Всі підсилювачі можна підрозділити на два класи – з лінійним і нелінійним режимами роботи.

У підсилювачах з лінійним режимом роботи вихідний сигнал повинен бути близьким за формою до вхідного. Викривлення форми сигналу, що вносяться підсилювачем, повинні бути мінімальними.

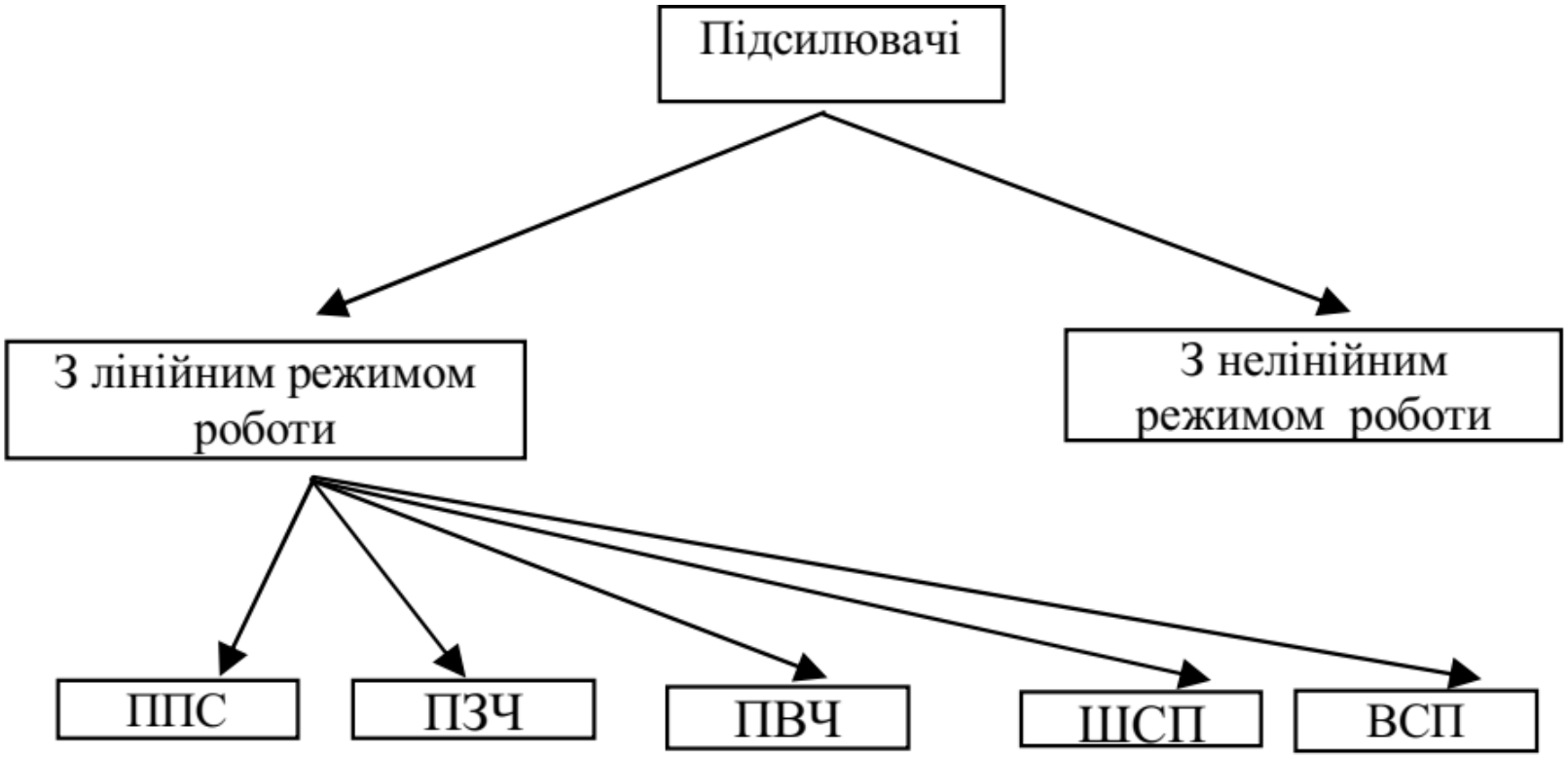
У підсилювачах з нелінійним режимом роботи пропорційність у передачі вхідного сигналу відсутня. Після досягнення деякої величини напруги вхідного сигналу за його збільшення сигнал на виході підсилювача залишається без зміни (обмежується на деякому рівні).

Такі підсилювачі використовують для перетворення вхідного сигналу, наприклад синусоїдального, в імпульсний, а також для підсилення імпульсів.

Підсилювачі з лінійним режимом роботи підрозділяють на:

-підсилювачі сигналу, що повільно змінюється (підсилювачі постійного струму – ППС);

- підсилювачі звукових частот (ПЗЧ);
- підсилювачі високої частоти (ПВЧ);
- широкосмугові підсилювачі (ШСП);
- вузькосмугові підсилювачі (ВСП)

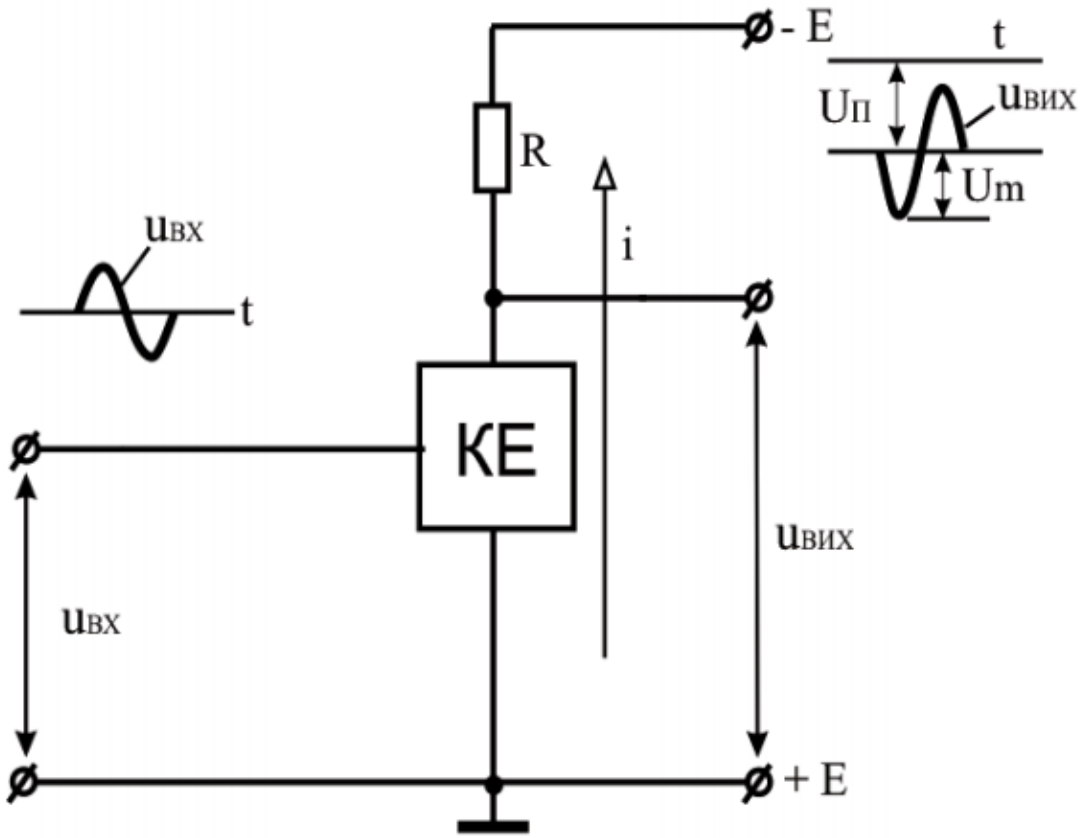


ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ПІДСИЛЮВАЛЬНИХ КАСКАДІВ

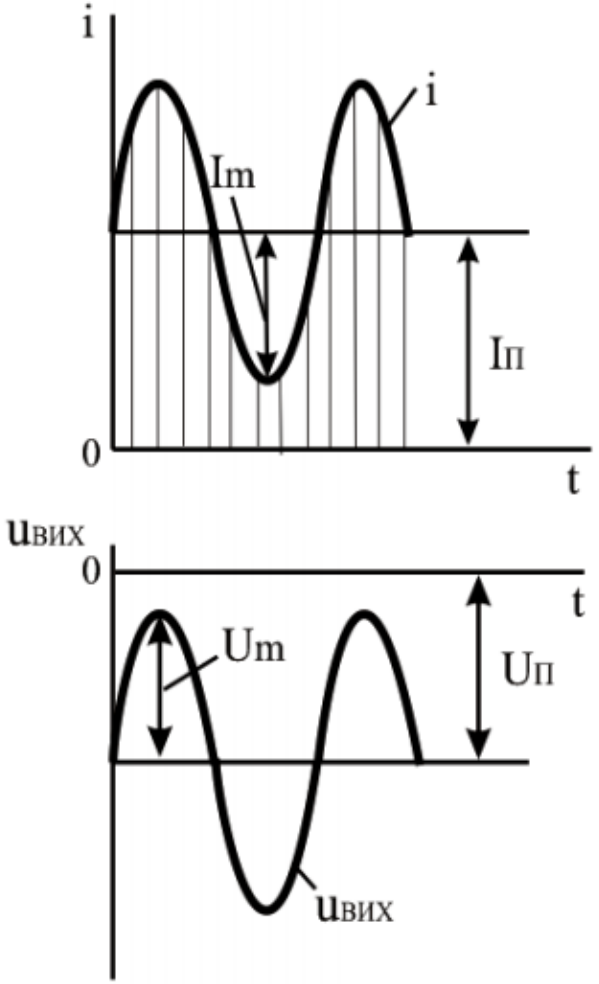
Багато підсилювачів складаються з декількох ступенів, що здійснюють послідовне підсилення сигналу і названих каскадами.

Число каскадів у таких багатокаскадних підсилювачах залежить від необхідних значень коефіцієнтів підсилення *KI, KU, KP.* Залежно від виконуваних функцій підсилювальні каскади підрозділяють на каскади попереднього підсилення і вихідні каскади. Каскади попереднього підсилення призначені для підвищення рівня сигналу за напругою, а вихідні каскади – для отримання необхідних значень струму або потужності сигналу в навантаженні.

Основними елементами каскаду є керований елемент *КЕ*, функцію якого виконує біполярний або польовий транзистор і резистор *R*. Спільно з напругою живлення *E* ці елементи утворюють вихідне коло каскаду.



а)



б)

Підсилюваний сигнал *UBX*, прийнятий синусоїдальним, подається на вхід *КЕ*. Вихідний сигнал uвих, знімається з виходу *КЕ* або резистора *R*. Він створюється в результаті зміни опору *КЕ*, отже, струму і у вихідному колі під впливом вхідної напруги. Процес підсилення ґрунтується на перетворенні енергії джерела постійної напруги *Е* енергію змінної напруги у вихідному колі за рахунок зміни опору *КЕ* згідно із законом, що задається вхідним сигналом.

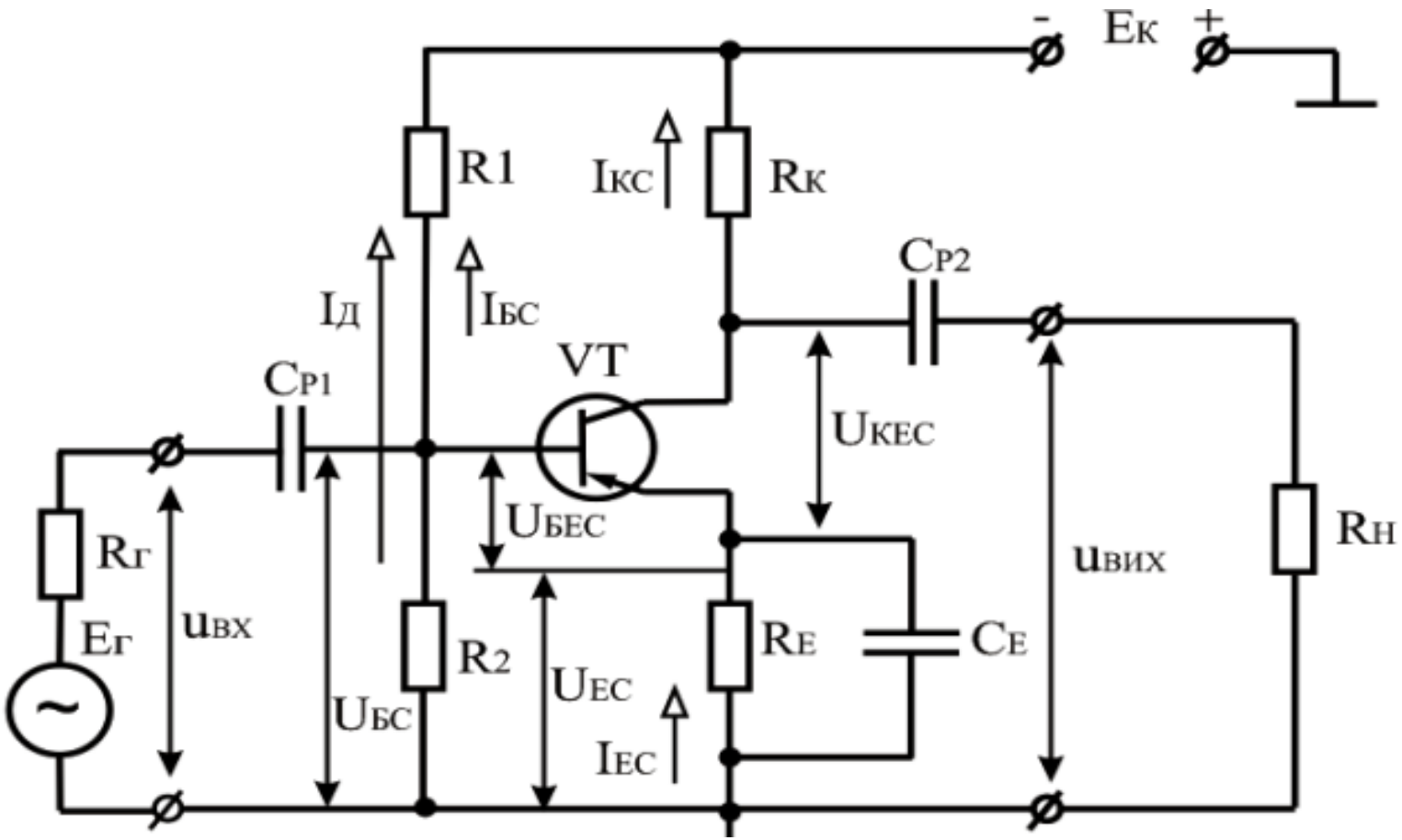
Зважаючи на використання для живлення джерела постійної напруги *Е*, струм у вихідному колі каскаду є однонаправленим.

При цьому змінний струм і напругу вихідного кола (пропорційні струму і напрузі вхідного сигналу) слід розглядати як змінні складові сумарних значень струму і напруги, що накладаються на їх постійні складові *In* і *Un*.

Зв’язок між постійними і змінними складовими повинен бути такий, щоб амплітудні значення змінних складових не перевищували постійних складових, тобто $ІП \geq Im$ і $УП \geq Um$. Невиконання цих умов призводить до викривлення форми вихідного сигналу.
Постійні складові струму і напруги визначають режим спокою підсилювального каскаду, і характеризують електричний стан схеми за відсутності вхідного сигналу.

Таким чином, під час подачі на керований елемент напруги вхідного сигналу в струмі вихідного кола створюється змінна складова, внаслідок чого на керованому елементі утворюється аналогічна складова напруги, що перевищує змінну складову напруги на вході.

Підсилювальний каскад на біполярному транзисторі за схемою зі спільним емітером (СЕ)



Підсилювальний каскад на біполярному транзисторі за схемою зі спільним емітером (СЕ)

Основними елементами схеми є джерело живлення *ЕК*, керуючий елемент – транзистор *VT* і резистор *RK*. Ці елементи утворюють головне коло підсилювального каскаду, в якому за рахунок протікання керованого по колу бази колекторного струму створюється підсилена змінна напруга на виході схеми. Решта елементів виконує допоміжну роль.

Конденсатори *СР1, СР2* є роздільними. Конденсатор *СР1* виключає шунтування вхідного кола каскаду колом джерела вхідного сигналу за постійним струмом. Функція конденсатора *СР2* зводиться до пропускання в коло навантаження змінної складової напруги і затримання постійної складової.

Підсилювальний каскад на біполярному транзисторі за схемою зі спільним емітером (СЕ)

Резистори *R1, R2* використовуються для задання режиму спокою каскаду. Оскільки біполярний транзистор керується струмом, то струм спокою (у цьому випадку струм *ІКС*) створюється заданням відповідної величини струму бази спокою *ІБС*. Резистор *R1* призначений для створення кола протікання струму *ІБС*. Спільно з *R2* резистор *R1* забезпечує початкову напругу на базі *UБС* відносно затиску "+ *ЕК*" джерела живлення.

Під час забезпечення режиму роботи транзистора необхідно здійснити температурну стабілізацію положення робочої точки (зменшити вплив температури на початкове положення робочої точки). З цією метою в емітерне коло введений резистор *RE*, на якому створюється напруга від'ємного зворотного зв'язку ВЗЗ за постійним струмом *URE*.

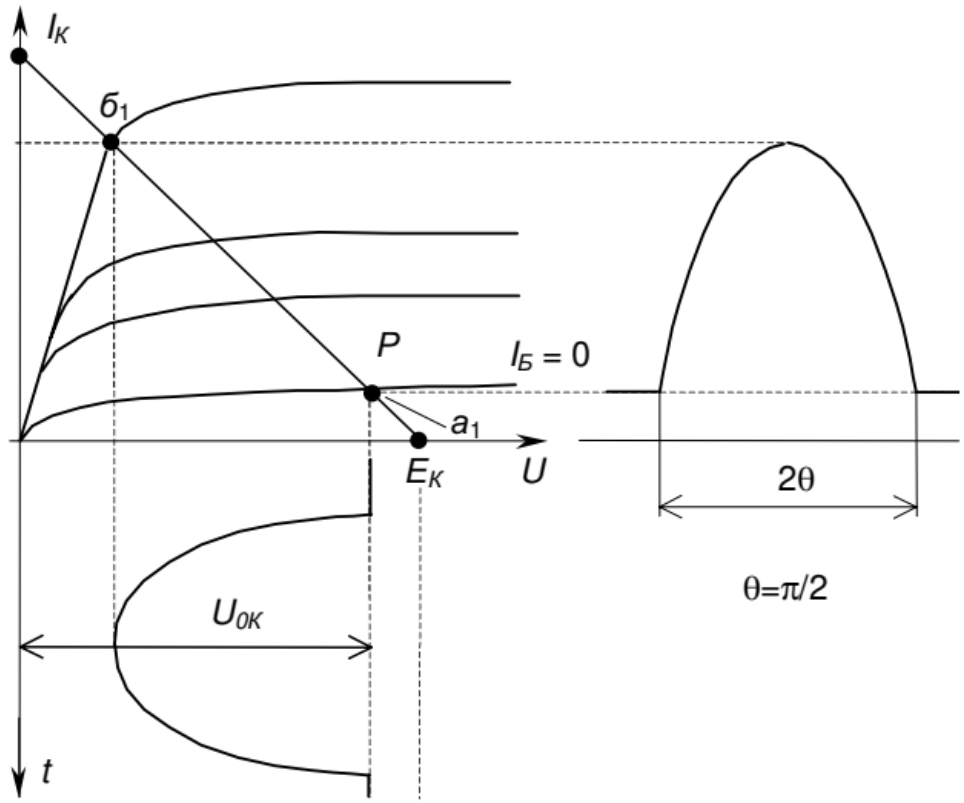
Режими роботи підсилювачів на біполярних транзисторах

Розрізняють три основні режими роботи підсилювальних каскадів: А, В, АВ, які визначаються початковим положенням робочої точки за відсутності вхідного змінного сигналу. Це положення визначається на характеристиках транзистора сукупністю постійних складових струмів і напруг у вихідному *ІКС, UКЕС* і вхідному І*БС*, *UБЕС* колах.

Під час роботи транзистора в активному (підсилювальному) режимі (клас А) початкове положення робочої точки повинно бути таким, щоб струм через активний елемент (біполярний транзистор) протікав упродовж всього періоду зміни вхідного сигналу, а амплітудне значення вихідного струму *ІКm* не перевищувало початкового струму *ІКС.* Тому в підсилювачах класу А положення робочої точки вибирають посередині лінії навантаження. Це забезпечує лінійне підсилення змінного вхідного сигналу. Такий режим використовують у каскадах попереднього підсилення або в малопотужних вихідних каскадах. Недоліком такого підсилювача є низький ККД (□*MAX* = 50%).

У підсилювачах класу В робоча точка вибирається на межі активного режиму та режиму (т.а1). У такому режимі транзистор відкритий тільки впродовж половини періоду змінного вхідного сигналу. Особливістю цього режиму є високий ККД підсилювача (ККД МАХ = 78,5%), тому його застосовують у вихідних двотактних каскадах підсилення потужності.

При роботі в режимі С точка спокою знаходиться на ділянці відтинання .



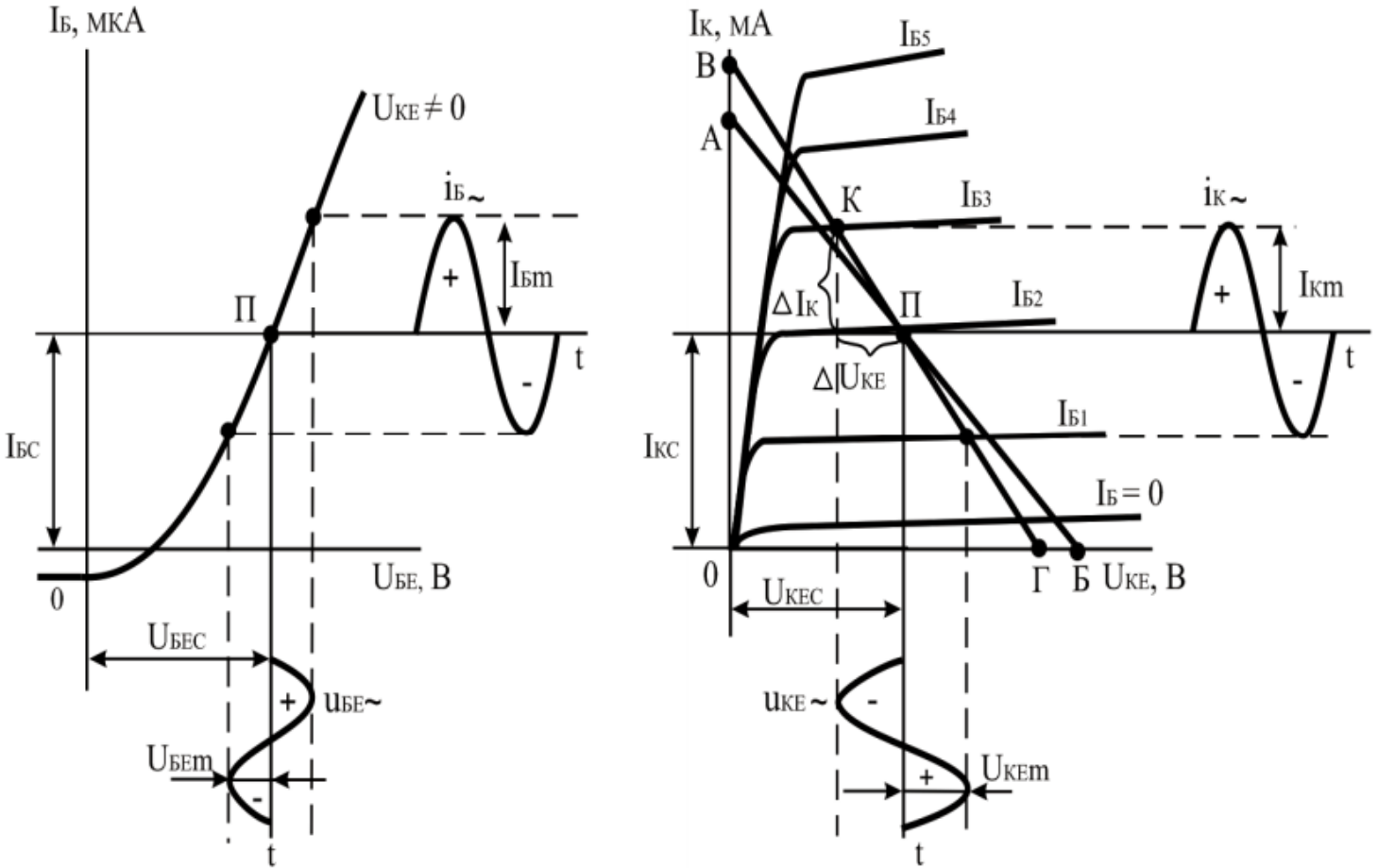
Режим класу АВ є проміжним між режимами А і В. За малих і середніх вхідних сигналів він має властивості режиму А, а за великого вхідного сигналу – режиму В. ККД у режимі класу АВ – *ККД МАХ*= 50…78,5%.

У режимі класу Д транзистори працюють у ключовому режимі, формуючи на виході послідовність імпульсів різної тривалості, після фільтрування якої на навантаженні відтворюється аналоговий сигнал. ККД таких підсилювачів надзвичайно високий за малих габаритів і незначного виділення тепла.

Графоаналітичний метод розрахунку підсилювального каскаду

На вихідних характеристиках проводять лінію навантаження каскаду за постійним струмом (АБ).

$$U_{KEC} = E_K - I_{KC}(R_K + R_E).$$



Графоаналітичний метод розрахунку підсилювального каскаду

Вибравши за вхідною (базовою) характеристикою *Іб=f(Uбе)* необхідне значення струму бази спокою *ІБС,* тим самим визначимо координати точки *П.*перетину відповідної вихідної характеристики при *ІБ=ІБС* з лінією навантаження каскаду за постійним струмом .

Початкове положення робочої точки забезпечується дільником напруги, що складається з резисторів *R1* і *R2*, значення яких визначаються співвідношеннями:

$$R_1 = \frac{E_К - U_{БЕС} - U_{ЕС}}{I_Д + I_{БС}} = \frac{E_К - U_{БС}}{I_Д + I_{БС}};$$

$$R_2 = \frac{U_{БЕС} + U_{ЕС}}{I_Д} = \frac{U_{БС}}{I_Д},$$