

*Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю. М. Потєбні*

*Кафедра: Електроніки, інформаційних систем та програмного
забезпечення*

Практичне заняття 2

з дисципліни Аналогова та оптохемотехніка

Параметри електронних кіл на полевих транзисторах

Студента (ки) 2 курсу, групи _____

(прізвище та ініціали)

Викладач _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Метою вивчення теми є засвоєння основних технічних показників електронних кіл на полевих транзисторах.

Ключові терміни та поняття: транзистор, резистор, конденсатор, ємність, напруга, струм, опір,.

План самостійного опрацювання теми.

1. Засвоїти схеми включення полевих транзисторів.
2. Засвоїти технічні показники кіл на полевих транзисторах.
3. Засвоїти режими роботи кіл на полевих транзисторах.

Методичні вказівки до вивчення питань та виконання завдань.

Параметрів, які характеризують роботу кіл на полевих транзисторах (ПТ), нараховується більше десяти, вони відрізняються залежно від типів ПТ, але основними параметрами є такі:

- максимальне значення напруги стік-витік U_{CBmax} , при перевищуванні якого настає необоротний пробій;
- максимальне значення напруги затвор-витік $U_{ЗВ.відс}$, при якому струм стоку I_C практично дорівнює нулю;
- струм стоку насичення $I_{Cнас}$, для ПТ з керованим затвором, значення струму стоку, коли напруга $U_{ЗВ}$ тільки починає наближатися до нуля.

До специфічних параметрів, що характеризують польові транзистори, відносять крутість характеристики S ; диференціальний опір каналу (стоку) R_C , струм затвора I_3 .

Основним параметром польового транзистора, який характеризує його підсилювальні властивості, є крутість стокозатворної характеристики:

$$S = \frac{dI_C}{dU_{ЗВ}}, \text{ якщо } U_{CB} = const, \quad (2.1)$$

де I_C - струм стоку; $U_{ЗВ}$ - напруга затвор-витік; U_{CB} - напруга сток-витік.

Визначається за сток-затворною характеристикою і характеризує підсилювальні властивості ПТ, одиниці вимірювання $S = [\text{mA/V}]$, максимальне значення до 20 для ПТ з неізольованим затвором і до 50 для ПТ з ізольованим затвором; на високих частотах проявляється комплексний характер

$$S(j\omega) = \frac{S_0}{1 + j\omega\tau},$$

де τ - стала часу каналу знаходиться в діапазоні 0,5-2 нс, S_0 крутизна при частоті $f = 0$;

Внутрішній опір каналу транзистора

$$R_{BH} = \frac{dU_{CB}}{dI_C}, \text{ якщо } U_{ЗВ} = const. \quad (2.2)$$

Визначається за вихідними характеристиками, від сотні кілоомів до декількох мегаомів;

Коефіцієнт підсилення транзистора

$$K = \left. \frac{dU_{CB}}{dU_{ЗВ}} \right|_{I_C = const}. \quad (2.3)$$

Між вказаними параметрами існує зв'язок $K = SR_{BH}$.

Як важливий параметр також використовують $U_{ЗВ.ВДС}$. (напруга на затворі, при якій відсікається струм стоку) напруга відсічки і струм $I_{С.НАС}$ насичення стоку.

Корисним є рівняння, виведене В. Шоклі. Це рівняння визначає значення струму стоку I_C при відомому значенні напруги $U_{ЗВ}$.

$$I_C = I_{С.НАС} \cdot \left(1 - \left(U_{ЗВ} / U_{ЗВ.ВДС}\right)\right)^2. \quad (2.4)$$

З врахуванням (2. 1) визначимо крутість стокозатворної характеристики:

$$S = -\frac{2I_{С.НАС}}{U_{ЗВ.ВДС}} \left(1 - \frac{U_{ЗВ.}}{U_{ЗВ.ВДС}}\right). \quad (2.5)$$

Частку

$$-\frac{2I_{С.НАС}}{U_{ЗВ.ВДС}}$$

позначимо S_{m0} , тобто крутість характеристики при $U_{ЗВ} = 0$

$$S = S_{m0} \left(1 - \frac{U_{ЗВ.}}{U_{ЗВ.ВДС}}\right). \quad (2.6)$$

Вхідний опір

$$R_{ВХ} = \frac{dU_{ЗВ}}{dI_C}, \text{ при } U_{СВ} = const, \quad (2.7)$$

диференціальний опір р-п переходу, який зміщений у зворотному напрямку, для ПТ з керівним затвором опір дуже великий $10^6 \dots 10^9$ Ом.

Струм затвора I_3 дорівнює майже нулю, оскільки, в основному, створюється зворотним струмом р-п переходу, для ПТ з неізолюваним затвором $10^{-8} \dots 10^{-9}$ (А), для ПТ з ізолюваним затвором $10^{-10} \dots 10^{-15}$ (А).

Вхідна ємність $C_{ЗВ}$ визначається бар'єрною ємністю р-п переходу затвор-витік.

Прохідна ємність $C_{ЗС}$ - бар'ємна ємність затвор – стік.

Вихідна ємність $C_{СВ}$ - ємність між стоком і витоком.

Гранична частота f_S - значення частоти, за якої модуль крутизни характеристики управління S зменшується в $1/\sqrt{2} = 0,7071$ рази, 100-300 МГц.

Допустима потужність розсіювання P_{max} 0,05...0,5 Вт.

Допустимий струм стоку $I_{Сmax}$ 0,1...десятки мА;

Допустима напруга $U_{СВmax}$ 10...30В; $U_{ЗВmax}$, $U_{ЗСmax}$ 0,5...10 В.

Питання для закріплення вивченого матеріалу та самоконтролю.

1. Назвіть типи польових транзисторів, графічне позначення і опишіть особливості їх структури.
2. Перелічіть основні параметри ПТ і особливості їх використання.
3. Обґрунтуйте переваги та недоліки ПТ.
4. Поясніть наявність ділянки насичення струму стоку I_C на вихідних ВАХ польових транзисторів.
5. Нарисуйте ВАХ ПТ з р-п переходами.

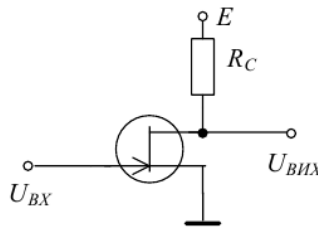
6. Виконайте порівняльний аналіз ВАХ ПТ з р-п переходами та МДН ПТ.

7. Накресліть схему КМОН ключа на ПТ і розкажіть як вона працює.

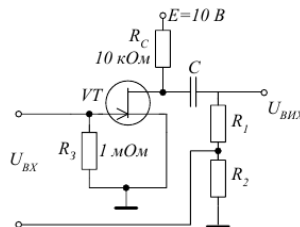
Практичні завдання.

Задача 1. Польовий транзистор з керуючим р-п переходом і каналом р-типу ввімкнений в підсилювальний каскад за схемою із загальним витоком. Наведіть принципову схему. Визначити коефіцієнт підсилення напруги, якщо відомі напруги $U_{ЗВ} = -2$ В, $U_{відс} = -7$ В, значення струму стоку $I_{СН} = 10,5$ мА і опір резистора стоку $R_C = 14$ кОм.

Задача 2. Для запропонованої схеми, при заданих параметрах: $U_{відс} = -5,2$ В, $I_{СН} = 1,9$ мА, $E_{СВ} = 12$ В, $I_C = 0,5$ мА. Визначити номінал резистора R_C .



Задача 3. Підсилювальний каскад на польовому транзисторі охоплений НЗЗ. Визначте коефіцієнт підсилення схеми з НЗЗ і напругу на затворі. Початкові дані для розрахунку: $U_{ВХ} = 2$ В, $R_1 = 5$ кОм, $R_2 = 3$ кОм, $S = 1,5$ мА/В.



Література

1. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Основи схемотехніки електронних систем: підручник. Київ : Вища шк., 2004. 527 с.
2. Гельжинський І. І., Голяка Р. Л., Готра З. Ю., Марусенкова Т. А. Мікросхемотехніка: підручник. Львів : Ліга - Прес, 2015. 492 с.
3. Бойко В. І., Зорі А. А. Основи електронних систем : вступ до фаху. Донецьк : ДНТУ, 2002. 207 с.