дорівнює двом. Схеми їх включення приведені на рис. 2, а, б.

Узгоджувачий ланцюг виду “а” називають Т-подібним напівколом, а виду “б” – П-подібним напівколом, Вони утворюють так звані Г-подібні кола ФНЧ і, крім узгодження, забезпечують придушення гармонік основного сигналу.

Розглянемо вплив реактивних елементів, що включені послідовно і паралельно опору антени на величину і характер вхідного опору УП $Z_1(j\omega)$.

Послідовний елемент впливає лише на реактивну складову вхідного опору

$$Z_1(j\omega) = R_A(\omega) + jX_A(\omega) + jX_2(\omega). \quad (1)$$

При цьому, для отримання вхідного опору чисто активного характеру опір реактивного елементу X_2 повинен бути рівним за величиною і протилежним за знаком реактивному опору антени

$$Z_1(\omega) = R_A(\omega); \quad jX_A - jX_2 = 0. \quad (2)$$

На комплексній площі цей процес відображається прямою лінією, що паралельна осі ординат і проходить через R_A (рис. 3).

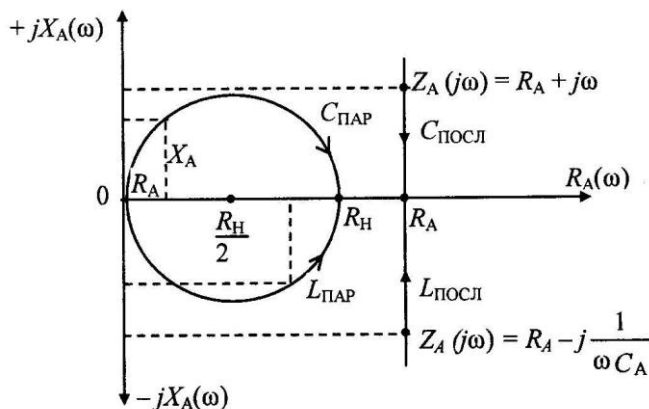


Рис. 3

Таким чином, лише послідовний реактивний елемент не трансформує активний опір антени до необхідної величини R_H .

Паралельний реактивний елемент jX_1 є шунтом по відношенню до Z_A і утворює разом з антеною коливальний паралельний контур. Тому одразу можна стверджувати наступне:

Результуюча провідність у точках 2–2 буде

$$\frac{1}{jX_1} + \frac{1}{Z_A(j\omega)} = \frac{1}{jX_1} + \frac{R_A(\omega)}{R_A^2(\omega) + X_A^2(\omega)} - j \frac{X_A(\omega)}{R_A^2(\omega) + X_A^2(\omega)}, \quad (3)$$

а умови узгодження:

$$\frac{1}{jX_1} - j \frac{X_A(\omega)}{R_A^2(\omega) + X_A^2(\omega)} = 0; \quad \frac{R_A(\omega)}{R_A^2(\omega) + X_A^2(\omega)} = \frac{1}{R_H}. \quad (4)$$

З виразів (4) видно, що реактивний шунт трансформує, як активний, так і реактивний опір антени. Після деяких перетворень активну складову провідності можна записати у вигляді

$$\left[R_A(\omega) - \frac{R_H}{2} \right]^2 + X_A^2(\omega) = \left(\frac{R_H}{2} \right)^2. \quad (5)$$

Вираз (5) є рівнянням кола з радіусом $\frac{R_H}{2}$ і центром, який має координати $X_A(\omega) = 0; R_A(\omega) = \frac{R_H}{2}$ (рис. 3).

Це коло на площині $Z_A(j\omega)$ визначає множини значень опору антени, які можуть бути перетворені у величину R_H з допомогою одного реактивного елемента, який підключено до Z_A паралельно. З діаграми також видно, що до величини R_H трансформуються лише величини $Z_A(j\omega)$ в яких $R_A(\omega) \leq R_H$. З виразу (4) слідує також, що компенсування позитивного реактивного опору антени здійснюється включенням паралельної ємності, а від'ємного – включенням індуктивності.

Розглянуті приклади демонструють, що з допомогою лише одного реактивного елемента узгодження обмежено значеннями $Z(j\omega)$, які належать або лінії з $R_A = \text{const}$, або колу з радіусом $\frac{R_H}{2}$.

Для узгодження опору антени будь-якої величини використовується комбіноване включення реактивних елементів за схемами рис. 2. При цьому, області можливого узгодження залежать від схеми включення та характеру опору реактивних елементів (рис. 4).

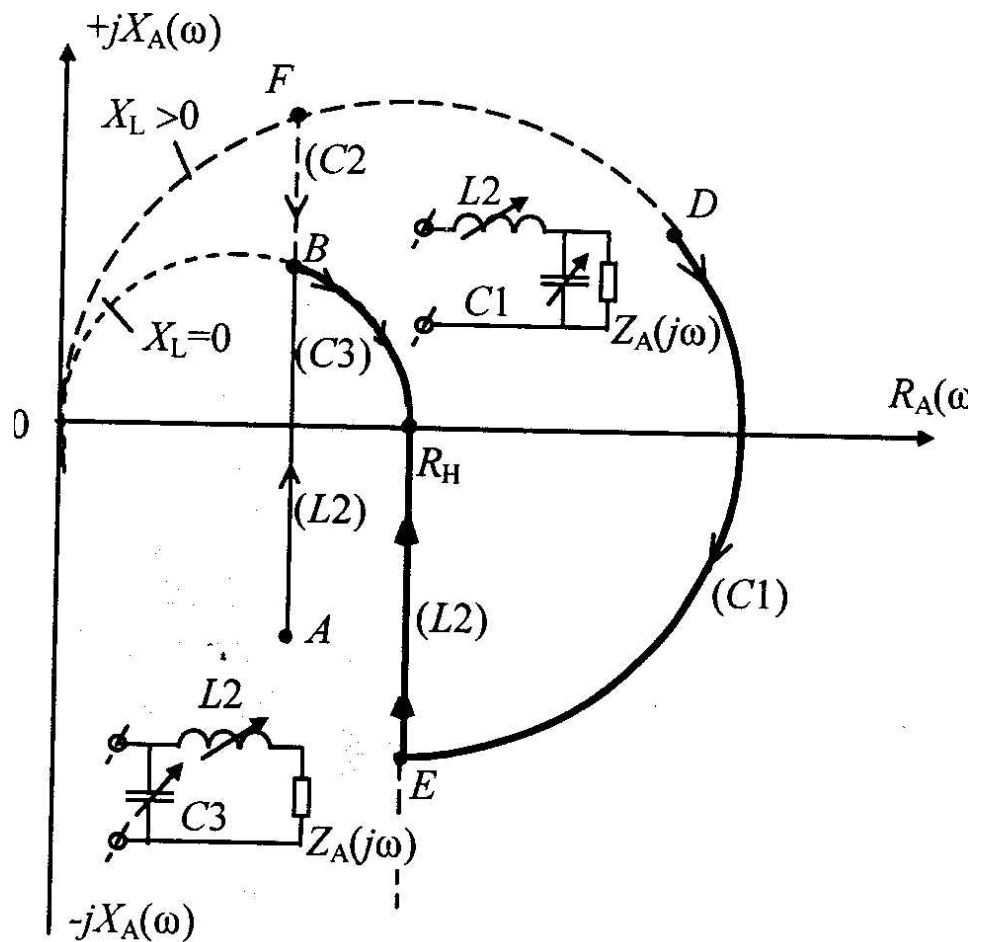


Рис. 4

На рис. 4 приведені діаграми областей узгодження для ланцюгів, в яких в послідовній гілці включено індуктивність $L2$, а в паралельній гілці ємність $C1$ або $C3$. Межею областей є частина кола, яка відповідає випадку узгодження з допомогою лише одної ємності, що підключається паралельно, тобто коли $X_{L2} = \omega L2 = 0$, а також відрізок прямої $E R_H$, який відповідає настройці ланцюга послідовною індуктивністю.

Розглянемо два приклади узгодження. Припустимо, що опір антени має ємнісний характер, а активний опір $R_A(\omega) < R_H$ (точка А). В цьому випадку індуктивністю $L2$ опір антени трансформується в точку В на коло постійної провідності, що дорівнює $\frac{1}{R_H}$. Потім ємністю $C3$ опір перетворюється до величини R_H .

Відрізок А В є пропорційний опору $\omega L2$, який визначає необхідну величину індуктивності, а реактивна складова провідності в точці В, що дорівнює $\omega C3$, визначає величину ємності $C3$.

У випадку, коли опір антени має індуктивний характер, а $R_A > R_H$ (точка D) ємністю $C1$ опір трансформується до точки E, в якій активний опір дорівнює R_H , а реактивний опір має від'ємне значення. Останній компенсується індуктивністю $L2$, в результаті чого опір який відповідає точці E перетворюється у величину R_H . Відрізок E R_H є пропорційний опору $\omega L2$, а різниця реактивних складових провідностей, які відповідають точкам D і E, пропорційна величині $\omega C1$.

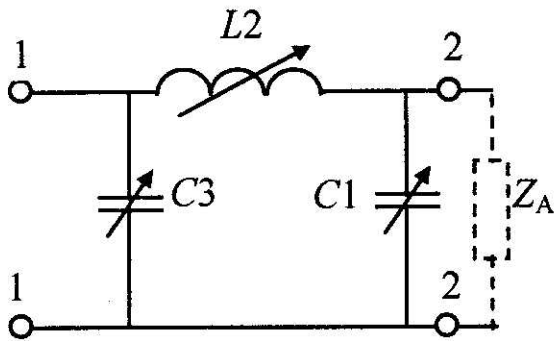


Рис. 5

Використовуються також узгоджуючі ланцюги у вигляді повного П-подібного кола ФНЧ (рис. 5). Але такий узгоджуючий ланцюг має неоднозначну настройку, що ускладнює автоматизацію цього процесу.

(Продовження – в наступній лекції)