

## Лабораторна робота № 12

### НАПІВПРОВІДНИКОВІ ОДИНИЧНІ КАСКАДИ ПІДСИЛЕННЯ

Мета роботи: дослідити параметри і характеристики підсилювальних каскадів на біполярних (зі спільним емітером, спільним колектором, спільною базою, спільним емітером на складеному транзисторі, каскадного) і польових (з керуючим  $p - n$  переходом, зі спільним стоком, зі спільним витокм) транзисторах.

#### Опис досліджуваної схеми

Лабораторна установка вміщує стенд зі змінними модулями, задаючий генератор, міліамперметри, вимірювальний вольтметр. На змінних модулях нанесені зображення схем досліджуваних підсилювачів і відповідні написи. На передній панелі з відповідними написами на фальш-панелі розміщені:

- тумблер - "СЕТЬ" - для включення стенду;
- лампочка - "ВКЛ." - для контролю включення;
- перемикач - "ЧАСТОТА, кГц" - для перемикання діапазонів частот генератора від 0,02 до 20 кГц;
- ручка - "ЧАСТОТА, кГц" - для плавної зміни частоти генератора в межах кожного діапазону;
- ручка - "ВХОД" - для зміни величини опору генератора вхідного сигналу;
- перемикач "S1"- з положеннями "С1" та "С2" - для подачі вхідного сигналу на вхід досліджуваної схеми крізь відповідну ємність;
- гнізда - "1" і "2" - для підключення на вхід сигналу від зовнішнього генератора;
- гнізда - "3" і "4" - для спостереження осцилограм вхідного струму;
- прилад - " $I_B$ " - для зміни постійного струму бази;
- прилад - " $I_E$ " і кнопка " $I_E \frac{x5}{x1}$ " – для зміни струму в колі емітера і меж приладу; в натиснутому стані "X1" межа вимірювання відповідає значенням, вказаним на шкалі приладу;
- прилад - " $I_B$ " і кнопка " $I_B \frac{x5}{x1}$ " для вимірювання струму витoku і перемикання приладу, аналогічного попередньому пункту;
- ручки - " $R_{д1}$ ", " $R_{д2}$ ", " $R_E$ ", " $R_K - R_{си}$ " для регулювання відповідних параметрів в досліджуваних схемах підсилювачів;

- перемикач - "S2" - для підключення навантаження крізь один з роздільних конденсаторів "C3" або "C4";
- перемикач - "S3" - для зміни схеми базового дільника у підсилювачах, які вивчаються;
- гнізда "5", "6", "7", "8", "9", "10", "11", "12" - для вимірів напруг та перегляду осцилограм струмів і напруг у характерних точках схем підсилювачів;
- перемикач - " $E_K - E_C$ " для перемикання джерел живлення та вимірювального вольтметра.

Принципова електрична схема стенду містить:

- підсилювач зі спільним емітером (СЕ) (рис. 12.1);
- підсилювач зі спільним колектором (СК) (рис. 12.2);
- підсилювач з загальною базою (СБ) (рис. 12.3);
- підсилювач зі спільним емітером на складеному транзисторі (рис.12.4);
- підсилювач каскадний (рис. 12.5);
- підсилювач зі спільним витоким (СВ) (рис. 12.6);
- підсилювач зі спільним стоком (СС) (рис. 12.7).

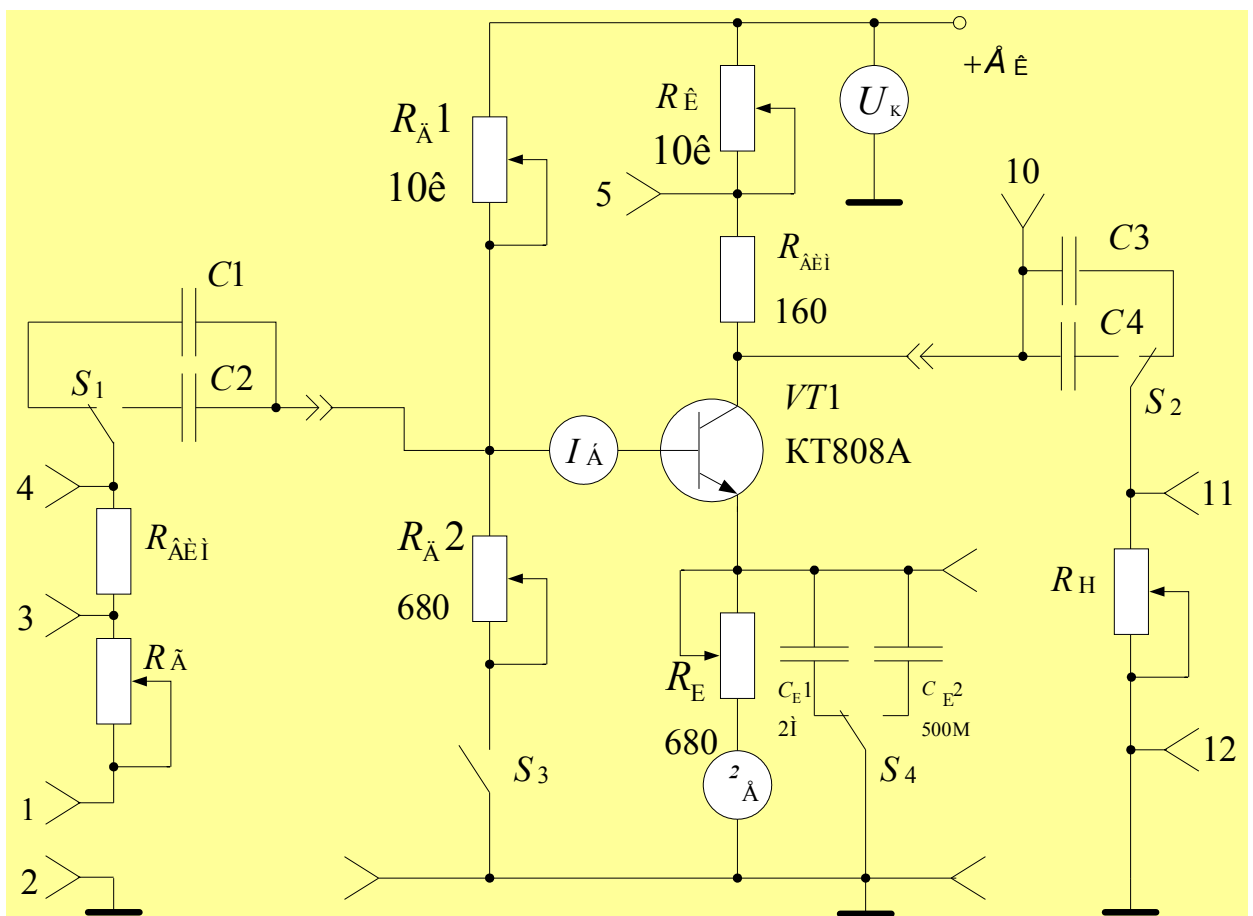


Рис. 12.1

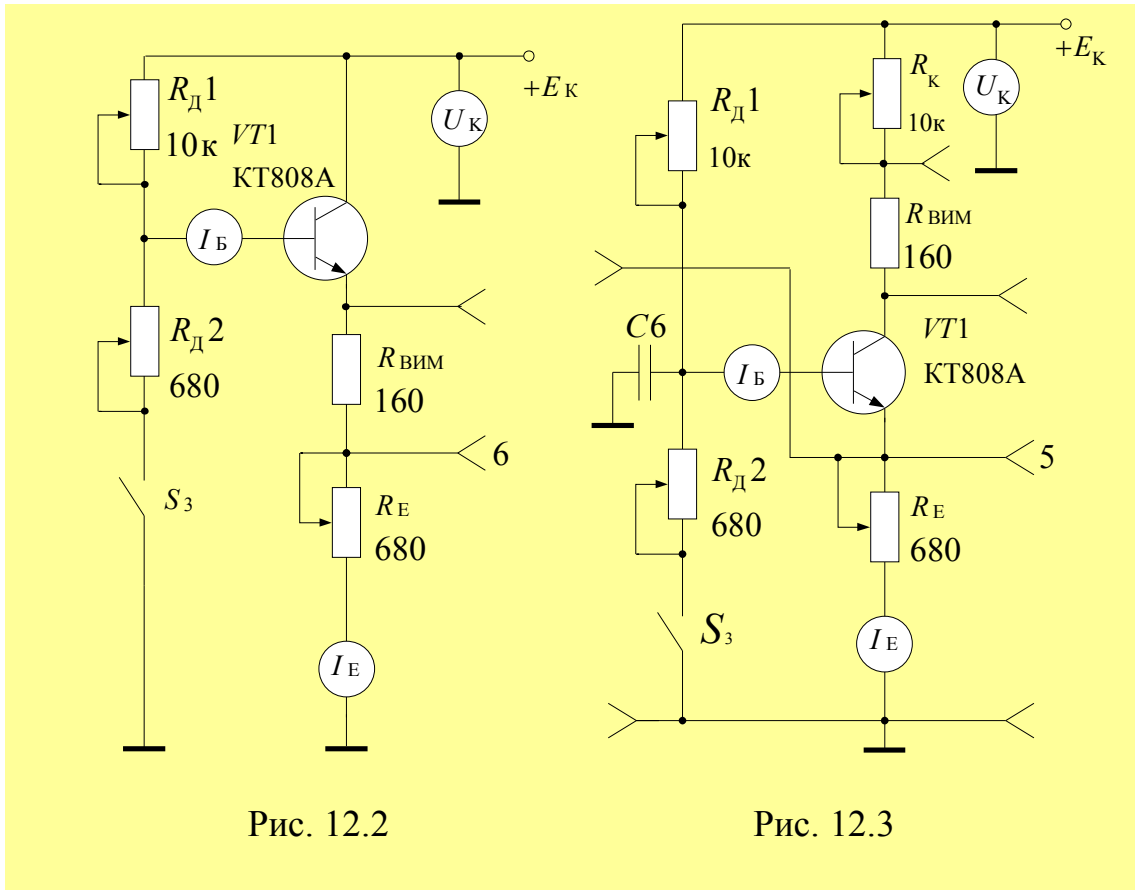


Рис. 12.2

Рис. 12.3

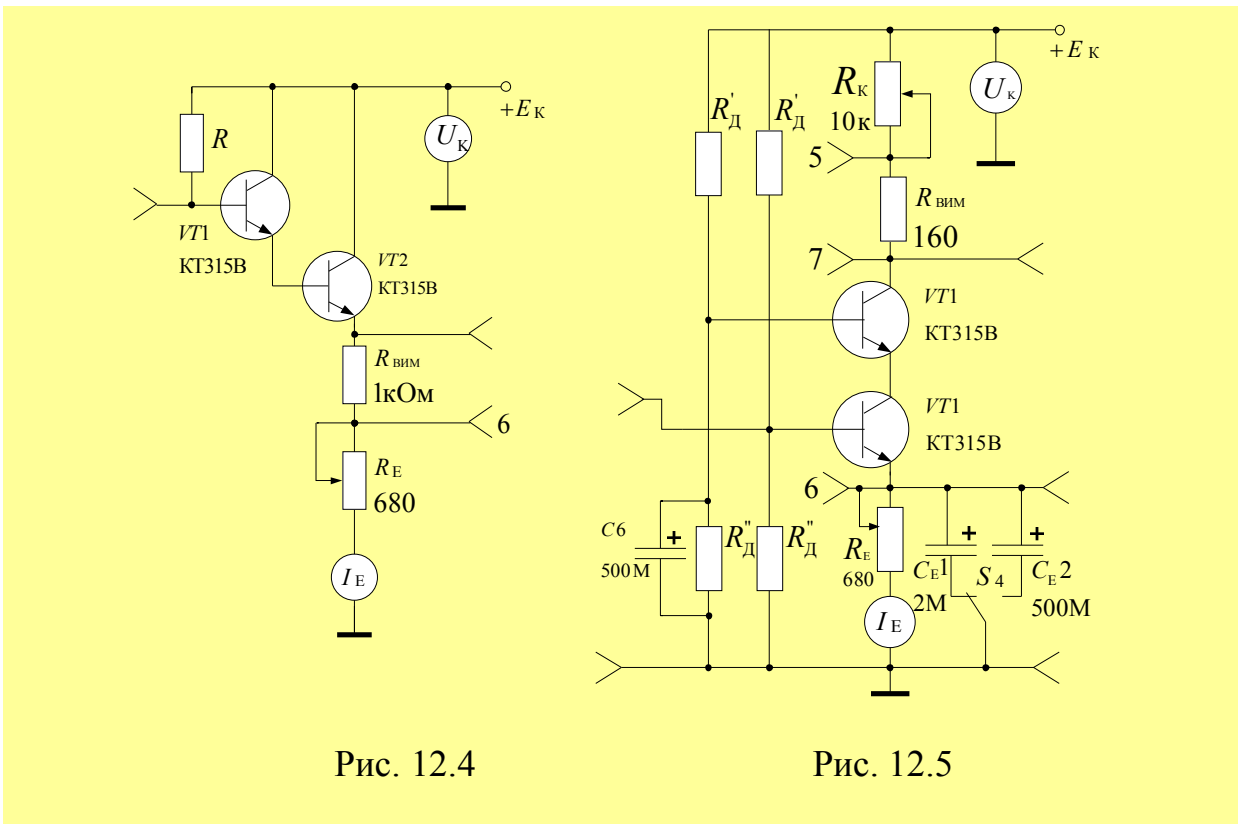


Рис. 12.4

Рис. 12.5

## Домашнє завдання:

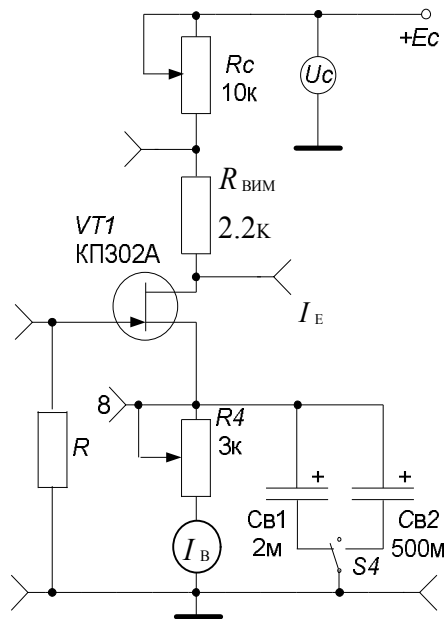


Рис. 12.6

10 кОм, і наявності стабілізації режиму спокою. За амплітудними характеристиками розрахувати динамічний діапазон підсилювача за формулою

$$D = U_{ВХmax} / U_{ВХmin}$$

2. Переглянути осцилограми вхідної напруги (замалювати їх), коли сигнал відповідає наявності видимих нелінійних спотворень.

3. Знайти вхідний опір каскаду, коефіцієнти підсилення за напругою і струмом.

4. Знайти відношення коефіцієнтів підсилення за напругою, отриманих при  $R_{Г} = 1$  кОм та  $R_{Г} = 10$  кОм.

5. Виміряти постійну напругу між електродами транзисторів в досліджуваних підсилювачах при наявності і відсутності стабілізації режиму спокою та порівняти їх.

6. Зняти частотні характеристики досліджуваних підсилювачів  $K_U = \Psi(f)$ , змінюючи частоту задаючого генератора в межах 0,02...20 кГц.

1. Вивчити схеми підключення біполярних і польових транзисторів у каскадах зі СЕ, СБ, СК, СС, СВ, параметри і характеристики каскадів на середніх, низьких та високих частотах [1; 2; 3; 4; 9].

2. Для каскадів СЕ, СБ, СК, СС, СВ записати вирази для коефіцієнтів підсилення за напругою.

## Робоче завдання

1. Зняти і побудувати амплітудні характеристики досліджуваних підсилювачів, якщо опір генератора 1 кОм та

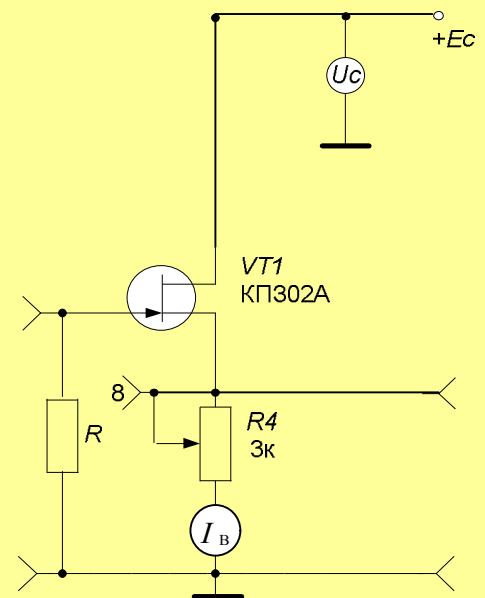


Рис. 12.7

При зміні частоти перевіряти значення  $U_{\text{вх}}$  підтримувати його постійним. частотну характеристику побудувати в напівлогарифмічному масштабі, відкладаючи по осі частот  $lg(f): K_U = \Psi(lgf)$ .

7. Визначити вплив опору навантаження на характеристики підсилювачів.

8. Визначити вплив зміни напруги колекторного живлення на характеристики підсилювачів.

### Методичні вказівки

Основні параметри і характеристики підсилювачів.

1. Коефіцієнт підсилення - це відношення вихідного параметру до вхідного.  $K_U = U_{\text{вих}}/U_{\text{вх}}$  - коефіцієнт підсилення за напругою;  $K_I = I_{\text{вих}}/I_{\text{вх}}$  - коефіцієнт підсилення за струмом;  $K_P = P_{\text{вих}}/P_{\text{вх}}$  - коефіцієнт підсилення за потужністю. Підсилювач поперед всього підсилює потужність електричного сигналу. Коли немає підсилення за потужністю, немає і підсилення.

2. Вхідний опір - це опір між вхідними клемми підсилювача змінного струму:  $R_{\text{вх}} = \Delta U_{\text{вх}}/\Delta I_{\text{вх}}$

3. Вихідний опір - це опір між вихідними клемми підсилювача змінного струму:  $R_{\text{вих}} = \Delta U_{\text{вих}}/\Delta I_{\text{вих}}$

4. Коефіцієнт корисної дії (ККД) підсилювача - це відношення потужності, яка приходить на навантаження, до потужності, вживаної від джерела живлення  $\eta = P_{\text{н}}/P_{\text{дж}}$

5. Амплітудно-фазова характеристика. Взагалі напруга  $U_{\text{вих}}$  і струм підсилювача  $I_{\text{вих}}$  зсунуті за фазою відносно вхідної напруги  $U_{\text{вх}}$  і струму  $I_{\text{вх}}$ . У зв'язку з цим коефіцієнт підсилення за напругою і струмом є в загальному випадку величиною комплексною, яка характеризується модулем і фазою:  $K_U = U_{\text{вих}}/U_{\text{вх}}$ ;  $K_I = I_{\text{вих}}/I_{\text{вх}}$ . Модуль коефіцієнта підсилення підсилювачів і його фаза залежать від частоти підсилюваного сигналу.

Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) - це залежність модуля коефіцієнта підсилення підсилювача від частоти підсилюваного сигналу.

Фазочастотна характеристика (ФЧХ) - це залежність фазового зсування між вхідним і вихідним сигналом від частоти.

Внаслідок наявності у схемі підсилювача реактивних елементів, а також за рахунок частотних властивостей транзистора коефіцієнт підсилення підсилювача має різні значення на різних частотах. Це явище має назву частотних спотворень підсилювача. Для їх оцінки введено параметр - коефіцієнт частотних спотворень  $M$ , який дорівнює відношенню коефіцієнта підсилення на середніх частотах (СЧ)  $K_{U_0}$  до коефіцієнта підсилення на заданій частоті  $K_{U_f}$ :

$$M = K_{U_0}/K_{U_f}$$

Частоти, на яких коефіцієнт досягає гранично допустимого значення, називають верхньою  $f_{В.гр.}$  та нижньою  $f_{Н.гр.}$  граничними частотами. Різниця  $\Delta f = f_{В.гр.} - f_{Н.гр.}$  має назву смуги пропускання підсилювача. У багатьох випадках приймають  $M$  рівним  $\sqrt{2} = 1,41$ .

6. Амплітудна характеристика підсилювача - це залежність амплітуди вихідного сигналу від амплітуди вхідного.

Для ідеального підсилювача амплітудна характеристика була б прямою лінією, яка проходить крізь початок координат. У реальному підсилювачі при великих вхідних сигналах  $U_{ВХ} > U_{ВХ max}$  вихідна напруга підсилювача припиняє збільшуватися. Це зв'язано з тим, що в режимі великих вхідних сигналів робоча точка транзистора заходить у режим насичення /виявляються нелінійні властивості транзистора/. При цьому вихідний сигнал спотворюється. Це явище має назву нелінійних спотворень. При малих вхідних сигналах  $U_{ВХ} > U_{ВХ min}$  вихідна напруга підсилювача залишається постійною і дорівнює  $U_{ВІХ min}$ . Напруга  $U_{ВІХ min}$  має назву напруги власних шумів підсилювача. Власні шуми підсилювача заявляються внаслідок різних перешкод і наводок, а також несталості електричних процесів у часі. За допомогою підсилювача неможливо підсилити сигнали з амплітудою  $U_{ВХ} < U_{ВХ min}$ , оскільки підсилений сигнал не може бути знайдений у власних шумах підсилювача. Відношення  $U_{ВХ max} / U_{ВХ min} = D$  має назву динамічного діапазону підсилення.

### Контрольні запитання

1. Визначити за принциповою схемою спосіб ввімкнення уніполярного транзистора.
2. Порівняти схеми зі СВ, СС за коефіцієнтами підсилення  $K_U, K_I, K_P$ .
3. В якому каскаді реалізовано максимальне підсилення за напругою?
4. В якому каскаді реалізовано максимальне підсилення за потужністю?
5. Порівняти каскади зі СВ, СС за величинами  $R_{ВХ}$  і  $R_{ВІХ}$ .
6. Чим зумовлені зниження АЧХ на ВЧ і НЧ?
7. Як за реакцією каскаду на прямокутний вхідний сигнал знайти граничні частоти  $f_{В.гр.}$  і  $f_{Н.гр.}$ ?