##### Курсова робота

з дисципліни

### Теорія електричних кіл

на тему:

**“Розрахунок транзисторного резонансного підсилювача потужності”**

###### Зміст

Аналіз резонансного підсилювача

Вибір режиму роботи резонансного підсилювача потужності

Вхідні данні

Вибір транзистора та схеми резонансного підсилювача потужності

Вольт-амперні характеристики транзистора

Схема резонансного підсилювача потужності

Розрахунок резонансного підсилювача потужності

Специфікація

Висновки

Література

**Аналіз резонансного підсилювача потужності**

В наш час в проміжних і вихідних каскадах радіопередаючих пристроїв, які працюють в різних частотах диапазона широко використовуються резонансні підсилювачі потужності.

Підсилювачем потужності радіосигналів називається пристрій, який перетворює енергію джерела постійного струму в енергію високочастотних коливань для забезпечення заданої потужності цих коливань на виході підсилювача.

Підсилювач потужності характеризується в загальному випадку рядом показників: вихідною потужністю, коефіцієнтом підсилення потужності і корисної дії, діапазоном робочих частот, амплітудно-частотною характеристикою, рівнем нелінійних спотворень і власних шумів.

В 60-70-их роках більшість резонансних підсилювачів потужності були на лампах. З часом радіоелектронні елементи вдосконалювались. Все більше почали використовувати транзистори, які в потужних каскадах підсилення високочастотних коливань дають можливість значно покращити такі важливі параметри радіопередавачів військового призначення, як надійність та довговічність, зменшити вагу та габарити. Але серйозною перешкодою широкому використанню транзиситорів в радіопередаючих пристроях була відсутність потужних високочастотних транзисторів з’явилась реальна можливість створення підсилювачів на сотні ват в короткохвильовому диапазоні, і до десятків ват в диапазоні ультра коротких хвиль.

По технологічним причинам більша частина потужних високочастотніх транзисторів випускається n-p-n типу. Найбільшого розповсюдження одержала схема включення приладу зі спільним емітером, що забезпечує більш високий коофіцієнт підсилення за потужністью.

До підсилювачів потужності пред’являють наступні основні вимоги:

1. Більша величина потужності вихідного радіосигналу (від кількох ват до десятків і сотень кіловат в залежності від призначення радіостанціі).
2. Висока економічність, яка характеризується коефіцієнтом корисної дії підсилювача.
3. Малі нелінійні спотворення радіосигналів, що підсилюються.
4. Можливість плавної і дискретної перестройки підсилювача в заданому диапазоні частот.

Важливою проблемою при проектуванні транзисторних підсилювачів потужності є забезпечення їх стійкості. Виникнення паразитних коливань може призвести до різних небачених явищ: паразитній модуляціі, зниження корисної потужності, шкідливому випроміненню, складності настройки підсилювача потужності і, що особливо небезпечно, виходу з ладу транзисторів.

Нестійкість підсилювача може бути зумовлена різними факторами: тепловим оберненим з’язком в транзисторі, внутрішнім оберненим зв’язком через ємкості активної і пасивної частини колекторного переходу і паразитні реактивні параметри транзистора, нелінійності ємкості p-n переходів, негативними опорами, зв’язаними з прольотними ефектами, лавиноподібним розмеженям і т.п.

В каскадах підсилювачів потужності радіосигналів різні динамічні режими, особливості яких обумовлені видом характеристики передачі Ik=f(Uке). Отже РПП може працювати в трьох режимах: недонапруженому, граничному(критичному), і перенапруженому.

Підсилювачі потужності в загальному випадку можуть працювати як з відсіканням струмів, так і без відсікання.

При заданій вихідній потужності критичний режим підсилювача потужності буде ефективніше, чим вище коефіцієнт корисної дії і коефіцієнт підсилення потужності. Однак умови, що відповідають максимальним значенням того чи іншого показника, не співпадають. Це призводить до необхідності рішення задач оптимального режиму підсилювача потужності, тобто знаходження компромісних умов, при яких забезпечується найбільш вигідне співвідношення енергетичних характеристик з урахуванням граничних експлуатаційних параметрів транзисторів.

За вихідні данні при розрахунку РПП приймаються справочні відомості про граничний режим, статичні характеристики, максимальні частотні параметри і характеристика нелінійних якостей транзистора.

**Вибір режиму роботи резонансного підсилювача потужності**

Резонансний підсилювач потужності може працювати в одному з трьох динамічних режимів, особливості яких зумовлені видом характеристики передачі Ik=f(Uке), яка виражає залежність колекторного струму підсилювального прибору від напруги на колекторі при заданих величинах напруги зміщеня, напруги джерела колекторного живлення, амплітуд напруги на базі і на колекторі.

Режим роботи підсилювача з малим коефіцієнтом використання колекторної напруги, коли імпульс струму має гострокінечну форму, називається недонапруженим. Для недонапруженого режиму ξ< 0.7.Динамічна характеристика даного режиму зображена під номером 1 на мал. 1а,б.

Якщо коефіцієнт використання колекторної напруги ξ=0.7-0.8, то має місце граничний(критичний)режим (графік 2 мал. 1)

Режим роботи з великим коефіцієнтом використання колекторної напруги, коли імпульс струму має впадину на вершині, називається перенапруженим. Для перенапруженого режиму ξ>0.9 (графік 3 мал. 1)

Як бачимо, для резонансного підсилювача потужності краще брати гранічний режим роботи, він є оптимальним. А задача оптимізаціі - це забезпечення найбільш вигідних основних енергетичних показників.

В резонансних підсилювачах потужності, які працюють в граничному режимі захоплюють дві області характеристик6 активна і область обернених зміщених переходів(область відсікання).

Резонансний підсилювач потужності характеризується максимальною віддачею потужності в навантаження, коли динамічна характеристика перетинає лінію граничного режиму при максимальній напрузі на базі.

Вхідні данні

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Величина | Параметр | Номінал | Розмірність |
| 1. | f | Робоча частота | 90 | МГц |
| 2. | Pн | Потужність в навантаженні | 0,15 | Вт |
| 3. | Ек | Напруга живлення | 12 | В |
| 4. | ρф | Хвильовий опір фідера | 12 | Ом |
| 5. | Rвих | Вихідний опір попередньго каскаду | 75 | Ом |

Вихідні дані транзиттор КТ 805Б

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Величина | Параметр | Номінал | Розмірність |
| 1. | Sk | Крутизна характеристики | 0,3 | А/В |
| 2. | E′б | Напруга відсікання | 0,2 | В |
| 3. | h21е | Коефіцієнт передачі струму | 20 |  |
| 4. | β0 | Низькочастотне значення h21е | 20 |  |
| 5. | Ск | Ємність колекторного переходу | 4,1 | пФ |
| 6. | fгр | Гранична частота транзистора | 20 | МГц |
| 7. | Се | Ємність емітерного переходу | 20 | пФ |
| 8. | τк | Постійна часу кола оберненого зв`язку | 22 | пс |
| 9. | Uкб мах | Максимальна напруга колектор – база | 5 | В |
| 10. | Uеб мах | Максимальна напруга емітер – база | 5 | В |
| 11. | Iк мах | Максимальний постійний струм колектора | 5 | мА |
| 12. | Pк мах | Розсію вальна потужність | 3 | Вт |
| 13. | Uке мах | Максимальна напруга колектор – емітер | 135 | В |
| 14. | tп | Максимальна температура навколишнього середовища | 120 | °С |
| 15. | Rпс | Загальний тепловий опір транзистора | 30 | °С/Вт |
| 16 | Lб=Lе=Lк | Індуктивність виводів | 3 | нГн |

#### Вибір транзистора та схеми РПП

Задача гармонійного аналізу зводиться до визначення форми і спектру імпульсного струму при заданій формі напруги. Повний аналіз процесів і розрахунків підсилювача в нелінійному режимі на високих частотах є доволі складним та громіздким. Тому робиться ряд доволі серйозних спрощень, що дозволяє приблизити методику розрахунку транзисторних схем до традиційних лампових.

За вихідні данні при аналізі і розрахунку приймаються довідникові дані (відомості) про граничні характеристики, частотні параметри і характеристики нелінійних властивостей транзистора.

Отже, в першу чергу нам необхідно вибрати транзистор. Вхідними даними для вибору транзистора є робоча частота f=90 МГц і потужність в навантажені, яку ми за рекомендаціями беремо в 1,1÷1,2 рази більше Р1=(1,1 – 1,2)Рн, враховуючі можливі втрати на розсіювання. Отже Р1=0,18 Вт

Користуючись даними рекомендаціями і обмеженнями вибираємо транзистор великої потужності, середньої частоти КТ 805Б

Для реалізації резонансного підсилювача потужності враховуючи рекомендації і обмеження, а також те, що транзистор великої потужності ми обираємо Н – схему РПП з спільним емітером (дане включення дозволяє отримати більший коефіцієнт потужності і меншу реакцію вхідного кола на вхідне)

#### Вольт – амперні характеристики транзистора КТ 805Б

Ik

mA

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 40 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 20 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  | 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

4

5

1

10

9

8

7

3

Uke,В

Iб

мА

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 0,4 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 0,3 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 0,2 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 0,1 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 0,5 |  | 1 |  | 1,5 | Uбе,В |  |

**Розрахунок резонансного підсилювача потужності**

1. *Визначимо ємність активної області колекторного переходу.*

**Ска=Ск/(1+Кс) = ()=1,36пФ**



1. *Визначимо ємність пасивної області колекторного переходу з врахуванням ємності між виводами колектора і бази.*

**Скп=Ск - Ска = (4,1-1,36)\*10-12=2,74пФ**

1. *Так як τк=r′б\*Ска, знаходимо омічний опір бази.*

**r′===16,09 Ом**



1. *Знаходимо омічний опір емітера*

**r′===0,766Ом**



**Вибір кута відсікання**

# Оцінемо можливість роботи транзистора з нульовим зміщенням:

# *Перша гармоніка колекторного струму в нульовому наближені.*

# **Ік0 ==0,25\*0,3\*18(1 - )=0,217А**



**Х===0,296**



*2. Параметри нелінійної моделі транзистора при струмі ік ср=І0к1*

*а) Низькочастотне значення крутизни:*

**Sn= = =2,26А/В**



*б) Опір втрат рекомбінації*

*r***β=β0/Sn =20/2,26=8,85Ом**

*в) Низькочастотний коефіцієнт передачі по переходу*

**Кп=(1+Sn\*r′є+r′б/rβ)-1=(1+2,26\*0,766+16,09/8,85)-1=0,219**

*г) Крутизна статичних характеристик колекторного струму*

**S=Kn\*Sn=2,26\*0,219=0,49А/В**

*д) Параметри інерційності*

**νs=f\*S\*r′б/fт==3,94**



**νβ===10**



**νє=2πf\*r′б\*Се=2\*3,14\*107\*16,09\*20-12=0,29**

3.Обчислюємо узагальнений параметр інерційності та коефіцієнти розкладання

**а===0,461**



**β1-1(θ;а)===0,0101**



По графіку залежності коефіцієнтів розкладання β1-1 від кута відсікання при різних параметрах **а** знаходимо кут відсікання θ =102°

При цьому куті відсікання γ1=0,631, α1=0,522, g1=1,47

Висота імпульсу та перша гармоніка струму при θ =102°

При цьому куті відсікання cos102°= - 0,207

*4. Висота імпульса та перша гармоніка струму при θ =102°*

**Z=0,5\*()=0,5\*()=0.089**



**Ік мах=Sk\*Ek\*Z=0,3\*18\*0,089=0,48A**

**Ік1=α1\*Ік мах=0,522\*0,48=0,269А**

Як бачимо І0к1≈Ік, тому розрахунок продовжуємо

1. *Максимум оберненої напруги на ємітерному переході.*

**Un max= ==1,087В**



Оскільки виконується умова Un max< Uєб max, 1,087< 5

# **Розрахунок колекторного ланцюга**

1. *Коливна напруга на колекторі*

**Uкє===12,16В**



**Ек+Uке<Uке мах,18\*12,16<135**

1. *Визначимо провідність навантаження*

**Gk===22,12мСм**



1. *Постійна складова колекторного струму і потужність яка використовується від джерела живлення по колекторному ланцюгу.*

**Ік0===0,18А**



**Р0=Іко\*Ек=0,18\*18=3,24 Вт**

1. *Потужність, яка розсіюється на конденсаторі*

**Рр.к =Р0 – Р1=3,24-1,8=1,44 Вт**

1. *Електронний ККД колекторного ланцюга*

**η= ==0,66**



З метою перевірки правильності розрахунків знаходимо коефіцієнт використання колекторної напруги та електронний ККД колекторного ланцюга. Для цього знайдемо коефіцієнт використання колекторної напруги ξ

**ξ=1 – Z 1 – 0,089=0,911**

**ηе=0,5g1ξ=0,5\*1,47\*0,911=0,669**

Як ми бачимо ηе іη майже однакові

## *11.Знаходимо Н – параметри*

*а) Вхідний опір в режимі малого сигналу, його дійсна та уявна частини:*

**δН11в===0,239**



**Н11в=r′б+ r′е+ωт Lе+δН11в=0,766+16,09+20\*106\*3\*10-9+0,239=17,13 Ом**

**δН11м=δН11в\*νβ=0,239\*10=2,39**

**δН11м=ωт\*Lе - +δН11м=2\*3,14\*50\*106\*3\*10-9 –**



**- = - 343, Ом**



*б) дійсна та уявна частини коефіцієнта оберненого зв`язку по напрузі в режимі малого сигналу*

**Н12в= - ω\*Ск\*Н11м= - 2\*3,14\*50\*106\*4\*10-12\*(- 343) = 0,43**

**Н12м=ω\*Ск(Н11в - rб), де rб1=**



**rб1==0,23 Ом**



**Н12м=2\*3,14\*107\*4\*10-12(17,13-0,23) =0,0041**

в) знаходимо фазу та модуль коефіцієнта оберненого зв`язку

**ϕ12=arctg() =arctg() =0°59′**



**|H12|= = =0,241**



*г) знаходимо фазу та модуль коефіцієнта передачі*

**ϕ12= - arctgνβ= - arctg10= - 84°17′**

**|H21|=ν1\*fT /f= =0,244**



*д) дійсна та уявна частини вихідної повної провідності*

**Н22в=ωт \*Ск \* γ1=2\*3,14\*20\*106\*4\*10-12\*0,611=319 мкСм**

**Н22м= = =3,18\*10-5 См**



1. *Складові добутку Н12 Н21:*

*а) модуль добутку Н12 Н21:*

**| Н12 Н21|=0,244\*0,241=0,0588**

*б) фаза добутку Н12 Н21:*

**ϕ= ϕ12+ϕ21=0°59′-84°17′= - 83°36′**

*в) дійсна та уявна частини добутку Н12 Н21:*

**(Н12 Н21)в = | Н12 Н21|\*cosϕ=0,0969\*cos(-81°02′) =0,015**

**(Н12 Н21)m=| Н12 Н21|\*sinϕ=0,0969\*sin(-81°02′) = - 0,0953**

1. *Складова вихідного опору і уявна частина провідності навантаження.*

**Rвх= Н11в - =17,13 - =16,42 Ом**



**Хвн = Н11м - = - 291 - =-286,75**



1. *Коефіцієнт підсилення потужності*

**Кр= = =4,31**



1. *Потужність збудження і амплітуда вхідного струму:*

**Рб1=Р1/Кр=1,8/4,31=0,418 Вт**

**Іб1= = =0,226 А**



1. *Сумарна потужність розсіювання та загальний ККД каскаду:*

**Рроз=Рр.к+Рб1=1,44+0,418=1,858 Вт**

**Рроз<Рк мах=; 1,858 < =5 Вт**



**ηзаг= ==0,53ηт**



Коефіцієнт корисної дії трансформатора знаходиться при розрахунку ланцюга зв`язку з навантаженням.

**Колекторний ланцюг зв`язку. Розрахуємо П – трансформатор з додатковим фільтром (мал. 1)**

**R1=1/Gk=1/22,12\*10-3=45,2 Ом**

**R2=Rф = 200 Ом**

**Δf=0,4МГц**

**Q∑=Q1+Q2+Qф≈f/(2Δf)≈=25**



Нехай Q1=6. Тоді

**Q2===12,75**



**Qф= Q ∑ - (Q1+ Q2)=25 – (12,75+6)=6,25**

**С3= ==2113 Пф**



**С4===1015 Пф**



**L2===3,64\*10-7 Гн**



**Lф===1,2\*10-7 Гн**



**Сф===2309,4 пФ**



При Qx.x=100 ККД трансформатора

**ηт===0,8**



**Базовий ланцюг зв`язку. Вякості вхідного ланцюга зв`язку візьмемо Т – трансформатор (мал. 2)**

**R1=Rвих=90 Ом**

**R2=Rвх=16,42 Ом**

Для того, щоб забезпечити режим збудження транзистора від джерела гармонічного струму необхідно, щоб виконувалась умова

**Q22> - 1; Q22 >5,48**



Тому беремо Q2=15

**Q1===6,34**



**L1===3,92 мкГн**



**С1===27,9 пФ**



**С2===37,16 пФ**



19. Розрахунок додаткової індуктивності в колекторному та базовому ланцюгах.

**Lдр1= ==14,3 мкГн**



**Lдр2===7,1 мкГн**



###### Специфікація

Конденсатори

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Позначення | Тип елементу | кількість | примітка |
| С1 | К10-17-50-30 пФ ± 5% | 1 |  |
| С2 | К10-17-50-40 пФ ± 5% | 1 |  |
| С3 | К10-17-50-2113 пФ ± 5% | 1 |  |
| С4 | К10-17-50-1015 пФ ± 5% | 1 |  |

Котушки індуктивності

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| L1 | 4 мкГн | 1 |  |
| L2 | 37 мкГн | 1 |  |

Дроселі

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lдр1 | 15 мкГн | 1 |  |
| Lдр2 | 8 мкГн | 1 |  |

Транзистор

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| VT1 | КТ-805Б | 1 |  |

###### Висновки

В даній курсовій роботі було розраховано резонансний підсилювач потужності на транзисторі. За значенням граничної частоти та максимальної потужності було обрано транзистор КТ-805Б. Була застосована Н - схема резонансного підсилювача потужності зі спільним емітером та паралельним живленням колекторного кола.

В ході розрахунків отримано:

-загальний коефіціэнт корисної дії каскаду ηзаг=0,42

-коефіцієнт підсилення потужності Кр=4,31

-кут відсікання колекторного струму ∠θ=102°

Розрахований резонансний підсилювач потужності працює у граничному режимі роботи. Отже, будуть реалізовані найкращі енергетичні показники.

В якості базового та колекторного кіл було обрано n-транзистори. При розрахунку отримали номінали елементів, що входять до складу резонансного підсилювача потужності. Вони представлені в специфікаціі.

Розрахована схема має достатній коефіцієнт підсилення та корисної дії і являється високочастотною, що визначає її використання у військовій техніці зв’язку.

# **Література**

1. Терещук М.Т. Полупроводниковые приемо-уселительные устройства. – К.: научная мысль, 1989,- 672с.
2. лавриненко В.Ю. Справочник по полупроводниковым приборам.-К.: Научная мысль, 1984,- 424с.
3. Богачев В.М., Никифоров В.В. Транзисторные уселители мощности.-М.: Энергия, 1978,-344с.
4. Теплов Н.Л. Нелинейные радиотехнические устройства.-Л.:ВКАС,1972,-353с.
5. Хопов В.Б. и др. Военная техника радиосвязи.-М.: Военное издательство,1982,-440с.