

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій**

Реферат

з навчальної дисципліни

«ЕЛЕКТРОНІКА ТА МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА»

на тему

**«Методи стабілізації робочої точки та класи підсилення підсилювача на
біполярному транзисторі»**

Виконала: студентка 2 курсу, групи ІВТ-6

Спеціальності: 175 «Інформаційно-
вимірювальні технології»

Семенюк І.В.

Перевірила: Воронова Т.С.

Оцінка: _____

м. Житомир – 2024 рік

Робота будь-якого електронного пристрою, зокрема підсилювача, базується на стабільності його характеристик.

Одним з ключових параметрів, що визначає режим роботи транзистора, є його робоча точка. Це точка на вольт-амперній характеристиці, яка відповідає певним значенням струму колектора I_c і напруги між колектором і емітером V_{ce} .

Стабільність робочої точки є критично важливою, оскільки будь-які зміни параметрів транзистора або зовнішніх умов (температура, напруга живлення) можуть призвести до її зсуву, що, в свою чергу, може викликати спотворення сигналу, зміну коефіцієнта підсилення і навіть вихід пристрою з ладу.

Для того, щоб забезпечити стабільну роботу підсилювача, використовуються різноманітні методи стабілізації робочої точки. Крім того, важливим параметром, що характеризує роботу підсилювача, є клас підсилення. Клас підсилення визначає, протягом якої частини періоду вхідного сигналу транзистор проводить струм.

Стабілізація робочої точки



Рисунок 1 – стабілізатор

Основними методами стабілізації робочої точки є:

Параметрична стабілізація

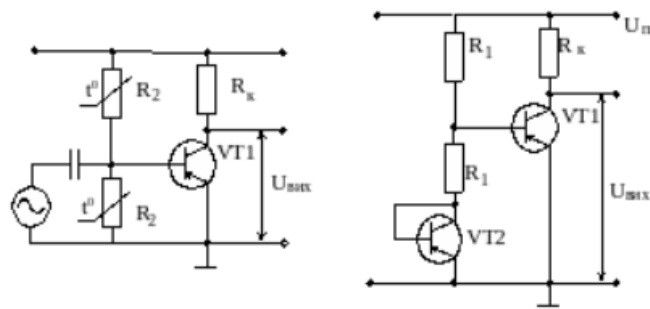


Рисунок 2 – приклади параметричної стабілізації до допомогою, а) – терморезисторів, б) – напівпровідникових елементів

Метод параметричної стабілізації базується на введенні в схему елементів, які компенсують зміну параметрів схеми при зовнішніх впливах. Наприклад, вплив температури може бути зменшено введенням у схему напівпровідникових елементів або терморезисторів

Застосування цього методу особливо ефективно в каскадах на кремнієвих транзисторах, де основну нестабільність струму колектора породжує (через відносно малу величину). Найкраща реалізація цього методу термокомпенсації досягається в інтегральних мікросхемах (ІМС), де обидва переходи природним чином локалізуються в межах одного кристала і мають абсолютно однакові параметри. Можливе застосування інших термокомпенсуючих елементів, наприклад, використовують поєднання біполярного транзистора (БТ) та польового транзистора (ПТ).

Емітерна стабілізація

Цей метод полягає у включенні резистора в емітерний контур транзистора. Збільшення струму колектора призводить до збільшення падіння напруги на цьому резисторі, що, в свою чергу, зменшує напругу база-емітер і, як наслідок,

струм колектора. Таким чином, створюється негативний зворотний зв'язок за струмом, який стабілізує робочу точку.

Дільник напруги в базі:

Для стабілізації робочої точки часто використовують дільник напруги, який підключається до бази транзистора. Цей дільник задає певну напругу на базі, яка слабо залежить від змін параметрів транзистора.

Термокомпенсація:

Цей метод передбачає використання терморезистора, опір якого змінюється залежно від температури. Терморезистор включається в схему таким чином, щоб компенсувати зміни параметрів транзистора, викликані зміною температури.

Комбіновані методи:

Для досягнення високого ступеня стабілізації часто використовують комбінацію різних методів, наприклад, емітерну стабілізацію і дільник напруги в базі.

Колекторна стабілізація

Принципова схема каскаду з колекторною стабілізацією для включення СЕ

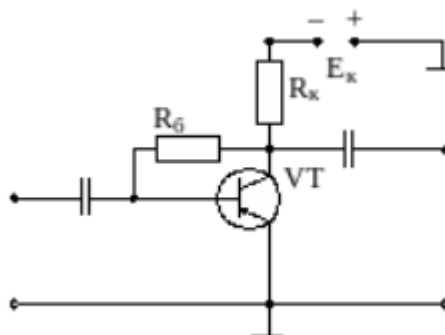


Рисунок 3 – колекторна стабілізація

З рисунку видно, що колекторна стабілізація може бути отримана на основі схеми зсуву фіксованим струмом бази за допомогою перемикавання резистора з джерела живлення на колектор транзистора. Цим досягається залежність струму в колі від значення вихідного струму, оскільки потенціал колектора щодо загальної точки .

Відповідно, коефіцієнт нестабільності:

Кожен з цих методів має свої переваги і недоліки. Емітерна стабілізація відносно проста у реалізації, але може знизити коефіцієнт підсилення. Дільник напруги в базі забезпечує хорошу стабільність, але може вимагати великих значень опорів. Термокомпенсація дозволяє досягти високої точності стабілізації, але ускладнює схему.

Великі струми та бажані з точки зору зменшення впливу факторів, що стабілізують роботу каскаду за постійним струмом. З цієї точки зору необхідно, щоб у каскаді на біполярному транзисторі виконувалася умова $I_{\kappa 0} \gg I_{0\kappa} h_{21e}$, де $I_{\kappa 0}$ – некерований струм при зворотному зміщенні $p-n$ переходу; h_{21e} – номінальне значення коефіцієнта підсилення транзистора за струмом в схемі зі спільним емітером.

Якщо до підсилювача малих сигналів не пред'являються будь-які спеціальні вимоги, то значення струмів та вибирають в інтервалі 0,5...5 мА. Виняток становлять випадки побудови так званих мікропотужних підсилювачів, де струми та можуть становити десятки мікроампер і менше.

Збільшення різниці потенціалів між вихідними затискачами транзистора, наприклад, за рахунок збільшення напруги джерела живлення, покращує частотні властивості каскаду, оскільки при цьому зменшуються паразитні ємності $p-n$ переходів, і в першу чергу прохідні ємності колектор-база і стік-затвор. Але слід мати на увазі, що при великих та , що наближаються до гранично

допустимих значень та $U_{св\max}$, зростає ймовірність виходу транзистора з ладу через виникнення електричного пробоя в його структурі. Крім того, збільшення напруг та призводить згідно з (1.31) до збільшення потужності P_t і, відповідно, до необхідності застосування в каскаді транзистора з підвищеною гранично допустимою потужністю розсіювання $P_{t\max}$. Такі транзистори мають більші габарити, підвищену вартість, мають гірші характеристики за швидкістю і низкою інших параметрів. При малих напругах та робоча точка наближається до області відсічки, внаслідок чого в каскаді можуть виникати нелінійні спотворення. У зв'язку з цим у каскадах підсилення рекомендується забезпечувати значення напруг та не нижчими напруги, що визначається співвідношенням

Класи підсилення

Класи підсилення визначаються тим, протягом якої частини періоду вхідного сигналу транзистор проводить струм. Розрізняють такі основні класи підсилення:

Клас А:

Транзистор проводить струм протягом усього періоду вхідного сигналу. Цей клас забезпечує найвищу лінійність підсилення, але має низький коефіцієнт корисної дії (ККД).

Клас В:

Транзистор проводить струм тільки протягом позитивної або негативної півхвилі вхідного сигналу. Цей клас забезпечує більш високий ККД, але має значні нелінійні спотворення.

Клас АВ:

Цей клас є проміжним між класами А і В. Транзистор проводить струм протягом трохи більшої частини періоду, ніж в класі В, що дозволяє зменшити нелінійні спотворення порівняно з класом В і підвищити ККД порівняно з класом А.

Клас С:

Транзистор проводить струм протягом дуже малої частини періоду вхідного сигналу. Цей клас забезпечує найвищий ККД, але має дуже сильні нелінійні спотворення. Застосовується в генераторах і модуляторах.

Вибір класу підсилення залежить від конкретних вимог до підсилювача. Якщо пріоритетом є лінійність, то слід використовувати клас А. Якщо важливий ККД, то можна вибрати клас В або АВ. Клас С використовується в тих випадках, коли лінійність не є критичним фактором, а важливий високий ККД.

Висновок

Стабільність робочої точки підсилювача є критично важливим фактором для забезпечення його ефективної та надійної роботи. Транзисторні підсилювачі під впливом різних зовнішніх умов, таких як зміни температури або коливання напруги живлення, можуть зазнавати зсуву робочої точки. Це може призвести до спотворень сигналу, зміни коефіцієнта підсилення або навіть виходу пристрою з ладу. Для уникнення таких проблем застосовуються різні методи стабілізації робочої точки, кожен з яких має свої особливості, переваги та недоліки.

Методи стабілізації робочої точки

1. Параметрична стабілізація – цей метод базується на введенні в схему елементів, які компенсують зміни параметрів транзистора при зміні зовнішніх умов. Використання терморезисторів або напівпровідникових елементів дозволяє мінімізувати вплив температурних змін на робочу точку. Особливо

ефективною параметрична стабілізація є в інтегральних мікросхемах, де всі елементи знаходяться на одному кристалі і мають однакові характеристики.

2. Емітерна стабілізація – включення резистора в емітерний контур забезпечує негативний зворотний зв'язок за струмом. Це дозволяє автоматично коригувати струм колектора, стабілізуючи робочу точку. Простота реалізації робить цей метод дуже популярним, але він може знижувати коефіцієнт підсилення підсилювача.

3. Дільник напруги в базі – за допомогою дільника напруги на базі транзистора можна забезпечити стабільну напругу, яка мало залежить від змін параметрів транзистора. Цей метод забезпечує хорошу стабільність, хоча може вимагати застосування резисторів з великими значеннями опору.

4. Термокомпенсація – цей підхід передбачає використання терморезисторів для компенсації змін параметрів транзистора через коливання температури. Це дозволяє досягти високої точності стабілізації, проте ускладнює схему.

5. Колекторна стабілізація – цей метод полягає у включенні резистора в колекторний ланцюг, що дозволяє забезпечити залежність струму від вихідного струму колектора. Цей підхід ефективний для схем зі зсувом фіксованим струмом бази.

6. Комбіновані методи – для досягнення максимальної стабільності часто використовують поєднання кількох методів, наприклад, емітерну стабілізацію разом із дільником напруги в базі.

Класи підсилення

Окрім стабільності робочої точки, важливим аспектом роботи підсилювача є вибір класу підсилення. Існують різні класи підсилення, кожен з яких має свої характеристики:

- Клас А: Забезпечує найвищу лінійність, оскільки транзистор проводить струм протягом усього періоду сигналу. Однак ККД цього класу досить низький.
- Клас В: Має вищий ККД, але транзистор проводить струм лише протягом половини періоду сигналу, що призводить до нелінійних спотворень.
- Клас АВ: Компроміс між класами А і В. Забезпечує баланс між лінійністю та ККД, знижуючи нелінійні спотворення.
- Клас С: Має найвищий ККД, але характеризується значними нелінійними спотвореннями. Використовується у генераторах і модуляторах.

Вибір підходу

Вибір методу стабілізації робочої точки та класу підсилення залежить від конкретних вимог до підсилювача. Якщо важливі лінійність та якість сигналу, доцільно використовувати клас А та методи стабілізації, що забезпечують мінімальні спотворення, наприклад, дільник напруги або термокомпенсацію. Якщо пріоритетом є енергоефективність, слід розглядати класи В або АВ та комбіновані методи стабілізації.

Таким чином, для забезпечення надійної та ефективної роботи підсилювача необхідно ретельно підходити до стабілізації робочої точки та вибору класу підсилення, з урахуванням умов експлуатації та вимог до якості підсиленого сигналу.

Літературні джерела

1. https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%B5%D0%BD%D0%BF%20%D1%94%D0%B2%D1%81%D1%8E%D0%BA/other/lekcziya_6.pdf
2. <https://ep3.nuwm.edu.ua/11233/1/%D0%A1%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0.%20%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0%202.%20%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0.pdf>
3. <https://studfile.net/preview/9928604/page:3/>