

Інструкція для виконання практичної роботи №1

Тема: Розрахунок параметрів біполярного транзистора

1 Мета:

1.1 Набути практичні навички по розрахунку робочого режиму транзистора

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Калькулятор

2.2 Таблиці вибору схем та значень

2.3 Аркуш формату А4

2.4 Олівець

2.5 Лінійка

2.5 міліметровий папір

3 Теоретичні відомості:

Для електричних схем на біполярних транзисторах існує чотири сім'ї статичних характеристик («статичних» у тому розумінні, що для транзистора задаються фіксовані значення напруги між його електродами або струму в одному з кіл і знаходяться відповідні їм значення струму в другому колі або напруги між іншими електродами у статичному режимі)

4 Хід роботи

4.1 Вибрати згідно таблиці варіантів параметри та характеристики

4.2 Для транзистора, ввімкненого за схемою зі спільним емітером, задано напругу на базі U_{be} , значення опору навантаження R_k , напругу джерела живлення E_k

4.3 Записати вихідні дані..

4.3 Використовуючи вхідну і вихідні характеристики, визначити значення напруги на колекторі U_{ke} , значення струму колектора I_k , коефіцієнт підсилення h_{21e} і потужність на колекторі P_k , коефіцієнт передачі струму h_{21b} .

5 Висновки:

Література

Колонтаєвський Ю.П. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум. За ред.. А.Г. Соскова. – К.: Каравела, 2003. с.31-38

Номер	Номер рисунку	Напряга $U_{бэ}$	Напряга живлення $E_{кэ}$	Опір навантаження R_k
1	1,2	0,3	10	10
2	1,2	0,4	20	20
3	1,2	0,5	30	30
4	1,2	0,6	40	40
5	3,4	0,1	10	20
6	3,4	0,15	20	40
7	3,4	0,2	30	60
8	3,4	0,25	40	80
9	5,6	0,1	20	25
10	5,6	0,15	30	40
11	5,6	0,2	40	50
12	5,6	0,25	50	60
13	7,8	0,1	5	10
14	7,8	0,2	10	20
15	7,8	0,25	15	30
16	7,8	0,3	20	40
17	1,2	0,3	20	20
18	1,2	0,4	30	30
19	1,2	0,5	40	40
20	1,2	0,6	50	50
21	3,4	0,15	10	20
22	3,4	0,20	20	40
23	3,4	0,25	30	60
24	3,4	0,30	40	80
25	5,6	0,1	25	15
26	5,6	0,15	40	30
27	5,6	0,2	50	25
28	5,6	0,25	60	40
29	7,8	0,1	10	20
30	7,8	0,2	15	30

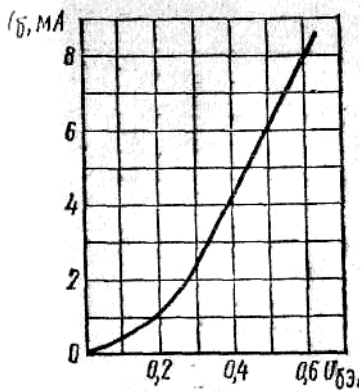


Рис 1

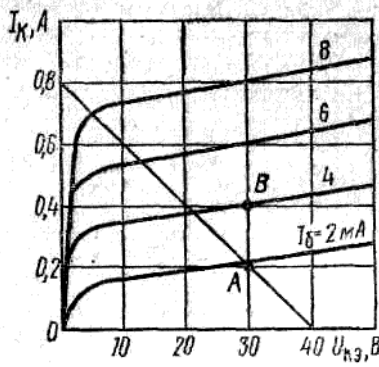


Рис 2

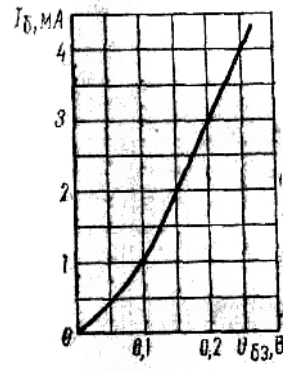


Рис 3

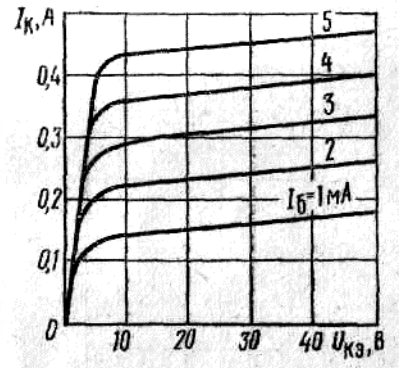


Рис 4

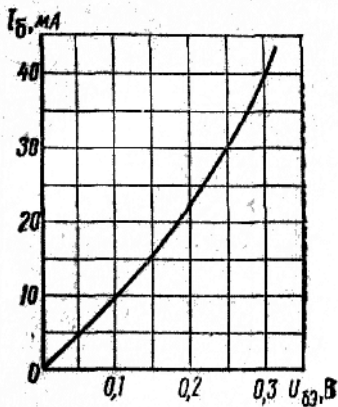


Рис 5

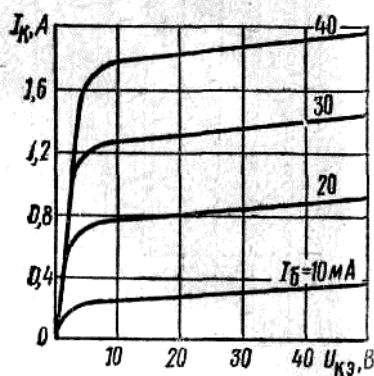


Рис 6

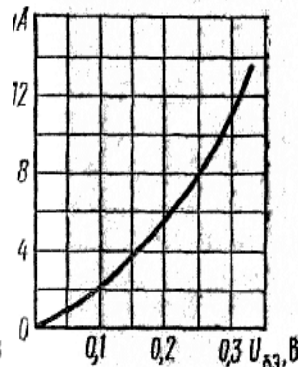


Рис 7

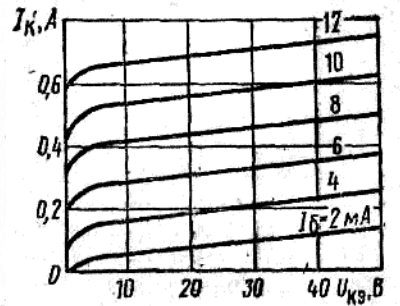


Рис 8

Інструкція для виконання практичної роботи №2

Тема: ПОПЕРЕДНІЙ РОЗРАХУНОК ПІДСИЛЮВАЧА НИЗЬКОЇ ЧАСТОТИ

1 Мета: Метою даної роботи є набуття навиків розрахунку підсилювачів змінного струму, на разі підсилювача низької частоти (ПНЧ), на етапі ескізного проектування.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Калькулятор
- 2.2 Таблиці вибору схем та значень
- 2.3 Аркуш формату А4
- 2.4 Олівець
- 2.5 Лінійка
- 2.5 міліметровий папір

3 Теоретичні відомості:

ПНЧ призначені для підсилення безперервних періодичних сигналів, частотний спектр яких знаходиться у межах від десятків герц до десятків кілогерц. Сучасні ПНЧ будуються переважно на біполярних та польових транзисторах у дискретному або інтегральному виконанні.

Функція ПНЧ полягає в отриманні на заданій величині опору навантажувального пристрою сигналу потрібної потужності від джерела, у якості якого може бути мікрофон, звукознімач, фотоелемент, індукційний датчик та ін. Навантаженням може бути гучномовець, вимірювальний прилад (вольтметр, осцилограф), наступний каскад підсилення та ін.

4 Хід роботи

4.1 Вихідні дані

- 1) $R_{вих}$, Вт - потужність на виході підсилювача;
- 2) R_n , Ом - опір навантаження;
- 3) $U_{вх}$, мВ - напруга джерела вхідного сигналу;
- 4) $R_{дж}$, Ом - внутрішній опір джерела сигналу;
- 5) $(f_n - f_v)$, Гц - нижня та верхня межі частот, що підсилюються.

Таблиця 1 - Вихідні дані для ескізного розрахунку ПНЧ

Цифри номера по списку		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
$P_{вих}$, Вт		0,5	1	2	3	4	0,5	1	2	3	4
R_n , Ом		15	8	4	4	4	15	8	4	4	4
	$U_{вх}$, мВ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	$R_{дж}$, Ом	100	220	330	470	510	630	750	1000	1200	2000
	$(f_n - f_v)$, Гц	50 - 20000									

Приклад вибору варіанта для номера по списку 32:

з колонки 3 маємо – $P_{вих} = 3$ кВт, $R_n = 4$ Ом;

з колонки 2 – $U_{вх} = 30$ мВ, $R_{дж} = 330$ Ом, $(f_n - f_v) = (50 - 20000)$ Гц.

4.2 Порядок розрахунку

4.1 Вихідні дані:

- 1) необхідна потужність на виході ПНЧ $P_{вих} = 2,5$ Вт;
- 1) опір навантаження $R_n = 5$ Ом;
- 2) напруга джерела вхідного сигналу $U_{вх} = 60$ мВ;
- 3) внутрішній опір джерела сигналу $R_{дж} = 250$ Ом;
- 4) діапазон частот $f = 50$ Гц, $f = 20000$ Гц.

Вважаємо, що ПНЧ працює у стаціонарних умовах. Температура оточуючого середовища: $T_{min} = +15\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_{max} = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.2 Необхідно визначити:

- 1) коефіцієнт підсилення ПНЧ за потужністю K_p ;
- 2) тип схеми вихідного (кінцевого) каскаду;
- 3) типи транзисторів каскадів підсилення;
- 4) кількість каскадів підсилення (структурну схему ПНЧ);
- 5) орієнтовну електричну принципову схему ПНЧ.

4.3. Знаходимо потужність вхідного сигналу. Зауважимо, що найбільша потужність віддається у навантаження, коли його опір дорівнює внутрішньому опору джерела. Тоді

$$P_{вх} = \frac{U_{вх}^2}{4R_{вх}},$$

де $R_{вх}$ – вхідний опір першого каскаду ПНЧ ($R_{вх} = R_{дж}$).

$$P_{вх} = \frac{(60 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 250} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ Вт}$$

4.4 Знаходимо потрібний коефіцієнт підсилення за потужністю.

У загальному випадку рівність $R_{вх} = R_{дж}$ не виконується, а величина опору навантаження ПНЧ не дорівнює опору кінцевого каскаду. Тому на вході та виході ПНЧ можуть бути застосовані узгоджувальні трансформатори, на яких буде губитися частина потужності корисного сигналу. Крім того, в ПНЧ зазвичай застосовують регулятори рівня вихідного сигналу (для звукових ПНЧ - регулятори гучності), що також викликає деяке зниження потужності вихідного сигналу.

Виходячи з цього, коефіцієнт підсилення за потужністю розраховують за такою формулою:

$$K_p = \frac{P_{вих}}{P_{вх} \eta_{Тех} \eta_{Твих} T_{рег}},$$

де $\eta_{Тех}$ - к.к.д вхідного трансформатора, задається у межах (0,7...0,8);

$\eta_{Твих}$ - к.к.д. вихідного трансформатора, задається у межах (0,75...0,85);

$T_{рег}$ – коефіцієнт передачі регулятора рівня сигналу, задається у межах (0,3...0,5).

$$\hat{E}_D = \frac{2,5}{3,6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,4} = 3,1 \cdot 10^6.$$

Виразимо коефіцієнт підсилення за потужністю у децибелах:

$$K_{P[дБ]} = 10 \lg K_p;$$

$$\hat{E}_{D[дБ]} = 10 \lg(3,1 \cdot 10^6) = 65 \text{ дБ}.$$

4.5 Попередньо вибираємо схему, тип підсилюючих приладів та орієнтовну величину коефіцієнта підсилення за потужністю вихідного каскаду. При цьому зважаємо на такі рекомендації:

1) при розрахунковій потужності вихідного каскаду до 50 мВт доцільно використовувати однотактну схему з малопотужним транзистором у режимі класу А;

2) за потужності, що перевищує 50 мВт, треба застосовувати двотактну схему, режим якої (клас АВ або В), потужність транзисторів (мала, середня чи велика) визначаються, виходячи з певного значення $P_{вих}$.

Тип транзистора вихідного каскаду вибираємо за величиною максимально допустимої потужності, що розсіюється на його колекторі. Для цього знаходимо потужність, яку транзистор повинен віддати у навантаження:

$$P_T = \frac{P_{вих}}{\eta_{Твих}},$$

де $\eta_{Твих}$ - коефіцієнт завантаження транзистора (приймається рівним 0,8), а потім знаходимо потужність, що споживається колекторним ланцюгом від джерела живлення:

- 1) для однотактного каскаду у режимі класу А:

$$P_K = \frac{P_T}{\eta_{\text{вих.каска}}}$$

де $\eta_{\text{вих.каска}}$ - к.к.д. вихідного каскаду (для одноконтного каскаду приймається приблизно 0,4, а для двоконтних – від 0,6 до 0,7).

2) для двоконтного каскаду у режимі класу АВ або В:

$$P_K = \frac{P_T(1-\eta_{\text{вих.каска}})}{2\eta_{\text{вих.каска}}}$$

У нашому випадку $P_{\text{вих}} = 2,5 \text{ Вт} > 50 \text{ мВт}$, тому у якості вихідного каскаду можна вибрати двоконтну трансформаторну схему підсилення, для якої

$$P_T = \frac{2,5}{0,8} = 3,125 \text{ Вт};$$

$$P_K = \frac{3,125(1-0,7)}{2 \cdot 0,7} \approx 0,67 \text{ Вт}.$$

За знайденим значенням P_K вибираємо тип транзистора вихідного каскаду з табл.2. При цьому необхідно виконувати умови:

$$P_{K_{\text{макс}}} \gg P_K; f_{h21E} \gg f_{\text{с}}$$

де $P_{K_{\text{макс}}}$ - максимально допустима потужність, що розсіюється на колекторі транзистора;

f_{h21E} - гранична частота коефіцієнта передачі струму для вибраного типу транзистора.

Тип транзистора	Структура	$P_{K_{\text{макс}}}$, мВт	$h_{21E} (\beta)$	f_{h21E} , МГц	Граничний режим		Клас за потужністю
					$U_{K_{\text{макс}}}$, В	$I_{K_{\text{макс}}}$, мА	
КТ 316 Г	<i>p-n-p</i>	150	50-350	250	35	50	Малої потужності
КТ 3107 Е	<i>p-n-p</i>	300	120-200	200	20	100	
КТ 315 Г	<i>n-p-n</i>	150	50-350	250	35	100	
КТ 502 В	<i>p-n-p</i>	500	40-120	5	60	300	Середньої потужності
КТ 503 В	<i>n-p-n</i>	500	40-120	5	60	300	
КТ 814 А	<i>p-n-p</i>	1000	>40	3	40	1500	Великої потужності
КТ 816 А	<i>p-n-p</i>	1000	>20	3	40	1500	
КТ 815 А	<i>n-p-n</i>	1000	>40	3	40	1500	
КТ 817 А	<i>n-p-n</i>	1000	>20	3	40	1500	

Вибираємо транзистор типу КТ 815 А з параметрами:

$$P_{K_{\text{макс}}} = 1 \text{ Вт} \gg 0,67 \text{ Вт}; f_{h21E} = 3 \text{ МГц} \gg 20 \text{ кГц}.$$

У нашому випадку транзистор можна використовувати без додаткового охолодження (тепло відводу).

4.6 Знаходимо орієнтовну кількість каскадів m та складаємо структурну схему ПНЧ.

За певних умов можна вважати, що кожний каскад підсилювача за схемою з СЕ забезпечує підсилення потужності приблизно на 20 дБ. Тоді

$$m = \frac{K_{P[\text{дБ}]}}{20} = \frac{65}{20} = 3,25.$$

Отримане значення m округляємо до найближчого більшого цілого, тобто $m=4$. Структурна схема ПНЧ наведена на рис. 2 де цифрами 1-3 позначено каскади попереднього підсилення, а цифрою 4 - вихідний (кінцевий) каскад.

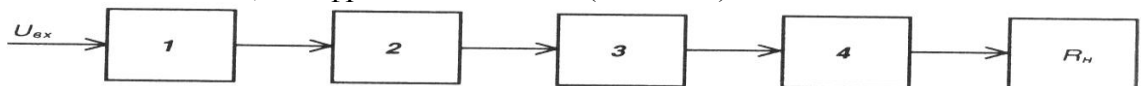


Рис. 2 - ПНЧ. Схема структурна

5 Висновки:

Література Колонтаєвський Ю.П. Промислова електроніка та мікросхемотехніка:

теорія і практикум. За ред.. А.Г. Соскова. – К.: Каравела, 2003. с.31-38

Інструкція для виконання практичної роботи №3

Тема: ОСТАТОЧНИЙ РОЗРАХУНОК КАСКАДУ ПОПЕРЕДНЬОГО ПІДСИЛЕННЯ ПНЧ, ВИКОНАНОГО ЗА СХЕМОЮ ЗІ СЕ

1 Мета розрахунку

Метою даної роботи є набуття навиків розрахунку транзисторних каскадів попереднього підсилення низькочастотних сигналів змінного струму, у даному разі - звукових частот (ПНЧ).

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Калькулятор
- 2.2 Таблиці вибору схем та значень
- 2.3 Аркуш формату А4
- 2.4 Олівець
- 2.5 Лінійка
- 2.5 Міліметровий папір

3 Теоретичні відомості:

Остаточний розрахунок є основною частиною роботи при проектуванні ПНЧ. При його виконанні розраховують параметри елементів кожного каскаду, кіл міжкаскадних зв'язків, режими роботи транзисторів. Розрахунок зазвичай виконують у послідовності, зворотній послідовності проходження сигналу в ПНЧ: спочатку розраховують елементи кінцевого каскаду, потім - передкінцевого, а далі - каскадів попереднього підсилення. Така послідовність обумовлена орієнтацією розрахунку на забезпечення навантаженні ПНЧ заданої вихідної потужності за допустимих значень нелінійних та частотних викривлень сигналу.

4 Хід роботи

4.1 Вихідні дані

Для остаточного розрахунку каскаду попереднього підсилення транзисторного ПНЧ, що працює у класі А та виконаний за схемою з СЕ, вихідними даними є:

- 1) $U_{\text{вих.м}}, В$ – амплітудне значення напруги на виході (на навантаженні) каскаду;
- 2) $R_{\text{н}}, Ом$ – опір навантаження (вхідний опір наступного каскаду);
- 3) $E_{\text{к}}, В$ – напруга джерела живлення;
- 4) $f_{\text{н}}, Гц$ – нижня межа діапазону частот сигналу, що підсилюється;
- 5) $M_{\text{н}}$ – допустиме значення коефіцієнта частотних викривлень у зоні нижніх частот.

Таблиця - Вихідні дані для остаточного розрахунку каскаду попереднього підсилення

Цифри номера по списку		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
	$U_{\text{вих.м}}, В$	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,75	6,5	7,25	8
	$R_{\text{н}}, Ом$	130	180	240	330	430	510	620	820	1000	1300
	$E_{\text{к}}, В$	10	12	14	16	18	20	23	26	29	32
$f_{\text{н}}, Гц$		50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
$M_{\text{н}}$		2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3

4.2 Порядок виконання

4.2.1 Вихідні дані

У результаті попереднього розрахунку було складено схему ПНЧ, у яку входять кілька однотипних каскадів попереднього підсилення з СЕ.

Виконаємо розрахунок каскаду, схема електрична принципова якого наведена на рис. 1, за такими вихідними даними (загалом отримують у результаті попереднього розрахунку):

- 1) амплітудне значення напруги на виході каскаду $U_{вих.м}=7,5$ В;
- 2) опір навантаження $R_H=1200$ Ом;
- 3) напруга джерела живлення $E_K=30$ В;
- 4) нижня межа частот $f_H=75$ Гц;
- 5) допустиме значення коефіцієнта викривлень у зоні нижніх частот $M_H=2,15$.

4.2.2 Необхідно визначити:

- 1) тип транзистора (уточнити правильність попереднього вибору);
- 2) режим роботи транзистора;
- 3) опори резисторів дільника R_1, R_2 ;
- 4) опір резистора колекторного навантаження R_3 ;
- 5) опір резистора в колі емітера R_4 ;
- 6) ємність розділяючих конденсаторів C_1 і C_2 ;
- 7) ємність конденсатора в колі емітера C_3 ;
- 8) значення коефіцієнтів підсилення каскаду за струмом K_I напругою K_U та потужністю K_P .

При побудові схеми каскаду будемо використовувати елементи з допустимим відхиленням від номінальної величини $\pm 5\%$.

4.2.3 Перевіримо правильність попереднього вибору транзистора:

- 1) допустима напруга між колектором та емітером повинна перевищувати напругу джерела живлення

$$U_{Kmax} > E_K; \quad (1)$$

- 2) величина допустимого струму колектора повинна перевищувати максимальне значення струму у колекторному колі транзистора

$$I_{Kmax} > I_{0K} + I_{Km}, \quad (2)$$

де I_{0K} - струм спокою у колі колектора;

I_{Km} - амплітуда змінної складової струму у колі колектора;

$$I_{Km} = U_{вих.м} / R_{н*},$$

де $R_{н*} = \frac{R_3 R_H}{R_3 + R_H}$ - еквівалентний опір навантаження каскаду за змінним струмом. При

цьому R_3 є навантаженням за постійним струмом.

Виходячи з того, що даний каскад є підсилювачем потужності, для забезпечення максимальної передачі потужності задаємо:

$$R_3 = R_H$$

тобто $R_3 = 1200$ Ом, за умови підсилення напруги задають $R_3 \ll R_H$, а при підсиленні струму $R_3 \gg R_H$ тоді:

$$R_{н*} = \frac{1200 \cdot 1200}{1200 + 1200} = 600 \Omega$$

$$I_{Km} = \frac{7,5}{600} = 12,5 \text{ мА}$$

Для забезпечення економічності каскаду за мінімальних нелінійних викривлень обирають

$$I_{0K} = (1,05 \dots 1,1) I_{Km} = 1,1 \cdot 12,5 = 13,8 \text{ мА}$$

На підставі (1) та (2) необхідно вибрати транзистор, який би забезпечував:

$$U_{Kmax} > 30 \text{ В}$$

$$I_{Kmax} > 13,8 + 12,5 = 26,3 \text{ мА}$$

За результатами попереднього розрахунку було обрано у якості підсилюючого елемента транзистор типу КТ315Г, у якого $U_{Kmax} > 35 \text{ В}$, $I_{Kmax} = 100 \text{ мА}$, $h_{21E} = 50-350$, $P_{Kmax} = 150 \text{ мВт}$.

4.2.4 Знаходимо напругу між колектором та емітером транзистора у режимі спокою:

$$U_{0K} = U_{вих.м} + U_{осм},$$

де $U_{осм}$ - напруга між колектором та емітером, нижче якої при роботі каскаду виникають значні нелінійні викривлення через те, що у робочу зону потрапляють ділянки характеристик транзистора зі значною кривизною. Для малопотужних транзисторів, як правило, задають $U_{осм} = 1 \text{ В}$. Тоді

$$U_{0K}=7,5+1=8,5В.$$

4.2.5 Знаходимо потужність, що виділяється на колекторі транзистора:

$$P_K = I_{0K} U_{0K}.$$

При цьому необхідно забезпечувати виконання умови:

$$P_K < P_{Kmax};$$

$$P_K = 13,8 \cdot 8,5 = 117 < 150 \text{ мВт};$$

Таким чином, вибраний тип транзистора відповідає вимогам за потужністю.

4.2.6 Знаходимо опір навантаження у колі колектора, маємо $R_3 = 1200 \text{ Ом}$.

Потужність, що розсіюється в резисторі:

$$P = I^2 \cdot R, \text{ отже}$$

$$P_{R3} = I_{0K}^2 \cdot R_3 = (13,8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1200 = 0,227 \text{ Вт}.$$

За табл. 1-4 вибираємо резистор типу С2-33 потужністю 0,25 Вт з опором 1200 Ом.

4.2.7 Знаходимо опір резистора R_4 у колі термостабілізації:

$$R_4 = \frac{E_K - U_{0K}}{I_{0K}} - R_3.$$

При цьому необхідно виконувати співвідношення:

$$\frac{R_4}{R_3} = (0,1 \dots 0,4), \quad (3)$$

що забезпечує незначне зниження динамічного діапазону каскаду і падіння напруги на R_4 яке перевищує значення контактного потенціалу p - n переходу транзистора. Отже:

$$R_4 = \frac{30 - 8,5}{13,8 \cdot 10^{-3}} - 1200 = 358 \hat{\Omega};$$

$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{358}{1200} = 0,3$$

Останнє відповідає умові .

Потужність, що розсіюється в R_4 :

$$P_{R4} = I_{0K}^2 \cdot R_4 = (13,8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 358 = 0,068 \text{ Вт}.$$

За табл.1-4 вибираємо резистор типу С2-33 потужністю 0,25 Вт з опором 360 Ом.

4.2.8 Знаходимо ємність конденсатора C_3 , що шунтує R_4 за умови, що його опір на частоті f повинен бути у 10 разів меншим за опір резистора R_4 :

$$C_3 \geq \frac{10^6}{2\pi \cdot f_H \cdot 0,1 \cdot R_H},$$

де множник 10^6 дозволяє отримувати значення ємності у мікрофарадах.

$$C_3 \geq \frac{10^6}{2\pi \cdot 75 \cdot 0,1 \cdot 360} = 58,9 \hat{\mu}\text{Ф}.$$

Робоча напруга на C_3 :

$$U_{C3} = I_{0K} \cdot R_4 = 13,8 \cdot 10^{-3} \cdot 360 = 4,97 \text{ В}.$$

За табл.1-4 вибираємо конденсатор типу К50-35 ємністю 100 мкФ на напругу 6,3 В.

4.2.9 Знаходимо величину струму спокою бази транзистора:

$$I_{0B} = I_{0K} / h_{21E \min},$$

$$I_{0A} = 13,8 / 50 = 0,276 \hat{\mu}\text{А}.$$

4.2.10 Оскільки у відкритому стані транзистора напруга між його базою та емітером становить близько 0,6 В, то напруга спокою бази – $U_{0B} \approx 0,6 \text{ В}$ і можна знайти орієнтовне значення вхідного опору транзистора:

$$R_{ax} = U_{0B} / I_{0B},$$

$$R_{ax} = \frac{0,6}{0,276 \cdot 10^{-3}} = 2170 \hat{\Omega}$$

4.2.11 Знаходимо величини опорів резисторів дільника R_1, R_2 . Дільник підключено до напруги.

$$U_D = E_K = 30 \text{ В}.$$

Величина струму в дільнику вибирається у межах:

$$I_D = (2 \dots 5) I_{0B},$$

що забезпечує незалежність задання режиму спокою транзистора при зміні його параметрів під впливом температури, при заміні на інший і т.п.

$$I_D = 5 \cdot 0,276 = 1,38 \text{ мА},$$

Падіння напруги на резисторі R_4 складає:

$$U_{R4} = (I_{0K} + I_{0B}) R_4,$$

$$U_{R4} = (13,8 + 0,276) \cdot 360 = 5,07 \text{ В. тоді}$$

$$R_1 = \frac{U_{\Delta} - U_{R4} - U_{0B}}{I_{0B} + I_{\Delta}};$$

$$R_2 = \frac{U_{R4} + U_{0B}}{I_{\Delta}}.$$

$$R_1 = \frac{30 - 5,07 - 0,6}{(0,276 + 1,38) \cdot 10^{-3}} = 14700 \hat{\Omega} ;$$

$$R_2 = \frac{5,07 + 0,6}{1,38 \cdot 10^{-3}} = 4110 \hat{\Omega} .$$

За табл.1-4 вибираємо $R_1=15 \text{ кОм}$; $R_2=4,3 \text{ кОм}$.

Знаходимо потужність, що виділяється в резисторах R_1 і R_2 :

$$P_{R1} = (I_{0B} + I_{\Delta})^2 R_1;$$

$$P_{R2} = I_{\Delta}^2 R_2;$$

$$P_{R1} = [(0,276 + 1,38) \cdot 10^{-3}]^2 \cdot 15 \cdot 10^3 = 0,041 \hat{\text{А}} \hat{\text{В}} ;$$

$$P_{R2} = (1,38 \cdot 10^{-3}) \cdot 4,3 \cdot 10^3 = 0,008 \hat{\text{А}} \hat{\text{В}} .$$

Із табл. 1-4 вибираємо резистори типу С2-33 потужністю 0,125 Вт.

4.2.12 Знаходимо ємність конденсатора C_2 за умови забезпечення допустимого значення коефіцієнта частотних викривлень M_H :

$$C_2 \geq \frac{10^6}{2\pi f_i (R_{i_1} + R_i) \sqrt{M_H^2 - 1}}$$

значення C отримуємо в мікрофарадах. Робочу напругу C_2 приймаємо рівною

$$U_{C2} = 1,5 E_K.$$

$$C_2 \geq \frac{10^6}{2\pi \cdot 75 \cdot (600 + 1200) \cdot \sqrt{2,15^2 - 1}} = 0,62 \hat{\mu}\hat{\text{Ф}}$$

$$U_{C2} = 1,5 \cdot 30 = 45 \text{ В}$$

За табл. 1-4 вибираємо конденсатор типу К73-17 ємністю 0,68 мкФ на напругу 250 В.

4.2.13. Знаходимо амплітудні значення струму й напруги на вході каскаду:

$$I_{ex.m} = \frac{I_{Km}}{h_{21E \min}}$$

де $h_{21E \min}$ - мінімальне значення коефіцієнта передачі струму для обраного транзистора.

$$I_{\dot{a}\dot{a}m} = \frac{12,5}{50} = 0,25 \hat{\text{А}}$$

$$U_{ex.m} = I_{ex.m} R_{ex}.$$

$$U_{\text{вх.м}} = 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 2182 = 0,5455 \text{ В}$$

Необхідна потужність вхідного сигналу

$$P_{\dot{a}\dot{a}} = \frac{0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5455}{2} = 6,819 \cdot 10^{-5} \hat{\text{А}} \hat{\text{В}}$$

4.2.13. Знаходимо розрахункові коефіцієнти підсилення каскаду за струмом, напругою та потужністю:

$$K_I = h_{21E \min} \frac{R_{H\infty}}{R_H} = 50 \cdot \frac{600}{1200} = 25,$$

$$K_U = h_{21E \min} \frac{R_{H\infty}}{R_H} = 50 \cdot \frac{600}{2170} = 13,8$$

$$K_P = K_I K_U = 25 \cdot 13,8 = 345,$$

$$[\hat{E}_D]_{\hat{\text{А}}\hat{\text{А}}} = 10 \cdot \lg \hat{E}_D = 10 \cdot \lg 345 = 23,9 \hat{\text{А}} \hat{\text{А}}$$

Раніше було прийнято значення коефіцієнта підсилення за потужністю 20 дБ, отже каскад розраховано вірно.

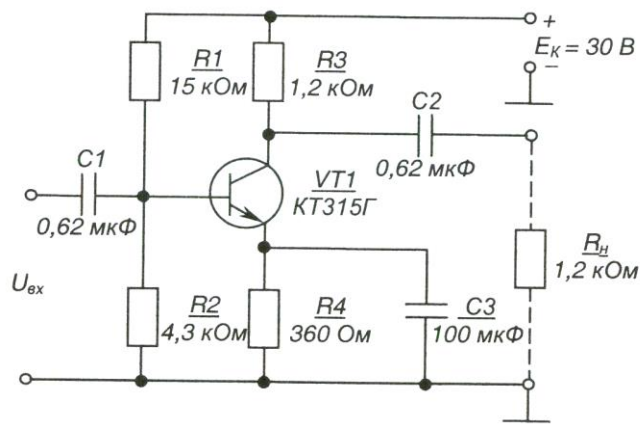


Рис. 1- Каскад підсилення з СЕ. Схема електрична принципова

5 Висновки:

Література

Колонтаєвський Ю.П. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум. За ред.. А.Г. Соскова. – К.: Каравела, 2003. с.31-38

Номінальні значення опорів резисторів та ємностей конденсаторів (між іншим, як і номінальні значення параметрів будь-яких стандартних елементів) відповідають стандартним рядам, що, як правило, є десятковими рядами геометричної прогресії зі знаменником $q_N = \sqrt[N]{10}$, де N - кількість значень ряду. Номінальне значення параметру, що відповідає конкретній позиції ряду (від 1 до N) обчислюється як $a_i = a_0 q^{i-1}$. Деякі ряди номінальних значень наведені у табл. 12.3.2. Так, для ряду E24: N=24; $q_{24} = \sqrt[24]{10}$; $a_0=1$.

Таблиця 1 - Ряди номінальних значень

Індекс ряду	Позиції ряду	Допустиме відхилення від номінальної величини, %
E 6	1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8	± 20
E 12	1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,7; 3,3; 3,9; 4,7; 5,6; 6,8; 8,2	± 10
E 24	1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,7; 3,0; 3,3; 3,6; 3,9; 4,3; 4,7; 5,1; 5,6; 6,2; 6,8; 7,5; 8,2; 9,1	± 5

Числу в індексі знаменника ряду відповідає кількість позицій ряду: так ряд E24 має 24 номінальних значення у проміжку від 1 до 10 (більша кількість при допустимому відхиленні ±5% не потрібна).

Будь-яке номінальне значення ряду може бути помножене на множник 10^m . Множники та їх позначення наведені в табл. 2 (може бути, наприклад, 6,8 Ом; 680 Ом; 6,8 кОм; 68 кОм; 6,8 мкФ; 0,68 нФ; 6800 пФ та ін.).

Таблиця 2 - Множники для утворення десяткових часткових та кратних одиниць

Множник 10^i	Приставка	Параметр елемента			
		Опір		Ємність	
		Назва	Позначення	Назва	Позначення
10^9	гіга	гігаом	ГОм	фарада	Ф
10^6	мега	мегаом	МОм		
10^3	кіло	кілоом	Ком		
1		ом	Ом		
10^{-3}	мілі	міліом	мОм		
10^{-6}	мікро			мікрофарада	мФ
10^{-9}	нано			нанофарада	нФ
10^{-12}	піко			піко фарада	пФ

Номинальні значення деяких елементів, особливо застарілої розробки, можуть відповідати іншим рядам.

Деякі найрозповсюдженіші типи резисторів, що виробляються для електронних пристроїв, наведено у табл. 3, а конденсаторів - у табл. 4.

Примітки до табл. 4

1) якщо розрахункова величина ємності більша за максимальне номінальне значення конденсаторів даного типу, то необхідне значення ємності забезпечують за рахунок паралельного вмикання потрібної кількості конденсаторів;

2) якщо розрахункова величина робочої напруги більша за номінальне значення напруги конденсатора, то використовують послідовне вмикання конденсаторів.

Таблиця 3 - Постійні резистори

Типи резистора	Діапазон опорів	Номинальна потужність, Вт
МЛТ	1 Ом – 3,01 МОм	0,125
	1 Ом – 5,1 МОм	0,25; 0,5
	1 Ом – 10 МОм	1; 2
С2 – 33	1 Ом – 3 МОм	0,125
	1 Ом – 5,1 МОм	0,25
	0,1 Ом – 5,1 МОм	0,5
	1 Ом – 10 МОм	1
	1 Ом – 22 МОм	2

Таблиця 4 – Конденсатори постійної ємності

Номинальна наруга, В	Номинальна ємність, мкФ				
	К 50-7	К 50-35	К 50-18	К10-17	К73-17
6,3		20; 30; 50; 100; 200; 500	220000		
10		10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 5000	100000		
16		5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 300; 1000; 2000; 5000	22000 68000 100000		

Таблиця 4 – Конденсатори постійної ємності (продовження)

Номинальна наруга, В	Номинальна ємність, мкФ				
	К 507	К 50-35	К 50-18	К10-17	К73-17
25		2; 5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 5000	15000 33000 100000		
50		2; 5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000	4700 10000 15000 22000	0,001; 0,01; 0,022; 0,056	
63					0,22; 0,33; 0,47; 0,68; 1; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7
100		0,5; 1; 2,5; 10; 20; 30; 50	2200 4700 10000		
160	2; 50; 100;	1,2; 5; 10; 20			1,5; 2,2

	200; 500				
250	10; 20; 50; 100; 200		1000 4700		0,047; 0,068; 0,1; 0,15; 0,22; 0,33; 0,47; 0,68; 1
300	5; 10; 20; 50; 100; 200				
350	10; 20; 50; 100				
450	10; 20; 50; 100				