**Практическое занятие № 1**

**Методика расчета автогенератора**

**Задание**

В соответствии с методикой расчета,выбрать транзистор и рассчитать параметры элементов автогенератора построенного по схеме емкостной трехточки (схема Клаппа) для заданной частоты генерируемых колебаний(*из задания 1 расчётно-графической работы*):

***fср*** = (*f*с max  + *f*с min)/2.

**Порядок расчета автогенератора включает следующие этапы:**

1.***Выбор схемы* *автогенератора***

Транзисторные автогенераторы (АГ) чаще всего выполняют по схеме емкостной трехточки и реже – по схеме индуктивной трехточки.

Наибольшее практическое применение получила так называемая схема Клаппа (рисунок 1).

*U*вых



Рисунок 1 – Схема автогенератора (емкостная трехточка; схема Клаппа)

В отличие от классической схемы емкостной трехточки в этой схеме последовательно с индуктивностью контура включается дополнительный конденсатор *С*3.

Общая емкость контура *С*к при этом становится меньше, чем при двух конденсаторах *С1* и *С2*, а для сохранения той же частоты колебаний надо увеличивать индуктивность контура *L*к.

В результате получится контур с большим характеристическим сопротивлением .

Такой контур при сохранении тех же потерь () обладает большей добротностью , а, следовательно, и лучшими эталонными свойствами.

Это способствует повышению стабильности частоты генерируемых колебаний. Кроме того, включение конденсатора *С*3 уменьшает коэффициент подключения (включения) транзистора к контуру .

Этим снижается дестабилизирующее влияние изменения параметров контура на частоту АГ.

**2. *Выбор транзистора***

В АГ, как правило, используются транзисторы, у которых на частоте генерации  еще заметно не проявляются инерционные свойства. Для этого достаточно выполнения условия:

**,

где  − граничная частота транзистора по крутизне.

Значение  определяется из выражения

*,*

где  − предельная частота усиления транзистора по току в схеме с общим эмиттером;

 − крутизна статических ВАХ на низких частотах;

** − сопротивление материала базы.

Значения  и ** определяются из следующих выражений:

, ,

где  − постоянная времени цепи обратной связи [*нс*];

**  − емкость база-коллектор [*пФ*];

** − статический коэффициент усиления тока базы в схеме с ОЭ;

** = 0,026 *В* (для кремниевых транзисторов) − температурный потенциал;

** − коэффициент разложения для постоянной составляющей тока коллектора;

**  − амплитуда импульса коллекторного тока.

Значения **, ,  определяются по справочным данным о транзисторе, а ** − по таблицам Берга.

Для построения АГ целесообразно использовать высокочастотные транзисторы, основные характеристики которых, приведены в таблицах 1 и 2 приложения.

**3. *Определение режима работы транзистора.***

В АГ с повышенной стабильностью частоты транзистор должен работать в облегченном режиме. Поэтому напряжение источника коллекторного питания и амплитуду импульса коллекторного тока следует выбирать из условий:

*, *,

где  и  − допустимые по паспортным данным значения коллекторного напряжения и импульса тока. При очень малых и при очень значительных токах коллектора стабильность частоты АГ снижается. Поэтому, рекомендуется выбирать  *мА*.

Режим работы транзистора в АГ обычно выбирают недонапряженным с коэффициентом использования коллекторного напряжения **, где − значение  в граничном режиме. Это позволяет уменьшить влияние нестабильности источника питания.

В АГ должны быть обеспечены определенные режимы работы по постоянному току: мягкое возбуждение с переходом в жесткий режим установившихся колебаний с углом отсечки коллекторного тока . Для этого наиболее часто применяют комбинированную схему автосмещения. Она состоит из делителя  в цепи базы транзистора и резистора  в эмиттерной цепи. В этом случае также снижается чувствительность параметров транзистора, а значит, и  к изменениям температуры окружающей среды и напряжения источника коллекторного питания. Опыт проектирования транзисторных АГ показывает, что существует оптимальное значение , обеспечивающее максимальную стабильность частоты: .

**4. *Определение основных параметров автогенератора***

Амплитуда первой гармоники коллекторного тока определяется как , где  − коэффициент Берга для первой гармоники. Он определяется по таблице 3 приложения.

Постоянная составляющая коллекторного тока: .

Крутизна транзистора по первой гармонике: .

**5. *Расчет параметров колебательного контура***

При расчете контура обычно задаются волновым сопротивлением  *Ом* и, зная частоту генерируемых колебаний, определяют индуктивность катушки  и полную емкость контура :

; .

Затем по известным значениям нагруженной добротности *150÷200* и фазового угла средней крутизны  из условия баланса фаз  ( − фазовый угол коэффициента обратной связи) определяют коэффициент включения контура в коллекторную цепь:

, где .

Из уравнения баланса амплитуд определяют отношение емкостей:

.

Емкости контурных конденсаторов находятся из соотношений:

; ; .

Для исключения влияния собственных емкостей транзистора необходимо значение емкости  уменьшить на , а  − на .

**6. *Электрический расчет коллекторной и базовой цепей транзистора***

Электрический расчет коллекторной и базовой цепей транзистора заключается в последовательном определении следующих величин:

- амплитуды напряжения на контуре ;

- коэффициента использования транзистора по коллекторному напряжению ;

- амплитуды напряжения возбуждения ;

- напряжения базового смещения ,

где  − напряжение запирания транзистора.  *В* − для маломощных германиевых транзисторов и  *В* − для кремниевых.

Сопротивление делителя выбирается из неравенства:

** , (1)

где  − сопротивление ветви контура между базой и эмиттером.

Сопротивления  и  определяются из выражений:

; ,

где  − постоянная составляющая базового тока.

Если неравенство (1) выполнить не удается, то между делителем и базой транзистора следует включить блокировочный дроссель, сопротивление которого выбирается из условия .

7. ***Выбор емкости блокировочного конденсатора в цепи эмиттера***

С одной стороны, емкость  должна быть достаточно велика, чтобы обеспечить фильтрацию переменных составляющих эмиттерного тока. С другой стороны, необходимо выполнить условие устойчивости стационарного режима колебаний АГ, т. е. обеспечить отсутствие режимов прерывистой генерации и самомодуляции. Емкость  при известных , и  можно определить из следующего условия:

.

**Лабораторная работа № 1**

**Моделирование работы автогенератора (емкостная трехточка; схема Клаппа)**

В *Microcap* собрать схему автогенератора в соответствии с проведенными расчетами, получить график генерируемых колебаний и сравнить их частоту с заданной.

**Приложение**

Исходные данные и основные выражения, используемые для проведения расчётов:

1. *fг = N****⋅****100 кГц* (*n* – порядковый номер по журналу)

2.Тип транзистора и его *βо*

3. 

4. *I*км *≤ (0,2 ÷ 0,4)I*кmax

5. *Е*к *≤ (0,3 ÷ 0,5) U*кmax,

6. *ξ =(0,2 ÷ 0,3)ξ*гр, где *ξ*гр *= (0,8 ÷ 0,95)*

7. *θ* = *600… 90*

8. *I*ko *= I*км*α*о.

9. *I*к1 *= I*км*α*1*.*

10. 

11. *f*s *= f*Т */ S*о*R*б

12. *R*эопт*=(25÷ 50)/S*о.

13. *S*1 *= S*o*α*1*(1- cosθ)*

14. *ρ = (50 ÷ 200) Ом*

15.

16. 

17. *Q*н *= 150÷ 200*

18. 

19. 

20. .

21. 

22. 

23. .

24. *U*к *= I*к1 *p*вк2 *ρ Q*н

25. *ξ=Uк/Eк*

26. *U*вх*=I*к1 */ S*1

27. *Е*с*=Е*зап*+U*вх*cosθ* (*E*зап *=0,1÷0,2 В* − для маломощных германиевых транзисторов, *E*зап *= 0,5 ÷ 1 В* − для кремниевых)

28. *(100÷ 200) / 2πf*г*C2*  *< R*д *< (3 ÷ 5)R*э

29.  , где где *I*б *= I*ko */ β*o

30.

31.

Таблица 1 − Основные параметры высокочастотных транзисторов *p–n–p* типа

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Тип*  *транзистора* | *I*kmax *,*  *мА* | *U*kmax *,*  *В* | *β*0  (*h*21э) | *τ*к *,*  *нс* | *Cб* *,*  *пФ* | *P*kmax *,*  *мВт* | *f*Т *,*  *МГц* |
| КТ326БМ | 50 | 15 | 40÷150 | 450 | 5 | 200 | 400 |
| КТ337Б | 30 | 6 | 50 | 28 | 6 | 150 | 600 |
| КТ343Б | 50 | 17 | 50 | 20 | 6 | 150 | 300 |
| КТ347Б | 30 | 9 | 30÷400 | 25 | 6 | 150 | 500 |
| КТ357Б | 40 | 6 | 60÷300 | 250 | 7 | 100 | 300 |
| КТ363Б | 30 | 12 | 40÷120 | 75 | 2 | 150 | 1500 |

Таблица 2 − Основные параметры высокочастотных транзисторов *n–p–n* типа

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  транзистора | *I*kmax *,*  *мА* | *U*kmax *,*  *В* | *β*0  (*h*21э) | *τ*к *,*  *нс* | *Cб,*  *пФ* | *P*kmax *,*  *мВт* | *f*Т *,*  *МГц* |
| КТ306Б | 30 | 10 | 40÷120 | 30 | 5 | 150 | 500 |
| КТ312Б | 30 | 30 | 25÷100 | 500 | 5 | 225 | 120 |
| КТ316Б | 50 | 10 | 40÷120 | 10 | 3 | 150 | 800 |
| КТ325Б | 30 | 15 | 30÷90 | 125 | 2,5 | 225 | 800 |
| КТ340Б | 50 | 20 | 100 | 40 | 3,7 | 150 | 300 |
| КТ342Б | 50 | 30 | 200÷500 | 300 | 8 | 250 | 300 |
| КТ355А | 30 | 15 | 80÷300 | 60 | 2 | 225 | 1500 |
| КТ358Б | 30 | 30 | 25÷100 | 500 | 5 | 100 | 120 |
| КТ368Б | 30 | 15 | 50÷300 | 15 | 1,7 | 225 | 900 |
| КТ373Б | 50 | 25 | 200÷600 | 300 | 8 | 150 | 300 |

Таблица 3 − Таблица коэффициентов косинусоидального импульса (Берга)

| *θ 0* | *cosθ* | *α*0 | *α*1 | *θ 0* | *cosθ* | *α*0 | *α*1 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 60 | 0,500 | 0,218 | 0,391 | 76 | 0,242 | 0,273 | 0,459 |
| 61 | 0,485 | 0,222 | 0,396 | 77 | 0,225 | 0,276 | 0,463 |
| 62 | 0,469 | 0,225 | 0,400 | 78 | 0,208 | 0,279 | 0,466 |
| 63 | 0,454 | 0,229 | 0,405 | 79 | 0,191 | 0,283 | 0,469 |
| 64 | 0,438 | 0,232 | 0,410 | 80 | 0,174 | 0,286 | 0,472 |
| 65 | 0,423 | 0,236 | 0,414 | 81 | 0,156 | 0,289 | 0,475 |
| 66 | 0,407 | 0,239 | 0,419 | 82 | 0,139 | 0,293 | 0,478 |
| 67 | 0,391 | 0,243 | 0,423 | 83 | 0,122 | 0,296 | 0,481 |
| 68 | 0,375 | 0,246 | 0,427 | 84 | 0,105 | 0,299 | 0,484 |
| 69 | 0,358 | 0,249 | 0,432 | 85 | 0,087 | 0,302 | 0,487 |
| 70 | 0,342 | 0,253 | 0,436 | 86 | 0,070 | 0,305 | 0,490 |
| 71 | 0,326 | 0,256 | 0,440 | 87 | 0,052 | 0,308 | 0,493 |
| 72 | 0,309 | 0,259 | 0,444 | 88 | 0,035 | 0,312 | 0,496 |
| 73 | 0,292 | 0,263 | 0,448 | 89 | 0,017 | 0,315 | 0,498 |
| 74 | 0,276 | 0,266 | 0,452 | 90 | 0,000 | 0,318 | 0,500 |
| 75 | 0,259 | 0,269 | 0,455 | 95 | -0,087 | 0,334 | 0,510 |