Сибирский государственный университет

телекоммуникаций и информатики

А.М.МИХЕЕНКО

**Проектирование радиопередающих**

**устройств**

Методические указания

по курсовому проектированию

Новосибирск

2013

**1. Задание на курсовую работу**

Разработать проект передатчика для радиосвязи с использованием технологии OFDM ( Описание в приложении ***Ж***).

Исходные данные:

1. Мощность в антенне *Р1А*. Выбирается из таблицы 1 по последней пароля (N).
2. Коэффициент полезного действия колебательной системы *ηкс* ( из той же таблицы).
3. Диапазон рабочих частот *F1÷F2 (МГц)*. Выбирается из таблицы 2 по предпоследней цифре (M) в номере пароля.
4. Волновое сопротивление фидера *W =75 Ом*; Коэффициент бегущей волны фидера *к.б.в. = 0,8.*
5. Выходная мощность возбудителя  *Рв=0,5 Вт.*
6. Выходной каскад передатчика проектируется на генераторном тетроде; предварительные - на транзисторах.

Поскольку цифровой сигнал OFDM представляет собой колебание с амплитудной и фазовой модуляцией, передатчик цифрового радиовещания должен работать в режиме линейного усиления мощности.

**2 Объем курсовой работы**

Курсовая работа должна содержать :

- Расчетно-пояснительную записку (*РПЗ*), оформленную на листах формата А4. *РПЗ* включает : введение; задание; структурную схему передатчика и ее обоснование; расчет режима трех последних ступеней тракта высокой частоты (ВЧ); выбор источников электропитания; принципиальную схему и спецификацию к ней. В *РПЗ* не должно быть текстовых материалов, заимствованных из учебников и технической литературы. Достаточно привести ссылки на соответствующие первоисточники.

- Чертеж полной принципиальной схемы передатчика на листе формата А4. На принципиальной схеме должны быть показаны элементы всех рассчитанных каскадов передатчика.

В проекте следует широко использовать иллюстративный материал (таблицы, графики, схемы, листинги выходных данных ПЭВМ)

**3 Составление структурной схемы передатчика**

Разработка структурной схемы включает следующие операции:

* Определение числа ступеней (каскадов) передатчика и мощности каждого из них. При этом следует иметь в виду, что в задании на проектирование передатчика указана максимальная (пиковая) мощность в антенне *Р1А*.
* Выбор типа и количества активных элементов (ламп, транзисторов) для каждой ступени передатчика в соответствии с приближенным значением их мощности и номинальной (паспортной) мощности электронных приборов.
* Выбор напряжения источников электропитания .
* Изображение структурной схемы, в которой каждый каскад или источник питания представлены прямоугольником с указанием основных параметров (тип, и схема включения электронных приборов, коэффициент усиления, выходная мощность ступени, номинальная (паспортная) мощность электронных приборов, напряжение питания). Пример оформления структурной схемы представлен на рисунке 1.

Структурная схема передатчика может иметь несколько вариантов, обладающих своими достоинствами и недостатками, поэтому выбранный вариант должен быть достаточно обоснован. Поскольку правильность составления структурной схемы определяет все последующее проектирование, ее целесообразно согласовать с преподавателем до начала основных технических расчетов.

 **3.1 Определение мощности и количества ступеней передатчика**

Мощность выходной ступени передатчика определяется величиной мощности в фидере (антенне), которая приведена в задании (***Р1А***) и коэффи-циентом полезного действия колебательной системы ().

Для цифрового радиовещательного передатчика в задании указана мощность в антенне, поэтому максимальная мощность выходной ступени определяется следующим выражением

 

Величина *ηкс* ***,*** выбранная по таблице 1, - ориентировочная, и, в дальнейшем, уточняется в ходе расчета.

Таблица 1 – Мощность в антенне и к.п.д. колебательной системы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***N*** | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ***P1A*** | 5 | 7 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| ***ηкс*** | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,85 | 0,85 | 0,9 |

 Таблица 2 – Диапазон рабочих частот (МГц)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***M*** | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ***F1*** | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| ***F2*** | 30 | 30 | 40 | 40 | 50 | 50 |

Мощность каждого каскада, начиная с предоконечного, определяется ориентировочно путем последовательного деления входной мощности следующего каскада на коэффициент его усиления по мощности (*Кр****)***. Коэффициент усиления генератора на тетроде в схеме с общим катодом выбирается в пределах *Кр* = 40 ÷ 50; для транзисторных ступеней 20 ÷ 30 при условии , что номинальный (паспортный) коэффициент усиления транзистора на максимальной частоте передатчика превышает указанную величину.

Заметим, что эти значения коэффициентов усиления установлены опытным путем и, в известной мере, гарантируют устойчивую работу генератора. При мощности передатчика до 50 кВт следует использовать однотактную схему выходного каскада передатчика независимо от диапазона рабочих частот. Общее число усилительных каскадов передатчика зависит от выходной мощности возбудителя, которая указана в задании.

Количество ступеней усиления в передатчике должно быть таким, чтобы мощность возбуждения ступени, следующей за возбудителем, была меньше *Рв****.***

**3.2 Выбор типа и количества электронных приборов**

При выборе электронных приборов следует руководствоваться следующими соображениями:

* В предварительных каскадах следует использовать минимальное количество источников питания. Для этого типы электронных приборов подбираются так, чтобы от каждого источника можно было осуществить питание сразу нескольких каскадов. С этой целью транзисторы предварительных ступеней можно выбирать с 1,5–3х кратным запасом по мощности, имея в виду при этом возможность пропорционального снижения у них питающих напряжений.
* Следует обратить внимание на то, что в справочных данных генераторных тетродов указана максимальная и «линейная» мощность лампы. В режиме усиления модулированных колебаний (УМК) генераторные тетроды должны использоваться с учетом линейной мощности. При подборе лампы необходимо обращать внимание на ее рабочий диапазон частот. Выбор лампы с большим запасом по частоте увеличивает стоимость передатчика и эксплуатационные расходы. Если же граничная частота лампы ниже рабочей частоты передатчика, снижается номинальная мощность лампы, уменьшается надежность работы передатчика.
* Допускается параллельное включение 2 ламп одного типа; биполярные транзисторы параллельно включать не рекомендуется. При использовании полевых МДП – транзисторов возможно параллельное включение до 3 транзисторов. Однако злоупотреблять параллельным объединением большого числа транзисторов не следует, т.к. это ведет к снижению надежности и к.п.д генератора.
* Выбор транзистора также осуществляется с учетом частотных свойств. В частности, номинальное значение коэффициента усиления по мощности (*Кр****)*** задается в справочных данных типового режима транзистора на определенной частоте. На рабочей частоте *F2* отличной от частоты типового режима *Кр*меняется обратно пропорционально изменению частоты.

Подбор мощности транзистора зависит от режима его работы. В режиме УМК жесткие требования к линейности усиления заставляют снижать использование транзисторов по мощности. Желательно, чтобы мощность, отдаваемая транзистором в режиме УМК, не превышала половины номинального значения в типовом режиме. При мощности транзисторного усилителя более 10 Вт, его схема должна быть двухтактной класса «В» (угол отсечки *θ = 900*); при меньшей мощности – однотактной класса «А» (угол отсечки *θ = 1800*).

**3.3 Выбор источников питания**

При выборе питающих напряжений следует, по возможности, пользо-ваться перечнем номинальных напряжений, предусмотренным ГОСТ [1].

Для транзисторных генераторов могут быть использованы следующие постоянные напряжения:

3, 4, 5, 6, 9, 12, 15, 20, 24, 27, 30, 48, 60, 80 В.

Наиболее употребительными являются 6, 12, 24, 27, 48 В.

Для ламповых генераторов рекомендуется следующий ряд:

100. 120, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, 3000, 5000, 8000, 10000, 12000, 15000 В.

Использование рекомендуемых ГОСТ напряжений позволяет применять в выпрямителях стандартные силовые трансформаторы, а, следовательно, упрощать проектирование и снижать себестоимость производства. Для уменьшения общего числа источников питания, в выпрямителях целесообразно использовать мостовые схемы (однофазные или трехфазные), позволяющие получить дополнительное напряжение равное половине основного.

В качестве примера на рисунке 1 представлена структурная схема радиовещательного цифрового передатчика мощностью 4 кВт.

Здесь выходной каскад собран на лампе ГУ-90Б с номинальной мощностью 6кВт, которая отдаёт в нагрузку 5,7кВт (с учётом *ηкс=0,7*). Для её питания выбраны, ближайшие к номинальным, типовые напряжения *Еа=6кВ* и *Ес2=0,8кВ.* Напряжение смещения *Ес* будет определено в ходе расчёта выходного каскада.

****

2П928Б – сдвоенный полевой транзистор с изолированным затвором. В его корпусе размещены два транзистора мощностью по 120Вт. Схема этого каскада – двухтактная класса «В». Каждый транзистор отдаёт в нагрузку 60Вт.

Мощность следующего каскада (4Вт) менее 10Вт, поэтому он собран по однотактной схеме класса «А» на одном транзисторе 2П907А с номинальной мощностью 10Вт (с запасом в 2,5 раза).

От возбудителя при *Кр*=30 потребуется мощность 130 мВт, что существенно меньше, чем он может отдать (500мВт по заданию).

Для транзисторов 2П928Б выбрано типовое напряжение питания стока *Ес=48В* (паспортное у него 50В). Для транзистора 2П907А используется напряжение 24В со средней точки выпрямителя 48В. Маломощные выпрямители питаются однофазным напряжением сети 220В, а мощные – трехфазным 380В.

**4 Расчет генератора в режиме усиления**

**модулированных колебаний (УМК)**

Усилитель модулированных колебаний должен работать в недонапряженном режиме с углом отсечки 90º в мощных ступенях и 180º - в маломощных (до 10 Вт). Выбор таких параметров режима обеспечивает необходимую линейность усиления [2].

Максимальная (пиковая) мощность генератора определяется при сос-тавлении структурной схемы (***Р****1***).** Номинальная мощность электронных приборов и их количество должны соответствовать ***Р****1*

***Р****N ≥* ***Р****1*

где  ***Р****N*  - номинальная мощность лампы (транзистора),

**4.1 Расчет лампового усилителя амплитудно-**

**модулированных колебаний**

Исходные данные:

Схема включения ламп: однотактная, с общим катодом (ОК).

Эквивалентные расчетные параметры лампы:

***S, S****кр****, D, µ****C!C2* ***, E****C0*.

Другие параметры лампы и режима:

***Р****адоп****, Р****С2доп,* ***Р****С1доп****, Е****а****, Е****С2,* ***Р****макс*

Угол отсечки и коэффициенты разложения:

***θ, γ, α1, α0 , β1=f(θ)***

Расчётные параметры и коэффициенты ***γ, α1, α0 , β1*** выбираются из соответствующих приложений

**Расчет максимального режима генератора**

Коэффициент использования анодного напряжения



Амплитуда анодного напряжения



Амплитуда тока первой гармоники



Постоянная составляющая и импульс анодного тока

, 

Мощность, потребляемая от источника анодного питания

***Р0 =Еа\*Ia0***

Мощность тепловых потерь на аноде лампы

***Ра=Ро –Р1 ≤ Радоп***

Электронный к.п.д. генератора

 проверка 

Сопротивление анодной нагрузки



Амплитуда напряжения возбуждения



Напряжение смещения



**4.2 Расчет УМК на полевом транзисторе**

**с изолированным затвором**

Как уже было отмечено выше в режиме УМК не рекомендуется полное использование транзистора по мощности; режим должен быть недо-напряженным; число параллельно включенных транзисторов до 3.

Исходные данные:

Схема включения с общим истоком (ОИ) однотактная или двухтактная.

Параметры эквивалентной схемы транзистора:

***S , rнас, Ri, Cк, Сзс, rз, rк, rи, Lз , Lи***

Другие параметры транзистора и режима:

***Ес, Ео, Рсдоп, еси доп, ези доп, Iсдоп***

Угол отсечки и коэффициенты разложения

***Θ, соsΘ, α1 , α0***

Максимальная рабочая частота ***f = F2***

**Расчет максимального режима генератора**

1. Критический коэффициент использования стокового напряжения



Здесь ***Р1 -*** суммарная мощность транзисторов в однотактной схеме, или мощность транзисторов одного плеча в двухтактной схеме;  ***n*** - число параллельно включенных транзисторов в одном плече.

В максимальном режиме при УМК режим должен быть недо-напряженным, поэтому рабочее значение ***ξ = (0,8 - 0,9)ξкр***.

2. Амплитуда стокового напряжения ***Uc = ξEc***

3. Пиковое напряжение на стоке ***есмакс = Ес + 1,2Uc ≤ ec доп***

4. Первая гармоника и постоянная составляющая стокового тока

 

5. Импульс стокового тока *≤ n****Iс доп***

Если ***θ=180º Ico=1,2∙Jc1; icмакс = Ico+ Ic1 ≤ nIс доп***

6. Сопротивление стоковой нагрузки 

7. Потребляемая мощность и мощность потерь на стоке

***Ро =Ico*** ***∙Eс ; Pc = Po – P***1

Если ***θ=180º Рс*** = ***Ро***

8. Электронный к.п.д. генератора ;

9. Амплитуда напряжения возбуждения (на канале)



 10. Напряжение на затворе

***Uз = Uк[1+α1·S·rи·(1-cosθ)]***

11. Напряжение смещения на затворе ***Ез = Ео – Uк cosθ***

 12. Пиковое напряжение на затворе ***езмакс = ± |Ез ±Uк| < ези доп***

**4.3 Расчет УМК на биполярном транзисторе**

Существенная нелинейность характеристик биполярных транзисторов ограничивает их применение в усилителях модулированных по амплитуде колебаний. Удовлетворительные результаты удается получить лишь при использовании их по мощности не более, чем на 20 ÷ 50 % от номинального значения и, как правило, с углом отсечки θ = 180º. Не допускается параллельное включение биполярных транзисторов.

При усилении модулированных колебаний режим в максимальной точке модуляционной характеристики должен быть недонапряженным.

Исходные данные:

Схема включения транзистора с общим эмиттером (ОЭ) однотактная или двухтактная.

Параметры эквивалентной схемы транзистора:

 ***rнас, Cк, Сэ, rэ, rб, Lэ , Lб***

Другие параметры транзистора и режима:

***Ек, Ебо, Ркдоп, ебэ доп, екэ доп, Iко доп, Iкмакс доп***

Угол отсечки и коэффициенты разложения

***Θ, соsΘ, α1 , α0***

Максимальная рабочая частота ***f =F2***

Граничная частота  ***fТ.***

**4.3.1 Расчет режима максимальной мощности**

Приведенный ниже порядок расчета справедлив при условии

 ***f ≤ 0,5fT***.

1. Критический коэффициент использования стокового напряжения



Здесь ***Р1 =Рмакс -*** максимальная мощность, отдаваемая транзистором, в однотактной схеме

 ***Р1 =0,5 Рмакс*** - мощность одного транзистора в двух-

 тактной схеме

В максимальном режиме при УМК режим должен быть недо-напряженным, поэтому рабочее значение ***ξ = (0,7 - 0,8)ξкр***.

2. Амплитуда коллекторного напряжения ***Uк = ξEк***

3. Пиковое напряжение на коллекторе ***екмакс = Ек + 1,2Uк ≤ eкэ доп***

4. Первая гармоника и постоянная составляющая коллекторного тока

; *≤* ***Iко доп***

5. Импульс коллекторного тока *≤* ***Iкмакс доп***

Если ***θ=180º Iкo=1,2∙Iк1; iкмакс = Iкo+ Iк1 ≤ Iкмакс доп***

6. Сопротивление коллекторной нагрузки 

7. Потребляемая мощность и мощность потерь на коллекторе

***Ро =Iкo*** ***∙Eк ; Pк = Po – P1***

Если ***θ=180º Рк*** = ***Ро ≤ Pкдоп***

8. Электронный к.п.д***. η =Р1/Ро***

9. Амплитуда базового тока

, где

***χ = 1+α1∙2πfT∙Cк∙Rк(1 – сosθ)***

10. Балластный резистор в цепи базы

 ; 

Здесь ***Ебо = 0,7В*** . Из двух значений ***Rб***  выбирается меньшее.

В расчетах статический коэффициент усиления по току *βο* принимается равным ***30*** для любых биполярных транзисторов.

11. Cопротивление автоматического смещения (необходимое для фиксации угла отсечки 90º при изменениях амплитуды колебаний)

***Rавт = χRб –* [*rб + (1 + βо) rэ*]**

Фиксированное смещение на базе для ***θ=90º*** должно быть равно ***Ебо.***

12. Постоянные составляющие токов базы и эмиттера

***Iбо = Iко/βо; Iэо = Iко + Iбо***

Если ***θ=180º ,*** фиксированное смещение на базе

***Еб = Ебо + Iбо***∙ ***rб + Iэо∙ rэ***

13. Активная составляющая входного сопротивления транзистора

***,***  где

 ***,***

 

14. Реактивная составляющая входного сопротивления

***,*** где 

15. Входная мощность ***Рвх=***  

Коэффициент усиления по мощности

******

 Здесь ***Крс –*** усиление по мощности***,*** предусмотренное структурной схемой. Если последнее неравенство не выполняется, структурная схема должна быть скорректирована с учетом расчетного коэффициента усиления *Кр*.

**Список литературы**

1. ГОСТ 18275 -72.М.: 1972. -3с. Аппаратура радиоэлектронная. Номи-нальные значения напряжений и силы токов питания.

 2. Радиопередающие устройства. Учебник для вузов связи/ Под ред. В.В.Шахгильдяна.-М.: Радио и связь, 1996. -560с.: ил.

3. Радиопередающие устройства. Учебник для вузов связи/ Под ред. Г.А.Зейтленка. –М.: «Связь», 1969. – 543с.: ил.

4. Проектирование радиопередающих устройств. Учебное пособие для вузов/ Под ред. В.В.Шахгильдяна.- М.: Радио и связь, 1993. -512с.: ил.

5. М.С.Шумилин и др. Проектирование транзисторных каскадов пере-датчиков.-М.: Радио и связь, 1987. – 320с.: ил.

*ПРИЛОЖЕНИЕ А*

*(справочное)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТИПприбора  | Р1(кВт) | Рмакс(кВт) | Еа(кВ) | Ес2(кВ) | Uн(В) | Iн(А) | Сас1(пФ) | Сак(пФ) | Сс1к(пФ) | к- |
| ГУ-39А(Б,П) | 8 | 13 | 10 | 2 | 63 | 95 | 0,7 | 29 | 80 | 0,52 |
| ГУ-44А(Б) | 40 | 70 | 10 | 1,5 | 12,6 | 185 | 3 | 55 | 300 | 0,48 |
| ГУ-47А(Б) | 4 | 6 | 6 | 1,2 | 6,3 | 60 | 0,5 | 19 | 95 | 0,39 |
| ГУ-53А,(Б) | 50 | 80 | 12 | 1,75 | 14 | 245 | 5 | 75 | 470 | 0,5 |
| ГУ-61А(Б) | 20 | 30 | 10 | 1,5 | 6,3 | 133 | 1,4 | 38 | 320 | 0,4 |
| ГУ-71Б | 1,3 | 1,6 | 3, | 0,35 | 12,6 | 6,1 | 0,15 | 35 | 132 | 0,48 |
| ГУ-73Б(П) | 2,5 | 4 | 3 | 0,3 | 27, | 4,6 | 0,2 | 23 | 155 | 0,35 |
| ГУ-74Б | 0,55 | - | 2 | 0,25 | 12,6 | 3,6 | 0,09 | 11 | 51 | 0,4 |
| ГУ-75А,П(Б) | 6 | 16(10) | 8 | 0,9 | 6,3 | 120 | 0,4 | 25 | 220 | 0,45 |
| ГУ-76А,Б,П | 30 | 40 | 11 | 1,3 | 11 | 170 | 2,2 | 40 | 365 | 0,4 |
| ГУ-77Б | 1,5 | - | 2,2 | 0,25 | 27 | 3,15 | 0,2 | 19 | 100 | 0,42 |
| ГУ-78Б | 2,5 | - | 3 | 0,3 | 27 | 4 | 0,25 | 20 | 120 | 0,42 |
| ГУ-83Б | 28 | 45 | 12 | 1,6 | 8 | 155 | 1,2 | 38 | 330 | 0,5 |
| ГУ-84Б(86К) | 1,5 | - | 2,2 | 0,375 | 27 | 3,7 | 0,2(0,3) | 20(38) | 102(120) | 0,4 |
| ГУ-90Б | 6 | 10 | 7 | 0,9 | 5,5 | 180 | 0,7 | 20 | 150 | 0,38 |
| ГУ-94А,П | 100 | 150\* | 12 | 1,5 | 18 | 400 | 2,6 | 70 | 600 | 0,4 |
| ГУ-99А-1 | 800 | 1100\* | 15 | 1,5 | 26 | 2000 | 20 | 220 | 1600 | 0,35 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ТИППрибора(тетроды) | SмА/В | SкрмА/В | D- | Eco(B) | μc1c2- | Paдоп(кВт) | Рс2доп(кВт) | Рс1доп(Вт) | Fмакс(МГц) | Т(час) |
| ГУ-39А(Б,П) | 24 | 9 | 0,018 | 95 | 6,3 | 8(6,10) | 0,45 | 200 | 100 | 2000 |
| ГУ-44А(Б) | 70 | 11 | 0,014 | 80 | 4,4 | 50(30) | 3,2 | 1200 | 32 | 1000 |
| ГУ-47А(Б) | 52 | 7 | 0,0035 | 60 | 6,9 | 6(4) | 0,3 | 50 | 70 | 2000 |
| ГУ-53А,(Б) | 110 | 30 | 0,011 | 100 | 7,9 | 50 | 1,8 | 1000 | 75 | 1000 |
| ГУ-61А(Б) | 80 | 11 | 0,004 | 30 | 7,9 | 30 | 0,7 | 300 | 70 | 2000 |
| ГУ-71Б | 60 | 6 | 0,002 | 20 | 5,5 | 1,5 | 0,032 | 3 | 75 | 1000 |
| ГУ-73Б(П) | 125 | 9 | 0,003 | 20 | 5,9 | 2,5 | 0,035 | 5 | 250 | 1000 |
| ГУ-74Б | 38 | 7 | 0,002 | 15 | 5,2 | 0,6 | 0,015 | 2 | 60 | 1000 |
| ГУ-75А,П(Б) | 80 | 11 | 0,004 | 25 | 6 | 10 | 0,35 | 50 | 75 | 1000 |
| ГУ-76А,Б,П | 115 | 19 | 0,007 | 20 | 10 | 30 | 0,9 | 300 | 75 | 2000 |
| ГУ-77Б | 75 | 23 | 0,003 | 35 | 2,8 | 1,5 | 0,025 | 3 | 75 | 1000 |
| ГУ-78Б | 73 | 19 | 0,0025 | 30 | 3,3 | 2,5 | 0,03 | 1 | 250 | 1000 |
| ГУ-83Б | 65 | 22 | 0,004 | 45 | 5,8 | 25 | 1,8 | 400 | 75 | 2000 |
| ГУ-84Б(86К) | 65 | 25 | 0,003 | 27 | 4,2 | 2,5 | 0,003 | 1 | 250 | 1500 |
| ГУ-90Б | 35 | 3,5 | 0,005 | 60 | 4,5 | 6 | 0,15 | 40 | 75 | 2000 |
| ГУ-94А,(П) | 330 | 80 | 0,01 | 100 | 5,8 | 100 | 2,5 | 500 | 30 | 2000 |
| ГУ-99А-1 | 840 | 270 | 0,008 | 100 | 7 | 1000 | 25 | 10000 | 30 | 3000 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Параметры генераторных тетродов

*ПРИЛОЖЕНИЕ Б*

*(справочное)*

Параметры биполярных транзисторов малой мощности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТИПприбора | r нас(Ом) | r б(Ом) | r э(Ом) | βо- | f T(МГц) | Ск(пФ) | Сэ(пФ) | Lэ(нГн) | Lб(нГн) |
| 2Т312А | 25 | 15 | 3 | 12-90 | 80 | 5 | 20 | 15 | 15 |
| KT315A | 20 | 15 | 4 | 30-120 | 250 | 7 | 25 | 10 | 10 |
| КТ361А | 18 | 12 | 3 | 20-90 | 250 | 7 | 28 | 10 | 10 |
| KT630A | 4 | 3 | 1 | 40-120 | 50 | 15 | 65 | 12 | 12 |
| ТИПприбора | екэдоп(В) | ебэдоп(В) | Iко доп(Iкмакс доп )(мА) | Типовой режим в схеме с ОЭ |  |
| f(МГц) | Р1(мВт) | Кр- | Ек(В) | Примечания |
| 2Т312А | 30 | 4 | 30(60) | 20 | 150 | 30 | 12 | n-p-n |
| KT315A | 25 | 6 | 100(150) | 100 | 120 | 20 | 10 | n-p-n |
| КТ361А | 25 | 4 | 50(75) | 100 | 100 | 25 | 10 | p-n-p |
| KT630A | 120 | 7 | 1000(2000) | 20 | 700 | 20 | 48 | n-p-n |

*ПРИЛОЖЕНИЕ В*

*(справочное)*

Параметры биполярных транзисторов средней и большой мощности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТИПприбора | r нас(Ом) | r б(Ом) | r э(Ом) | βо- | f T(МГц) | Ск(пФ) | Сэ(пФ) | Lэ(нГн) | Lб(нГн) |
| 2Т606А | 15 | 6 | 0 | 20-40 | 350 | 10 | 27 | 4 | 4 |
| 2T610Б | 10 | 2 | 0 | 50-200 | 700 | 3 | 20 | 1,3 | 2,4 |
| КТ904А | 3,5 | 3 | 0 | 10-60 | 350 | 12 | 130 | 4 | 4 |
| KT914A | 4 | 5 | 0 | 10-60 | 350 | 12 | 130 | 4 | 4 |
| 2Т907А | 2,6 | 1,5 | 0,3 | 10-80 | 350 | 20 | 200 | 1,5 | 4 |
| 2Т909А | 2 | 1 | 0,04 | 20-50 | 500 | 30 | 250 | 0,2 | 2,5 |
| 2Т909Б | 1 | 0,5 | 0,004 | 20-50 | 500 | 60 | 500 | 0,2 | 2,5 |
| 2Т912А | 1,2 | 0,5 | 0 | 10-50 | 90 | 200 | 1200 | 5 | 5 |
| 2Т920А | 3 | 2 | 0 | 10-100 | 400 | 12 | 45 | 1,7 | 2,9 |
| 2Т920Б | 1,1 | 0,8 | 0 | 10-100 | 400 | 20 | 90 | 1,2 | 2,6 |
| 2Т920В | 0,25 | 0,3 | 0 | 10-100 | 400 | 50 | 180 | 1 | 2,4 |
| 2Т921А | 3,4 | 1,5 | 0,03 | 10-80 | 100 | 45 | 400 | 3 | 3,5 |
| 2Т922А | 8 | 2 | 0 | 10-150 | 300 | 10 | 75 | 1,7 | 2,9 |
| 2Т922Б | 2 | 1 | 0 | 10-150 | 300 | 25 | 250 | 1,1 | 2,5 |
| 2Т922В | 1 | 0,5 | 0,09 | 10-150 | 300 | 50 | 500 | 0,9 | 2,4 |
| 2Т926А | 0,6 | 0,12 | 0 | 12-60 | 60 | 500 | 2700 | 4 | 4 |
| 2Т927А | 0,4 | 0,3 | 0 | 15-50 | 100 | 150 | 2000 | 5 | 5 |
| 2Т929А | 1,6 | 0,7 | 0 | 25-50 | 500 | 15 | 160 | 1,2 | 2,6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ТИПприбора | екэдоп(В) | ебэдоп(В) | Iко доп(Iкмакс доп )(А) | Типовой режим в схеме с ОЭ |  |
| f(МГц) | Р1(Вт) | Кр- | Ек(В) | Примечания |
| 2Т606А | 65 | 4 | 0,4(0,8) | 40 | 2,5 | 25 | 28 | n-p-n |
| 2T610Б | 30 | 4 | 0,3(0,5) | 400 | 1 | 10 | 12,6 | n-p-n |
| КТ904А | 75 | 4 | 0,8(1,5)  | 100 | 3 | 10 | 28 | n-p-n |
| KT914A | 75 | 4 | 0,8(1,5) | 100 | 3 | 10 | 28 | p-n-p |
| 2Т907А | 75 | 4 | 1(3) | 30 | 8 | 25 | 28 | n-p-n |
| 2Т909А | 60 | 3,5 | 2(4) | 100 | 17 | 10 | 28 | n-p-n |
| 2Т909Б | 60 | 3,5 | 4(8) | 100 | 35 | 10 | 28 | n-p-n |
| 2Т912А | 80 | 5 | 20(25) | 30 | 70 | 10 | 27 | n-p-n |
| 2Т920А | 36 | 4 | 0,5(1) | 175 | 2 | 20 | 12,6 | n-p-n |
| 2Т920Б | 36 | 4 | 1(2) | 175 | 7 | 8 | 12,6 | n-p-n |
| 2Т920В | 36 | 4 | 3(7) | 175 | 20 | 4 | 12,6 | n-p-n |
| 2Т921А | 80 | 4 | 3,5(7) | 60 | 12,5 | 8 | 27 | n-p-n |
| 2Т922А | 65 | 4 | 0,8(1,5) | 50 | 5 | 30 | 28 | n-p-n |
| 2Т922Б | 65 | 4 | 1,5(4,5) | 50 | 20 | 30 | 28 | n-p-n |
| 2Т922В | 65 | 4 | 3(9) | 50 | 40 | 20 | 28 | n-p-n |
| 2Т926А | 200 | 5 | 15(25) | 1,5 | 50 | 15 | 80 | n-p-n |
| 2Т927А | 70 | 3,5 | 20(30) | 30 | 75 | 15 | 28 | n-p-n |
| 2Т929А | 30 | 3 | 0,8(1,5) | 175 | 2 | 12 | 8 | n-p-n |

Продолжение приложения ***В***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТИПприбора | r нас(Ом) | r б(Ом) | r э(Ом) | βо- | f T(МГц) | Ск(пФ) | Сэ(пФ) | Lэ(нГн) | Lб(нГн) |
| 2Т930А | 1 | 0,4 | 0,1 | 15-100 | 500 | 65 | 900 | 0,35 | 1,57 |
| 2Т930Б | 0,5 | 0,3 | 0,06 | 10-100 | 600 | 150 | 2000 | 0,24 | 1,42 |
| 2T931А | 0,3 | 0,1 | 0,065 | 10-100 | 250 | 170 | 3000 | 0,29 | 1,47 |
| 2Т934А | 2 | 0,5 | 0 | 5-150 | 600 | 7 | 35 | 1,3 | 3,1 |
| 2Т934Б | 1 | 0.2 | 0 | 5-150 | 600 | 10 | 110 | 1,2 | 3,1 |
| 2Т934В | 0,5 | 0,1 | 0 | 5-150 | 600 | 22 | 200 | 1 | 2,8 |
| 2Т935А | 0,2 | 0,1 | 0 | 30-100 | 60 | 800 | 3500 | 4 | 4 |
| 2Т944А | 0,45 | 0,3 | 0,01 | 10-80 | 100 | 350 | 1500 | 2 | 2,5 |
| 2Т947А | 0,05 | 0,03 | 0 | 10-80 | 75 | 600 | 4800 | 5 | 5 |
| 2Т950А | 0,4 | 0,25 | 0 | 15-100 | 150 | 150 | 1100 | 2,1 | 2,3 |
| 2Т950Б | 1 | 0,5 | 0 | 10-100 | 100 | 150 | 1100 | 2,1 | 2,3 |
| 2Т951А | 1,4 | 0,6 | 0 | 15-100 | 150 | 65 | 1100 | 2,1 | 2,3 |
| 2Т951Б | 2,4 | 1,2 | 0 | 10-100 | 100 | 65 | 600 | 3,8 | 3,2 |
| 2Т951В | 10 | 3 | 0 | 30-200 | 150 | 10 | 80 | 3,8 | 3,2 |
| 2Т955А | 2,4 | 1,5 | 0 | 10-80 | 110 | 60 | 200 | 2 | 2,4 |
| 2Т956А | 0,5 | 0,25 | 0 | 10-80 | 110 | 380 | 1100 | 2,8 | 2,8 |
| 2Т957А | 0,3 | 0,18 | 0 | 10-80 | 110 | 500 | 1500 | 1,4 | 2,2 |
| 2Т960А | 0,25 | 0,15 | 0 | 50-80 | 600 | 100 | 1000 | 0,38 | 0,49 |
| 2Т962Б | 1,5 | 0,05 | 0,01 | 50-80 | 1200 | 35 | 100 | 1,24 | 0,25 |
| 2Т962В | 2 | 0,05 | 0,01 | 30-80 | 1200 | 50 | 180 | 0,92 | 0,12 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ТИПприбора | екэдоп(В) | ебэдоп(В) | Iко доп(Iкмакс доп )(А) | Типовой режим в схеме с ОЭ |  |
| f(МГц) | Р1(Вт) | Кр- | Ек(В) | Примечания |
| 2Т930А | 65 | 4 | 4(6) | 40 | 50 | 30 | 28 | n-p-n |
| 2Т930Б | 65 | 4 | 8(10) | 40 | 75 | 30 | 28 | n-p-n |
| 2T931А | 70 | 4 | 15(20) | 50 | 80 | 20 | 28 | n-p-n |
| 2Т934А | 70 | 4 | 0,5(0,8) | 100 | 3 | 30 | 28 | n-p-n |
| 2Т934Б | 70 | 4 | 1(1,5) | 100 | 12 | 30 | 28 | n-p-n |
| 2Т934В | 70 | 4 | 2(3) | 100 | 25 | 18 | 28 | n-p-n |
| 2Т935А | 100 | 5 | 20(30) | 1,5 | 60 | 15 | 40 | n-p-n |
| 2Т944А | 100 | 5 | 15(20) | 30 | 110 | 10 | 28 | n-p-n |
| 2Т947А | 100 | 5 | 20(50) | 1,5 | 250 | 15 | 40 | n-p-n |
| 2Т950А | 60 | 4 | 10(15) | 80 | 70 | 9 | 28 | n-p-n |
| 2Т950Б | 65 | 4 | 7(10) | 30 | 50 | 20 | 28 | n-p-n |
| 2Т951А | 60 | 4 | 5(8) | 80 | 25 | 15 | 28 | n-p-n |
| 2Т951Б | 60 | 4 | 3(5) | 30 | 20 | 20 | 28 | n-p-n |
| 2Т951В | 65 | 4 | 0,5(1) | 80 | 3 | 25 | 28 | n-p-n |
| 2Т955А | 70 | 4 | 6(10) | 30 | 20 | 20 | 28 | n-p-n |
| 2Т956А | 100 | 4 | 15(24) | 30 | 100 | 30 | 28 | n-p-n |
| 2Т957А | 60 | 4 | 20(30) | 30 | 125 | 17 | 28 | n-p-n |
| 2Т960А | 40 | 4 | 7(10) | 40 | 40 | 30 | 12,6 | n-p-n |
| 2Т962Б | 50 | 4 | 2,5(4) | 300 | 20 | 25 | 28 | n-p-n |
| 2Т962В | 50 | 4 | 4(7,5) | 300 | 40 | 30 | 28 | n-p-n |

Продолжение приложения ***В***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТИПприбора | r нас(Ом) | r б(Ом) | r э(Ом) | βо- | f T(МГц) | Ск(пФ) | Сэ(пФ) | Lэ(нГн) | Lб(нГн) |
| 2Т964А | 0,75 | 0,5 | 0 | 10-50 | 150 | 250 | 4000 | 2,8 | 1,9 |
| 2Т965А | 1,5 | 0,8 | 0,01 | 30-40 | 120 | 90 | 300 | 2 | 2,4 |
| 2T966А | 1 | 0,5 | 0,005 | 20-60 | 150 | 220 | 1300 | 1,25 | 2 |
| 2Т967А | 0,8 | 0,2 | 0 | 10-100 | 200 | 300 | 1500 | 2 | 2,2 |
| 2Т970А | 0,3 | 0,2 | 0 | 20-80 | 700 | 120 | 600 | 0,2 | 0,5 |
| 2Т971А | 0,15 | 0,1 | 0 | 20-80 | 250 | 250 | 1700 | 0,18 | 0,56 |
| 2Т976А | 0,2 | 0,08 | 0 | 30-100 | 750 | 70 | 750 | 0,92 | 0,06 |
| 2Т980А | 0,4 | 0,12 | 0 | 15-60 | 150 | 400 | 4000 | 1,6 | 1,9 |
| 2Т981А | 0,12 | 0,06 | 0 | 20-60 | 480 | 320 | 800 | 2 | 2,2 |
| 2Т9126А | 0,04 | 0,01 | 0 | 10-100 | 140 | 450 | 35000 | 1,5 | 2,5 |
| 2Т9131А | 0,07 | 0,02 | 0 | 10-100 | 140 | 600 | 50000 | 1,8 | 2,5 |
| 2Т9160А | 0,04 | 0,01 | 0 | 10-30 | 120 | 600 | 35000 | 1,1 | 1,5 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ТИПприбора | екэдоп(В) | ебэдоп(В) | Iко доп(Iкмакс доп )(А) | Типовой режим в схеме с ОЭ |  |
| f(МГц) | Р1(Вт) | Кр- | Ек(В) | Примечания |
| 2Т964А | 100 | 4 | 10(15) | 30 | 150 | 20 | 40 | n-p-n |
| 2Т965А | 36 | 4 | 4(7,5) | 30 | 20 | 5 | 12,6 | n-p-n |
| 2T966А | 36 | 4 | 8(15) | 30 | 40 | 30 | 12,6 | n-p-n |
| 2Т967А | 36 | 4 | 15(28) | 30 | 90 | 30 | 12,6 | n-p-n |
| 2Т970А | 60 | 4 | 13(20) | 100 | 100 | 30 | 28 | p-n-p |
| 2Т971А | 60 | 4 | 17(25) | 50 | 150 | 20 | 28 | n-p-n |
| 2Т976А | 50 | 4 | 6(10) | 300 | 60 | 7 | 28 | n-p-n |
| 2Т980А | 120 | 4 | 10(20) | 30 | 250 | 25 | 50 | n-p-n |
| 2Т981А | 36 | 4 | 10(18) | 40 | 50 | 12 | 12,6 | n-p-n |
| 2Т9126А | 100 | 4 | 30(50) | 1,5 | 500 | 7 | 50 | n-p-n |
| 2Т9131А | 100 | 4 | 25(45) | 30 | 400 | 13 | 50 | n-p-n |
| 2Т9160А | 140 | 4 | 30(52) | 1,5 | 700 | 20 | 60 | n-p-n |

*ПРИЛОЖЕНИЕ Г*

*(справочное)*

Параметры полевых транзисторов малой мощности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТИП транзистора | S(мА/В) | rнас(Ом) | Ri(Ом) | Ск(пФ) | Сзс(пФ) | rз(Ом) | rк(Ом) | rи(Ом) | Lз(нГн) | Lи(нГн) |
| 2П305А | 8 | 180 | 4000 | 6,8 | 0,8 | 20 | 100 | 2 | 12 | 12 |
| 2П306А\* | 5 | 150 | 3500 | 2 | 0,35 | 15 | 120 | 4 | 10 | 10 |
| 2П310А | 4 | 250 | 3000 | 1,7 | 0,2 | 25 | 150 | 4 | 12 | 12 |
| 2П313А | 8 | 120 | 3800 | 5 | 0,4 | 12 | 120 | 2 | 8 | 8 |
| 2П350А\* | 10 | 110 | 4200 | 3 | 0,04 | 15 | 100 | 3 | 12 | 12 |
| ТИП транзистора | есидоп(В) | езидоп(В) | Icдоп(мА) | Рсдоп(мВт) | Типовой режим в схеме с ОИ |
| f(МГц) | Р1(мВт) | Кр | Ес(В) | Ео(В) |
| 2П305А | 30 | 30 | 15 | 150 | 250 | 100 | 20 | 15 | -2 |
| 2П306А | 20 | 20 | 20 | 150 | 200 | 120 | 25 | 10 | -1,6 |
| 2П310А | 20 | 25 | 25 | 100 | 1000 | 80 | 4 | 10 | -1 |
| 2П313А | 15 | 15 | 15 | 120 | 250 | 60 | 10 | 7,5 | 0 |
| 2П350А | 15 | 15 | 30 | 200 | 400 | 180 | 10 | 7,5 | -1,5 |

\*- второй затвор соединяется с источником питания стока.

*ПРИЛОЖЕНИЕ Д*

*(справочное)*

Параметры полевых транзисторов средней и большой мощности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТИП транзистора | S(А/В) | rнас(Ом) | Ri(Ом) | Ск(пФ) | Сзс(пФ) | rз(Ом) | rк(Ом) | rи(Ом) | Lз(нГн) | Lи(нГн) |
| 2П901А | 0,17 | 12 | 155 | 40 | 7 | 4 | 12 | 0,5 | 4 | 4 |
| 2П902А | 0,025 | 25 | 700 | 20 | 1,5 | 6 | 12  | 0,7 | 4 | 4 |
| 2П904А | 0,6 | 3,2 | 55 | 70 | 25 | 0,45 | 1,3 | 0,15 | 5 | 5 |
| 2П904Б | 0,6 | 3,6 | 60 | 65 | 25 | 0,5 | 1,5 | 0,15 | 5 | 5 |
| 2П905А | 0,025 | 55 | 700 | 5 | 0,2 | 2,5 | 32 | 1,5 | 1,5 | 0,1 |
| 2П907А | 0,185 | 9 | 160 | 20 | 1,5 | 0,8 | 10 | 0,6 | 1,5 | 0,1 |
| 2П907Б | 0,135 | 12 | 160 | 20 | 1,5 | 0,8 | 10 | 0,8 | 1,5 | 0,1 |
| 2П907В | 0,085 | 15 | 160 | 20 | 1,5 | 0,8 | 10 | 0,8 | 1,5 | 0,1 |
| 2П909А | 1 | 1,2 | 90 | 270 | 12 | 0,07 | 1 | 1,5 | 1,8 | 0,580 |
| ТИП транзистора | есидоп(В) | езидоп(В) | Icдоп(А) | Рсдоп(Вт) | Типовой режим в схеме с ОИ |
| f(МГц) | Р1(Вт) | Кр | Ес(В) | Ео(В) |
| 2П901А | 85 | 30 | 4 | 20 | 60 | 10 | 10 | 40 | 0,5 |
| 2П902А | 70 | 30 | 0,2 | 2,5 | 250 | 1,5 | 10 | 35 | 0 |
| 2П904А | 100 | 30 | 5 | 75 | 60 | 50 | 15 | 50 | 0 |
| 2П904Б | 100 | 30 | 3 | 75 | 60 | 30 | 15 | 50 | 0 |
| 2П905А | 85 | 30 | 2 | 4 | 100 | 1,2 | 30 | 40 | 0 |
| 2П907А | 85 | 30 | 2,2 | 11,5 | 400 | 10 | 10 | 40 | 0 |
| 2П907Б | 85 | 30 | 1,5 | 11,5 | 400 | 7 | 10 | 40 | 0 |
| 2П907В | 85 | 30 | 1,2 | 11,5 | 400 | 5 | 10 | 40 | 0 |
| 2П909А | 80 | 25 | 10 | 60 | 100 | 60 | 25 | 40 | 5 |

Продолжение приложения ***Д***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТИП транзистора | S(А/В) | rнас(Ом) | Ri(Ом) | Ск(пФ) | Сзс(пФ) | rз(Ом) | rк(Ом) | rи(Ом) | Lз(нГн) | Lи(нГн) |
| 2П909Б | 1 | 1,5 | 100 | 220 | 11 | 0,07 | 1 | 1.5 | 1,8 | 0,5 |
| 2П911А | 0,4 | 2,5 | 120 | 70 | 8 | 3 | 8 | 0,2 | 2 | 0,7 |
| 2П913А | 1,8 | 0,8 | 60 | 500 | 25 | 0 | 0,7 | 0,02 | 2,5 | 0,2 |
| 2П913Б | 1,5 | 0,9 | 60 | 400 | 25 | 0,02 | 0,7 | 0,03 | 2,5 | 0,2 |
| 2П918А | 0,6 | 2 | 90 | 250 | 10 | 0,1 | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 0,6 |
| 2П918Б | 0,5 | 2 | 90 | 200 | 10 | 0,1 | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 0,6 |
| 2П920А | 2 | 0,6 | 45 | 800 | 40 | 0 | 0,6 | 0,02 | 1,4 | 0,4 |
| 2П923А | 1,5 | 1 | 100 | 350 | 20 | 0,05 | 0,8 | 1,2 | 1,5 | 0,6 |
| 2П923В | 0,7 | 1,2 | 100 | 300 | 18 | 0,1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 0,6 |
| 2П923Г | 0,6 | 1,2 | 120 | 300 | 15 | 0,1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 0,6 |
| 2П928А\* | 2 | 0,17 | 20 | 500 | 50 | 0,01 | 0,4 | 0,02 | 1,4 | 0,5 |
| 2П928Б\* | 2 | 0,2 | 20 | 500 | 50 | 0,015 | 0,5 | 0,02 | 1,4 | 0,5 |
| 2П933А\* | 0,65 | 0,5 | 60 | 200 | 10 | 0,15 | 1,2 | 0,1 | 2 | 0,5 |
| 2П941А\* | 0,4 | 1,8 | 150 | 20 | 2 | 0,15 | 3 | 1,5 | 1,5 | 0,4 |
| 2П941Б\* | 1,8 | 1 | 150 | 100 | 2 | 0,1 | 2 | 1,5 | 1,5 | 0,4 |
| 2П941В\* | 3,6 | 1 | 120 | 200 | 3 | 0,1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 0,4 |
| КП951А | 0,2 | 2,5 | 200 | 15 | 2 | 0,2 | 2 | 0,8 | 2 | 1 |
| КП951Б | 0,5 | 1,5 | 220 | 70 | 3 | 0,15 | 2 | 0,8 | 2 | 1 |
| КП951В | 1 | 1 | 220 | 150 | 3 | 0,15 | 2 | 1,5 | 2 | 1 |
| ТИП транзистора | есидоп(В) | Езидоп(В) | Icдоп(А) | Рсдоп(Вт) | Типовой режим в схеме с ОИ |
| f(МГц) | Р1(Вт) | Кр | Ес(В) | Ео(В) |
| 2П909Б | 80 | 25 | 6,5 | 60 | 100 | 45 | 25 | 40 | 5 |
| 2П911А | 60 | 25 | 5 | 30 | 100 | 11 | 25 | 35 | 4 |
| 2П913А | 85 | 25 | 19 | 100 | 100 | 120 | 12 | 45 | 0,5 |
| 2П913Б | 85 | 25 | 14 | 100 | 100 | 90 | 16 | 45 | 0,5 |
| 2П918А | 65 | 20 | 8 | 45 | 100 | 30 | 20 | 40 | 4 |
| 2П918Б | 65 | 20 | 6,5 | 45 | 100 | 20 | 20 | 40 | 4 |
| 2П920А | 90 | 25 | 22 | 130 | 100 | 150 | 20 | 50 | 5 |
| 2П923А | 85 | 20 | 14 | 100 | 100 | 55 | 30 | 45 | 6 |
| 2П923В | 85 | 20 | 8 | 50 | 100 | 30 | 30 | 45 | 6 |
| 2П923Г | 85 | 20 | 6,5 | 50 | 100 | 20 | 30 | 45 | 6 |
| 2П928А\* | 90 | 30 | 24 | 250\*\* | 30 | 280\*\* | 30 | 50 | 6 |
| 2П928Б\* | 90 | 30 | 18 | 250\*\* | 30 | 240\*\* | 30 | 60 | 6 |
| 2П933А\* | 70 | 20 | 15 | 160\*\* | 400 | 100\*\* | 10 | 45 | 2 |
| 2П941А\* | 36 | 20 | 0,9 | 3\*\* | 400 | 3,5\*\* | 15 | 12 | 0 |
| 2П941Б\* | 36 | 20 | 5,5 | 15\*\* | 400 | 19\*\* | 6 | 12 | 0 |
| 2П941В\* | 36 | 20 | 10 | 30\*\* | 400 | 35\*\* | 5 | 12 | 0 |
| КП951А | 36 | 20 | 0,6 | 3 | 400 | 3 | 3 | 12 | -2 |
| КП951Б | 36 | 20 | 1,5 | 6 | 400 | 6 | 15 | 12 | -2 |
| КП951В | 36 | 20 | 3 | 15 | 400 | 15 | 3 | 12 | -2 |

\* - Два транзистора в общем корпусе с объединенными истоками.

\*\*- На два транзистора.

*ПРИЛОЖЕНИЕ Е*

*(справочное)*

Коэффициенты разложения косинусоидального импульса

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| θº | cosθ | α0 | α1 | α2  | α3 | β0 | β1 |
| 10 | 0,985 | 0,036 | 0,073 | 0,073 | 0,071 | 0,00056 | 0,0011 |
| 12 | 0,978 | 0,044 | 0,088 | 0,087 | 0,085 | 0,001 | 0,002 |
| 14 | 0,970 | 0,051 | 0,102 | 0,101 | 0,098 | 0,0015 | 0,003 |
| 16 | 0,961 | 0,059 | 0,117 | 0,115 | 0,110 | 0,0025 | 0,0046 |
| 18 | 0,951 | 0,066 | 0,131 | 0,128 | 0,122 | 0,0032 | 0, 0064 |
| 20 | 0,940 | 0,074 | 0,146 | 0,141 | 0,132  | 0,0045 | 0,0088 |
| 22 | 0,927 | 0,082 | 0,160 | 0,153 | 0,142 | 0,006 | 0,0117 |
| 24 | 0,914 | 0,089  | 0,174 | 0,165 | 0,151 | 0,0077 | 0,015 |
| 26 | 0,899 | 0,097 | 0,188 | 0,177 | 0,159 | 0,010 | 0,019 |
| 28 | 0,883 | 0,104 | 0,202 | 0,188 | 0,166 | 0.012 | 0,024 |
| 30 | 0,866 | 0,111 | 0,215 | 0,198 | 0,172 | 0,015 | 0,029 |
| 32 | 0,848 | 0,118 | 0,229 | 0,208 | 0,176 | 0,018 | 0,035 |
| 34 | 0,0829 | 0,125 | 0,241 | 0,217 | 0,180 | 0,021 | 0,041 |
| 36 | 0,809 | 0,133 | 0,255 | 0,226 | 0,182 | 0,025 | 0,049 |
| 38 | 0,788 | 0,140 | 0,268 | 0,234 | 0,184 | 0,030 | 0,057 |
| 40 | 0,766 | 0,147 | 0,280 | 0,241 | 0,185 | 0,034 | 0,066 |
| 42 | 0,743 | 0,154 | 0,292 | 0,248 | 0,184 | 0,040 | 0,075 |
| 44 | 0,719 | 0,162 | 0,304 | 0,253 | 0,182 | 0,046 | 0,085 |
| 46 | 0,695 | 0,169 | 0,316 | 0,259 | 0,180 | 0,052 | 0,096 |
| 48 | 0,669 | 0,176 | 0,327 | 0,263 | 0,176 | 0,058 | 0,108 |
| 50 | 0,643 | 0,183 | 0,339 | 0,267 | 0,171 | 0,065 | 0,121 |
| 52 | 0,616 | 0,190 | 0,350 | 0,270 | 0,166 | 0,073 | 0,135 |
| 54 | 0,588 | 0,197 | 0,360 | 0,272 | 0,160 | 0,081 | 0,148 |
| 56 | 0,559 | 0,204 | 0,371 | 0,274 | 0,153 | 0,090 | 0,164 |
| 58 | 0,530 | 0,211 | 0,381 | 0,275 | 0,146 | 0,099 | 0,179 |
| 60 | 0,500 | 0,218 | 0,391 | 0,276 | 0,138 | 0,109 | 0,196 |
| 62 | 0,469 | 0,225 | 0,400 | 0,275 | O,129 | 0,119 | 0,212 |
| 64 | 0,438 | 0,232 | 0,410 | 0,274 | 0,120 | 0,130 | 0,230 |
| 66 | 0,407 | 0,239 | 0,419 | 0,273 | 0,111 | 0,142 | 0,248 |
| 68 | 0,375 | 0,246 | 0,427 | 0,270 | 0,101 | 0,154 | 0,268 |
| 70 | 0,342 | 0,253 | 0,436 | 0,267 | 0,091 | 0,166  | 0,288 |
| 72 | 0,309 | 0,259 | 0,444 | 0,264 | 0,082 | 0,179 | 0,307 |
| 74 | 0,276 | 0,266 | 0,452 | 0,260 | 0,072 | 0,192 | 0,326 |
| 76 | 0,242 | 0,273 | 0,459 | 0,256 | 0,062 | 0,208 | 0,348 |
| 78 | 0,208 | 0,279 | 0,466 | 0,251 | 0,052 | 0,221 | 0,368 |
| 80 | 0,174 | 0,286 | 0,462 | 0,245 | 0,043 | 0,236 | 0,390 |
| 82 | 0,139 | 0,293 | 0,478 | 0,239 | 0,033 | 0,253 | 0,413 |
| 84 | 0,105 | 0,299 | 0,484 | 0,233  | 0,024 | 0,267 | 0,434 |
| 86 | 0,07 | 0,305 | 0,490 | 0,226 | 0,016 | 0,284 | 0,456 |
| 88 | 0,035 | 0,312 | 0,496 | 0,219 | 0,008 | 0,301 | 0,479 |
| 90 | 0,000 | 0,318 | 0,500  | 0,212 | 0,000 | 0,318 | 0,500 |
| 92 | -0,035 | 0,325 | 0,504 | 0,205 | -0,007 | 0,337 | 0,522 |
| 94 | -0,070 | 0,331 | 0,508 | 0,197 | -0,014 | 0,354 | 0,543 |

*ПРИЛОЖЕНИЕ Ж*

*(справочное)*

**Краткие сведения о технологии COFDM**

В перспективных системах РС и РД, обеспечивающих прием сигналов и на подвижном объекте, применя­ется уплотнение с ортогональным частотным разделением кодированных сиг­налов – *COFDM.* Метод *COFDM* состоит в делении пере­даваемой информации на большое число потоков данных, имеющих низкую инди­видуальную скорость. Эти данные исполь­зуются затем либо длядифференциальной модуляции по фазе – ОФМ-4, либо для квадратурной амплитудной модуляции – КАМ ряда несущих, так что длительность передава­емых символов становится большей, чем задержка распространения в канале пере­дачи. Так как в результате частотно-селективных замираний не­которые из несущих сигнала могут быть ослабле­ны или вообще исчезнуть, часто, кроме временного, применяется и частотное перемежение за счет перераспределения цифровых потоков между несущими. Заметим, что ансамбль ортогональных несущих в модуляторе COFDM формируется с помощью алгоритма быстрого преобразования Фурье (рис.2).



Рисунок 2 – Метод формирования сигнала OFDM

Переданный сигнал состоит из последовательности COFDM-символов, каждый из которых - это сумма *К* отрезков синусоидальных колебаний - несущих, равномерно распределенных по частоте. Каждый отрезоксинусоидального колебания, называемый "ячейкой", передается с определенной амплитудой и фазой и представляет собой соответствующую несущую.

Технология COFDM предполагает очень высокую частотную и энергетическую эффективность радиосистемы передачи сигнала - необходимая спектральная эффективность сигналов (модуляции) должна составлять не менее 4…5 бит/с/Гц. Это достигается путем использования сигналов типа КАМ-16 и КАМ-64 - для модуляции, согласно методу COFDM, большого числа излучаемых несущих (до200-300 при передаче звуковых программ и до 7-8 тыс. для видео сигналов).