

Лекція 13

ПІДСИЛЮВАЧІ ПОТУЖНОСТІ РАДІОПЕРЕДАВАЧІВ

1. Загальна характеристика підсилювачів потужності радіопередавачів

Підсилювач потужності є складовою частиною радіопередавача. Він призначений для підсилення сигналу, який сформовано у збуджувачі. При цьому до нього пред'являються наступні вимоги:

- перекриття заданого діапазону частот $f_{\text{мін}} \dots f_{\text{макс}}$;
- забезпечення заданої потужності в навантаженні – $P_{\text{н}}$;
- забезпечення заданої нерівномірності потужності у діапазоні робочих частот – $\Delta P_{\text{н}}$;
- максимальний коефіцієнт корисної дії – (ККД) – η ;
- мінімальний час перестройки;
- лінійність підсилення і задана ступінь ослаблення неосновних коливань.

Реалізація цих вимог тим складніша чим у більш широкому діапазоні частот працює передавач. Це пояснюється зміною у діапазоні частот, як вихідних параметрів підсилювача так і антено-фідерної системи, яка є навантаженням підсилювача.

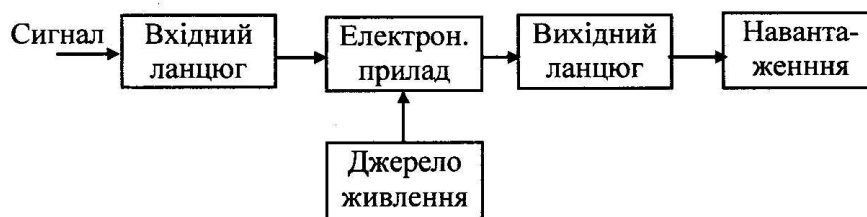


Рис. 1

Вхідний ланцюг забезпечує передачу максимальної потужності від джерела сигналу до електронного приладу.

Вихідний ланцюг призначений для узгодження електронного приладу з навантаженням, а також може виконувати роль фільтра, який ослабляє неосновні коливання. В якості вихідного ланцюга може бути коливальний контур, який перестроюється у діапазоні частот, або широкосмуговий ланцюг. За цим критерієм підсилювачі поділяються на резонансні і аперіодичні.

В якості електронного приладу може бути електронна лампа або транзистор.

Електронна лампа використовується в передавачах середньої і великої потужності, транзистори у передавачах малої і середньої потужності.

2. Енергетичні співвідношення в ламповому підсилювачі потужності

Один з варіантів схем лампового резонансного підсилювача потужності зображено на рис. 2.

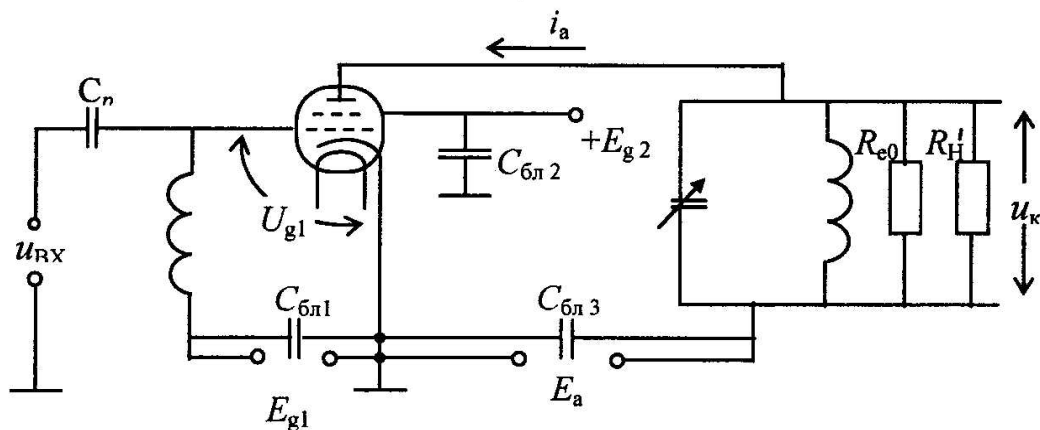


Рис. 2

Вхідний ланцюг складається з елементів C_p , $L_{др}$, $C_{бл1}$.

Електронна лампа – тетрод, включений за схемою з загальним катодом. Вихідний ланцюг – коливальний контур, включений послідовно з лампою і джерелом анодної напруги E_a . Коливальний контур навантажений активним опором $R'н$.

2.1. Принцип дії підсилювача

На управляючу сітку лампи подаються одночасно дві напруги: напруга зсуву E_{g1} для вибору режиму роботи лампи і напруга збудження $u_{вх} = U_{mg} \cos \omega_0 t$.

Між управляючою сіткою і катодом діє напруга

$$u_{g1} = -E_{g1} + U_{mg} \cos \omega_0 t. \quad (1)$$

Коливальний контур настроений на частоту ω_0 і його еквівалентний опір

$$R_{eo} = Q \cdot \rho,$$

де $\rho = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$ – характеристичний опір контура при резонансі.

З урахуванням R'_H еквівалентний опір навантаження лампи R_e буде

$$R_e = \frac{R_{eo} R'_H}{R_{eo} + R'_H} = \frac{R_{eo}}{1 + \frac{R_{eo}}{R'_H}} = Q_e \cdot \rho, \quad (2)$$

де $Q_e = \frac{Q}{1 + \frac{R_{eo}}{R'_H}}$ – добротність навантаженого контура.

При включенні анодного живлення в ланцюзі аноду буде протікати струм i_a , величина і форма якого визначаються режимом роботи лампи і амплітудою напруги збудження u_{BX} .

На рис. 3, а зображено анодно-сіткову (вхідну) характеристику радіолампи, яка показує залежність анодного струму i_a , а також сіткових струмів управляючої сітки i_{g1} і екрануючої сітки i_{g2} від напруги на управляючій сітці u_{g1} .

На рис. 3, б показані часові діаграми анодного струму при різних величинах напруги зсуву E_{g1} , E'_{g1} , E''_{g1} і напруги збудження u_{BX} . Нижче приведені діаграми змінної напруги на контурі u_k і напруги на аноді u_a .

Спочатку розглянемо випадок, коли робоча точка на анодно-сітковій характеристиці вибрана в середині лінійної ділянки (напругою зсуву – E_{g1}) і напруга збудження знаходиться в межах цієї ділянки.

При цьому миттєве значення анодного струму буде

$$i_a = I_{a0} + I_{a1} \cos \omega_0 t, \quad (3)$$

де I_{a0} – постійна складова анодного струму;
 I_{a1} – амплітуда 1-ї гармоніки анодного струму.

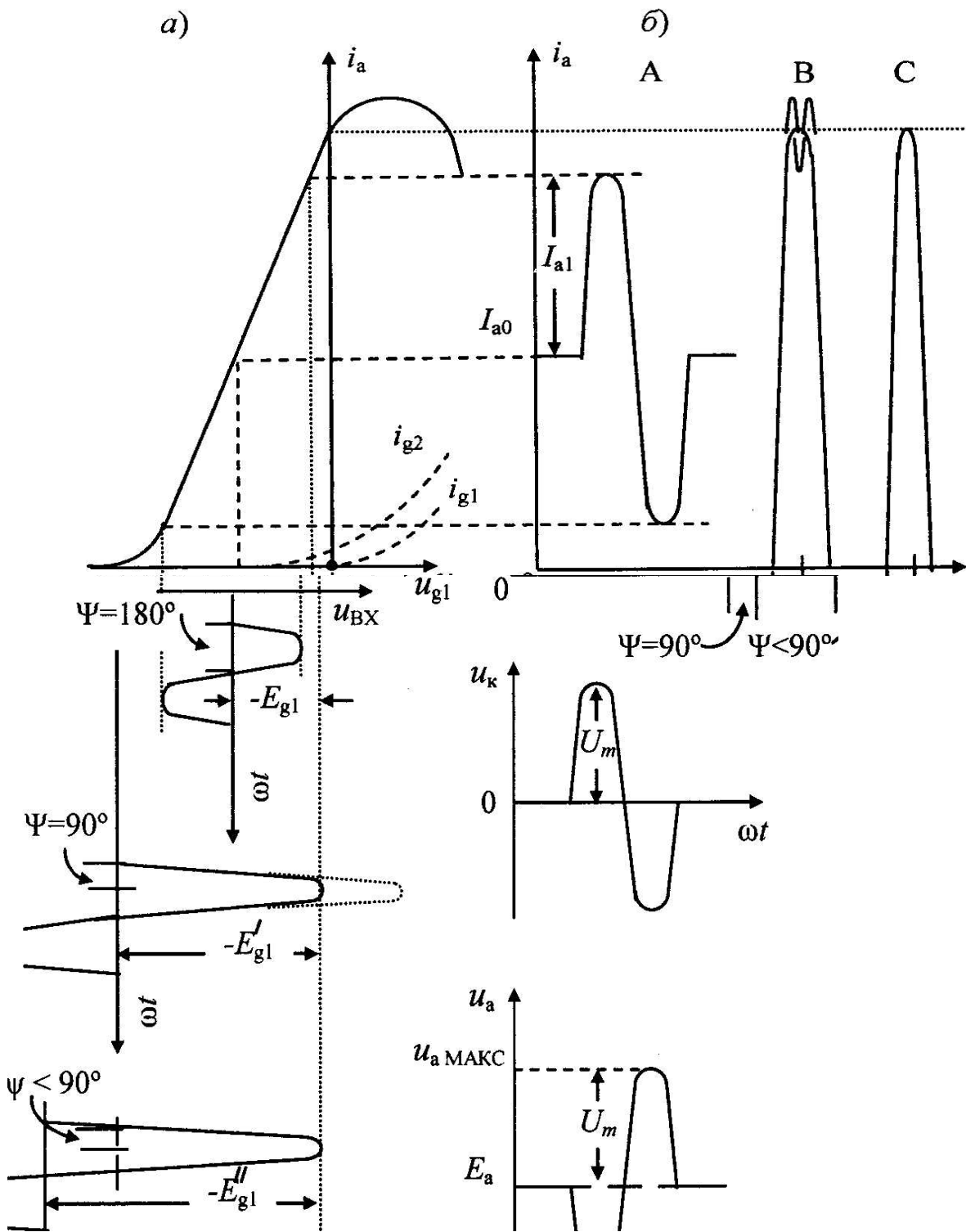


Рис. 3

Оскільки коливальний контур настроений на частоту ω_0 то на ньому виникає змінна, напруга u_k , яка збігається за фазою з напругою збудження і визначається за виразом

$$u_k = I_{a1} R_{e0} \cos \omega_0 t = U_{mk} \cos \omega_0 t. \quad (4)$$

На аноді лампи (точніше проміж анодом і катодом) напруга u_a дорівнює різниці E_a і u_k , тобто

$$u_a = E_a - u_k = E_a - U_{mk} \cos \omega_0 t. \quad (5)$$

Змінна складова напруги на аноді має протилежну фазу відносно u_k і $u_{вх}$.

Розглянутий режим роботи підсилювача називають режимом роботи класу "А".

2.2. Енергетичні співвідношення в підсилювачі

Потужність, яка споживається підсилювачем від джерела постійного струму P_0 визначається

$$P_0 = I_{a0} E_a. \quad (6)$$

Коливальна потужність у контурі P_{\sim} дорівнює

$$P_{\sim} = \frac{1}{2} I_{a1} \cdot U_{mk}. \quad (7)$$

Вона є частиною P_0 , тому що частина потужності P_a розсіюється на аноді

$$P_a = P_0 - P_{\sim}. \quad (8)$$

Відношення коливальної потужності до потужності, що споживається є ККД підсилювача по анодному ланцюгу η_a

$$\eta_a = \frac{P_{\sim}}{P_0} = \frac{1}{2} \frac{I_{a1} U_{mk}}{I_{a0} E_a} = \frac{1}{2} \frac{I_{a1}}{I_{a0}} \xi, \quad (9)$$

де $\xi = \frac{U_{mk}}{E_a}$ – коефіцієнт використання анодної напруги.

Коливальна потужність P_{\sim} є сума потужностей, які виділяються, власне у коливальному контурі і навантаженні R'_H

$$P_{\sim} = P_K + P'_H = \frac{1}{2} \frac{U_{mk}^2}{R_{e0}} + \frac{1}{2} \frac{U_{mk}^2}{R'_H}. \quad (10)$$

Відношення цих потужностей називається ККД коливального контуру η_K .

$$\eta_K = \frac{P'_H}{P_{\sim}} = \frac{R_{e0}}{R_{e0} + R'_H} = \frac{1}{1 + \frac{R'_H}{R_{e0}}}. \quad (11)$$

Із (11) випливає, що збільшення η_K можливе шляхом збільшення R_{e0} , тобто підвищенням добротності контуру: $R_{e0} = Q \cdot r$.

Загальний коефіцієнт корисної дії ПП визначається відношенням потужності, яка виділяється у корисному навантаженні до потужності, яка споживається від джерела постійного струму

$$\eta_{ПП} = \frac{P'_H}{P_0} = \frac{P_{\sim} \eta_K}{P_0} = \frac{P_0 \eta_a \eta_K}{P_0} = \eta_a \eta_K = \frac{1}{2} \frac{I_{a1}}{I_{a0}} \xi \cdot \eta_K \quad (12)$$

У розглянутому режимі роботи ПП класу А величини $\xi = 0,7 \div 0,8$; $\eta_K = 0,7 \div 0,8$; $\frac{I_{a1}}{I_{a0}} = 0,7 - 0,8$. Тому ККД підсилювача потужності дорівнює 0,2...0,3.

Збільшення $\eta_{ПП}$ можливо шляхами:

1. Зменшенням потужності, що розсіюється на аноді $P_a (I_{a0})$. Для цього робоча точка вибирається у початку анодно-сіткової характеристики збільшенням напруги зсуву E_{g1}

2. Збільшенням коефіцієнту використання анодної напруги ξ шляхом збільшення амплітуди напруги збуджування.

3. Збільшенням η_K (зменшенням втрат в контурі).

(Продовження – в наступній лекції)