

Загальні відомості про підсилювачі та їх класифікація

Електронним підсилювачем називається пристрій, призначений для підсилення потужності електричного сигналу без спотворення його форми і частоти (для лінійного підсилювача).

Необхідність у підсилювачі виникає тоді, коли потужність джерела сигналу менша за потужність навантаження. У такому разі послідовно з навантаженням вмикають джерело живлення і підсилюючий елемент (ПЕ). Джерело сигналу діє не безпосередньо на навантаження, а на вхід ПЕ і, змінюючи провідність останнього, забезпечує пропорційні вхідному сигналу зміни струму у колі навантаження. В результаті у навантаженні виділяється необхідне значення потужності за рахунок енергії джерела живлення.

Як ПЕ у сучасних підсилювачах зазвичай використовують транзистори (біполярні або польові), рідше - електронні лампи.

Загальна структурна схема підсилювача наведена на рис. 1.

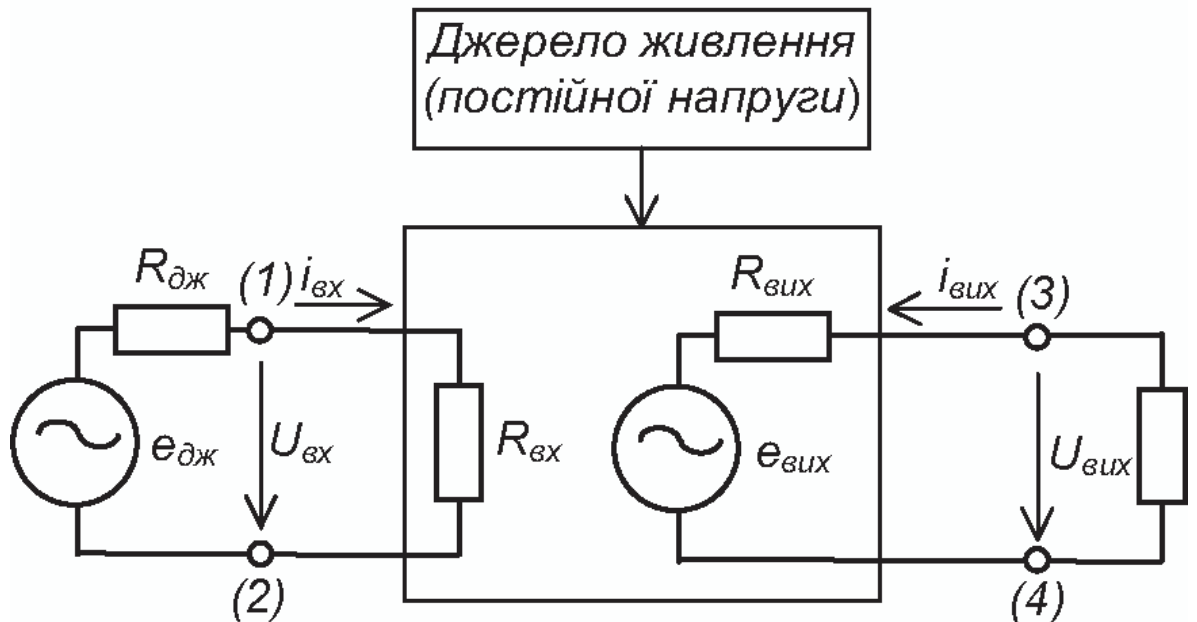


Рис.1 - Структурна схема підсилювача.

Вхідний сигнал від керуючого джерела енергії $e_{дж}$ (джерела вхідного сигналу) подається на вхідні клеми (1)-(2) підсилювача через внутрішній опір джерела $R_{дж}$. Потужність джерела вхідного сигналу виділяється на вхідному опорі підсилювача $R_{вх}$. Навантаження підмикається до клем (3)-(4). Вхідний малопотужний сигнал керує кількістю енергії, що подається у навантаження від джерела живлення значно більшої потужності (підсилювальні властивості вихідного кола представлені за допомогою додаткової електрорушійної сили $e_{вих}$). Таким чином, завдяки використанню ПЕ і зовнішнього джерела живлення, стає можливим підсилення малопотужного вхідного сигналу.

Підсилювачі класифікуються за такими ознаками:

- 1) призначення;
- 2) частота сигналу, що підсилюється;
- 3) форма сигналу;
- 4) характер змін з часом сигналу, що підсилюється.

Усі ці ознаки накладають специфічні вимоги до побудови конкретних схем підсилювачів.

За призначенням підсилювачі поділяються на підсилювачі напруги, струму та потужності. Тобто вони забезпечують на виході необхідний рівень напруги, струму або потужності (хоча за своєю суттю усі вони є підсилювачами потужності).

У підсилювача напруги $R_{дж} \ll R_{вх}; R_{вих} \ll R_n$ і, в результаті, відносно великі зміни напруги на навантаженні забезпечуються при незначних змінах вхідного та вихідного струмів.

У підсилювача струму $R_{дж} \gg R_{вх}; R_{вих} \gg R_n$ і протікання струму необхідного значення у вихідному колі відбувається за малих значень напруги у вхідному та вихідному колах.

У підсилювача потужності $R_{дж} = R_{вх}; R_{вих} = R_n$, за рахунок чого забезпечується максимальна потужність як у вхідному, так і у вихідному колах (узгоджений за потужністю режим роботи).

За частотою підсилювачі поділяються на підсилювачі низької частоти (від одного герца до десятків кілогерц), середньої частоти (від десятків кілогерц до мегагерца) та високої частоти (більше за мегагерц) рис. 4.

За смугою частот робочого діапазону бувають широкосмугові підсилювачі й **вибіркові** (забезпечують підсилення у дуже вузькому діапазоні частот, в ідеалі - сигналів однієї частоти).

За формою сигналу, що підсилюється, вони поділяються на підсилювачі гармонічних та імпульсних сигналів.

За характером зміни вхідного сигналу з часом бувають підсилювачі постійного та змінного струму.

Найпростіший вузол, що забезпечує підсилення електричного сигналу, називається **підсилюючим каскадом**.

За видом зв'язку з джерелом сигналу, між каскадами та з навантаженням підсилювачі поділяються на підсилювачі з безпосереднім, резистивним, оптронним, резистивно-ємнісним, трансформаторним або резонансно-трансформаторним зв'язком.

Перші три види зв'язку можуть використовуватися у підсилювачах напруги як постійного, так і змінного струму, решта - тільки у підсилювачах напруги змінного струму.

Надалі ми будемо розглядати лінійні підсилювачі, у яких змінам вхідного сигналу відповідають пропорційні зміни вихідного.

Основні параметри і характеристики підсилювачів

Підсилювальні властивості підсилювача оцінюються такими характеристиками:

- 1) коефіцієнт підсилення – для лінійного підсилювача це:
- за напругою

$$K_U = \frac{U_{вих}}{U_{вх}}$$

для нелінійного підсилювача треба брати динамічне значення коефіцієнта підсилення

$$K_U = \frac{du_{вих}}{du_{вх}} \approx \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta U_{вх}}$$

за струмом

$$K_I = \frac{I_{вих}}{I_{вх}}$$

за потужністю

$$K_P = \frac{P_{вих}}{P_{вх}}$$

У загальному випадку величини K_U та K_I є комплексними. Тому

$$\underline{K} = \frac{\underline{A}_{вих}}{\underline{A}_{вх}} = \frac{A_{вих} e^{j\varphi_{вих}}}{A_{вх} e^{j\varphi_{вх}}} = K e^{j(\varphi_{вих} - \varphi_{вх})} = K e^{j\varphi}$$

де K – модуль коефіцієнта підсилення;

$j_{вих}, j_{вх}$ – фази вихідного та вхідного сигналів;

j – зсув фаз між вхідним та вихідним сигналами.

Величина $K_P = K_U K_I$ – завжди дійсне число.

У багатьох випадках коефіцієнт підсилення представляють у логарифмічних одиницях – децибелах (дБ):

$$K_U(\text{дБ}) = 20[\lg K_U]; K_I(\text{дБ}) = 20[\lg K_I]; K_P(\text{дБ}) = 10[\lg K_P];$$

- 2) вхідний опір за постійним або змінним (залежно від виду підсилювача) струмом

$$R_{вх} = \frac{U_{вх}}{I_{вх}}$$

- 3) вихідний опір підсилювача $R_{вих}$ (опір між вихідними клемми підсилювача за відімкненого опору навантаження);

4) коефіцієнт корисної дії (к.к.д.)

$$\eta = \frac{P_{вих}}{P_{заг}}$$

де $P_{заг}$ – загальна потужність, що відбирається від джерела живлення

5) амплітудна характеристика являє собою залежність вихідної напруги від вхідної $U_{вих} = f(U_{вх})$ На рисунку 2 позначено:

аб – робоча ділянка, на якій змінам вхідного сигналу відповідають пропорційні зміни вихідного;

бв – режим насичення (тут із ростом вхідного сигналу ріст вихідного припиняється – підсилювач виходить із лінійного режиму).

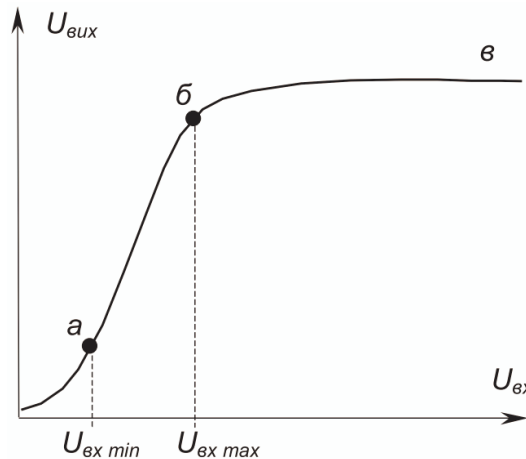


Рис.2 – Амплітудна характеристика підсилювача

б) динамічний діапазон - відношення найбільшої припустимої вхідної напруги до її найменшого припустимого значення

$$D = \frac{U_{вх \max}}{U_{вх \min}}$$

де $U_{вх \max}$ – найбільша припустима вхідна напруга, В;

$U_{вх \min}$ – найменша припустима вхідна напруга, В;

7) амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) – це залежність коефіцієнта підсилення K_U від частоти вхідного сигналу рис. 3.

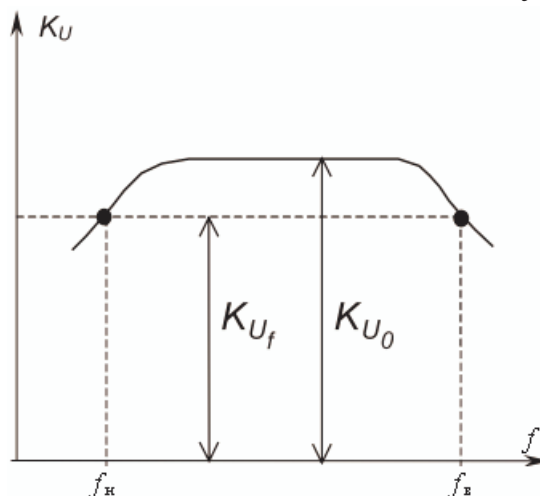


Рис.3 – Амплітудно-частотна характеристика підсилювача

На рисунку позначено: K_{U0} – найбільший коефіцієнт підсилення; K_{Uf} допустимий коефіцієнт підсилення

$$K_{Uf} = \frac{K_{U0}}{\sqrt{2}}$$

8) робочий діапазон частот - смуга частот від нижчої робочої частоти f_n до f_v вищої робочої частоти, в межах якої коефіцієнт підсилення не виходить за межі заданих допусків рис. 3;

9) фазо-частотна характеристика (ФЧХ) – залежність кута зрушення фази між вихідною й вхідною напругою від частоти.

11) лінійні викривлення - обумовлені відхиленнями частотних характеристик від ідеальних у робочому діапазоні частот. Вони викликані наявністю в ланцюгах підсилювача реактивних елементів і інерційних властивостей напівпровідникових приладів;

12) нелінійні викривлення - обумовлені наявністю в підсилювачі елементів із нелінійними вольт-амперними характеристиками;

Усі підсилювачі можна підрозділити на два класи - з лінійним і нелінійним режимами роботи.

У підсилювачах із лінійним режимом роботи вихідний сигнал повинен бути близьким за формою до вхідного.

У залежності від режиму роботи підсилювачі підрозділяються (рис. 4):

- на підсилювачі сигналу, що повільно змінюється (підсилювачі постійного струму - ППС), нижня частота $f_n \rightarrow 0$, а верхня границя частоти залежно від призначення становить $f_v = 10...100$ Гц;

- підсилювачі звукових частот (ПЗЧ), f_n – десятки Гц, f_v 15...20 Гц;

- підсилювачі високої частоти (ПВЧ), f_n – десятки кГц, f_v - десятки - сотні мГц;

- широкополосні підсилювачі (ШПП), f_n - десятки Гц, f_v - десятки - сотні мГц;

- вузькополосні підсилювачі (ВПП), характеризуються пропусканням вузької смуги частот.

У підсилювачах із нелінійним режимом роботи після досягнення деякої величини вхідного сигналу при його збільшенні сигнал на виході підсилювача залишається без зміни, тобто, обмежується на деякому рівні.

Такі підсилювачі застосовуються для перетворення синусоїдального або іншої форми сигналу в імпульсний сигнал, для посилення імпульсів. Вхідні сигнали управляють передачею енергії від джерела живлення у навантаження.

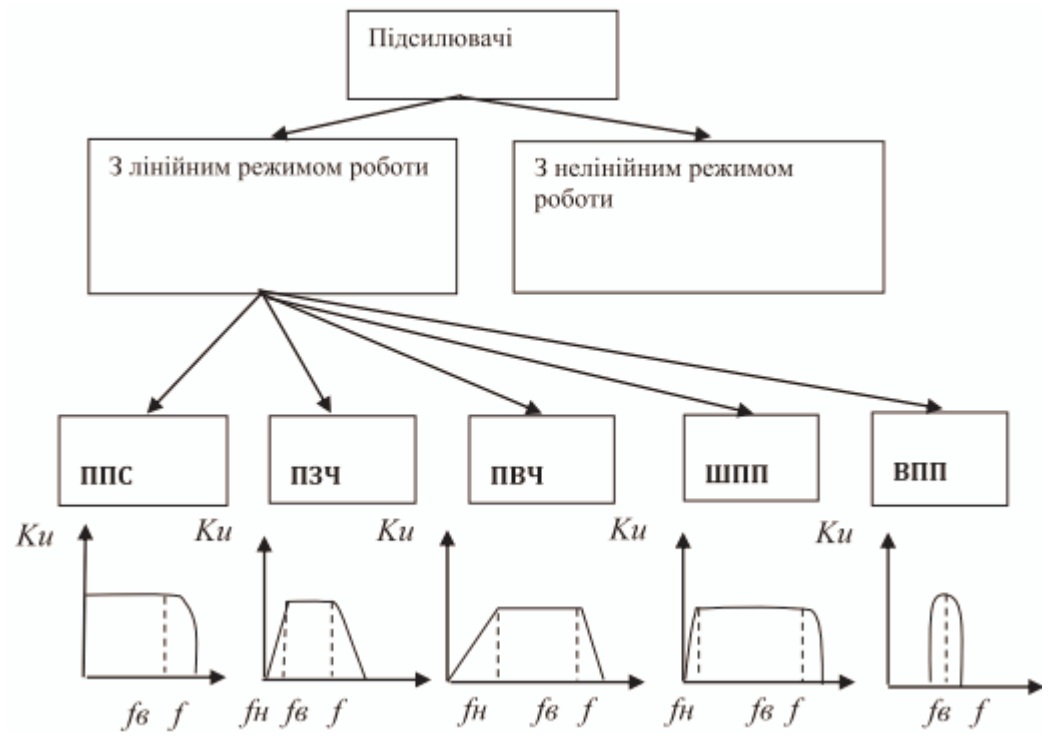


Рис. 4 - Класифікація підсилювачів