Расчет лампы бегущей волны О-типа малой мощности

**Содержание**

Введение

1 Расчетная часть

* 1. Расчет геометрии замедляющей системы
  2. Расчет дисперсионной характеристики и сопротивления

связи

* 1. Расчет геометрии рабочих параметров вывода и ввода энергии
  2. Расчет величины индуктивности фокусирующего магнитного поля

Заключение

Список литературы

Приложение

**Введение**

Лампа бегущей волны - электровакуумный СВЧ прибор, работа которого основана на длительной бегущей электромагнитной волне и электронного потока, движущийся в одном направлении. ЛБВ предназначена для широкополосного усиления СВЧ колебаний в диапазоне частот от 300 МГц до 300 ГГц, а так же для преобразования умножения частот и других целей.

Основными частями лампы бегущей волны являются: электронная пушка для создания и формирования электронного потока; замедляющая система, снижающая скорость бегущей волны вдоль оси ЛБВ до скорости, близкой к скорости электронов, для синхронного движения волны с электронным потоком (обычно используется металлическая спираль, жестко закрепленная продольными диэлектрическими опорами и отличающаяся слабой зависимостью скорости бегущей вдоль неё волны от частоты, благодаря чему достигается эффективное взаимодействие волны с электронным потоком в широкой полосе частот); фокусирующая система (периодическая система постоянных магнитов, соленоид или др.) для удержания магнитным полем электронного потока в заданных границах поперечного сечения по всей его длине; коллектор для улавливания электронов; ввод и вывод энергии электромагнитных колебаний; поглотитель энергии колебаний СВЧ на небольшом участке замедляющей системы для устранения самовозбуждения ЛБВ из-за отражений волн от концов замедляющей системы. Усиление СВЧ колебаний в ЛБВ происходит следующим образом: ускоренные в электронной пушке электроны влетают в пространство взаимодействия замедляющей системы. В это же пространство через ввод энергии усиливаемые СВЧ колебания. При определенной конфигурации металлических элементов замедляющей системы электрическое поле волны в пространстве взаимодействия имеет составляющую, направленную вдоль оси прибора, с которой и происходит взаимодействия электронов. В замедляющей системе осуществляется синхронизм электронов и волн.

В результате взаимодействия с электрическим полем бегущей волны тормозятся или ускоряются в зависимости от фазы электрического поля, при этом происходит модуляция электронного потока по плотности: образование сгустков, сопровождающаяся возбуждением в замедляющей системе электромагнитного поля, тормозящего электроны в пучке. При торможении электроны отдают свою энергию, увеличиваю поля волны, то есть, усиливая входной сигнал.

В зависимости от длины волны к ЛБВ малой мощности обычно относятся ЛБВ с выходной мощностью до 1-10 Вт.

**1. Расчетная часть**

**1.1 Расчет геометрии замедляющей системы**

Выбираем условный угол пролета *ξа*в заданных пределах 1,61,8 . Расcчитываем средний радиус спирали замедляющей системы по формуле:



,(1.1)



где*а* - средний радиус спирали , см;

- длина волны, соответствующая середине рабочего диапазона, см;



- ускоряющее напряжение, В.



Длина волны , соответствующая середине рабочего диапазона определяется по формуле:



,(1.2)



(см),



тогда

(см).



Рассчитываем шаг спирали, используя формулу имеющую следующий вид:

,(1.3)



(см).



Используя соотношение , определили величину диаметра проволоки. Радиус проволоки выбирают малым по сравнению с шагом спирали для получения наибольшего поля, взаимодействующего с электронным потоком, поэтому



(см)(1.4)



Выбираем ближайший стандартный диаметр проволоки см.



Определяем радиус внешнего проводника (экрана) замедляющей системы из соотношения:

,(1.5)



Принимаем =1,5 (см).



Рабочая длина замедляющей системы рассчитывается из выражения:

,(1.6)



где - коэффициент усиления по мощности,



*С* - параметр усиления.

,(1.7)



где *W* – волновое сопротивление, Ом;

- ток системы, А.



Выбираем отношение радиуса потока к среднему радиусу спирали замедляющей системы:



,(1.8)



которое определяет наибольшее взаимодействие электронного потока с продольной составляющей .



Находим волновое сопротивление:

(Ом),



гдес - скорость света в вакууме, см/с;

- скорость электрона, см/с.



Величина плотности тока катода для малошумящих ламп меньше значений , поэтому ток системы:



,(1.9)



Выбираем плотность тока (мА/см2)



Радиус электронного потока:

(см),



тогда ток электронного потока:

(A).



Найденные значения *W* и определяют следующую величину параметра усиления:



Определяем величину : используя характеристическое уравнение, записанное для решения методом основ находим величину параметра *А*:



,(1.10)



где параметр объемного заряда 4*Q* при выбранных значениях и равен 7,2, тогда определяем величину .



,(1.11)



где - параметр расталкивания, рассчитанный по формуле:



,(1.12)



где - собственная частота колебаний электронного потока бесконечного сечения,



,(1.13)



(Гц).



Тогда

=0,011



Подставляя величины 4*Q*, и в выражение для получим:



,



тогда

,



.



Подставляем значения в уравнение, получаем:



.(1.14)



Первый корень уравнения =-0,12, , второй и третий корень находится из выражения:



.(1.15)



Определим параметр по формуле:



,(1.16)



.



Используя величину получим искомое значение для величины :



,(1.17)



.



Теперь

.



Протяженность активной части системы до поглощения:

,(1.18)



(см).



Протяженность поглотителя выбираем равной (см), тогда общая длина замедляющей системы при определении (см):



,(1.19)



(см).



Угол подъема спирали:

.(1.20)



**1.2 Расчет дисперсионной характеристики и сопротивления связи**

Под дисперсией понимают зависимость фазовой скорости волны от её частоты.

Используем выражения для расчета дисперсионной характеристики:

(1.21)



где - радиус замедляющей системы, см;



*h* - шаг спирали, см;

- длина волны, см.



Выражение можно записать в виде:

,(1.22)



учитывая что длина волны связана с частотой соотношения



откуда

,(1.23)



(см/с).



Рассчитываем сопротивление связи одиночной спирали:

,(1.24)



где - постоянная фазовая составляющая.



В ЛБВ используется нулевая гармоника, тогда S=0 поэтому:

,(1.25)



**1.3 Расчет геометрии и рабочих параметров вывода и ввода энергии**

При выполнении данного пункта рассчитаем взаимосвязанное звено между ЛБВ и линией связи. В качестве взаимодействующего звена взят трансформатор полных сопротивлений четырёхступенчатый.

Выберем коаксиал с сопротивлением равным 50 ОМ. Трансформатор используется для согласования системы в полюсе МГц.



Определяем среднюю длину волны рассчитываемого перехода:

,(1.26)



(см).



Этой длине волны соответствует определенная величина волнового сопротивления. Задаем необходимую трансформацию сопротивлений:

185 (Ом) до 50 (Ом).



Далее рассчитываем длину каждого трансформаторного участка:

,(1.27)



(см).



Необходимо определить масштабный множитель, который используется для нахождения местных коэффициентов отражения при значении:

,(1.28)



,



,(1.29)



.



Используя данные находим коэффициенты отражения



Волновое сопротивление отдельных ступеней трансформатора:

.(1.30)



Так как

,(1.31)



где - волновое сопротивление спирали, Ом.



С учетом определения:

,(1.32)



,(1.33)



,(1.34)



(Гц),



,(1.35)



.(1.36)



Откуда получаем, что:

,(1.37)



.(1.38)



Рассчитываем диаметры отдельных трансформаторных участков внутреннего проводника:

,(1.39)



,(1.40)



,(1.41)



где D - внутренний диаметр внешнего проводника, см.

**1.4 Расчет величины индуктивности фокусирующего магнитного поля**

В рассчитываемой лампы бегущей волны О-типа малой мощности фокусировка электронного пучка осуществляется магнитным полем, источником которого служит магнит. Он обеспечивает однородное продольное поле в лампе.

Индукцию магнитного поля рассчитываем по формуле:

,(42)



где - ток пучка, мА;



- рабочее напряжение, кВ;



- радиус пучка, мм;



- магнитная индукция, Гс.



(Гс).



**Заключение**

В данной курсовом проекте произведен расчет лампы бегущей волны О-типа малой мощности. Определена геометрия замедляющей системы и её характеристики - дисперсию и сопротивление связи. Рассчитаны геометрия и рабочие параметры вывода и ввода энергии, величина магнитной индукции, необходимая для фокусировки пучка. Выбрана спиральная замедляющая система, которая определяет широкополосность ЛБВ. В таких ЛБВ скорость распространения бегущей волны сохраняется практически постоянной при изменении частоты входного сигнала. Все проделанные расчеты произведены с применением ЭВМ. Составлена программа, позволяющая определить перечисленные параметры, а так же дисперсионную характеристику замедляющей системы в виде зависимости Представлен графический материал проектируемой ЛБВ.



**Список литературы**

1. Кацман, Ю. А. Приборы сверхвысоких частот./ Ю. А. Кацман. – М.: Высш.шк. 1973-382с.
2. Лошаков, Н. В., Пчельников, П. С. Расчёт и проектирование ЛБВ. – М.: Сов. радио, 1966-124с.
3. Цейтлин, М. Б., Кац, К. М. Лампа с бегущей волны. – М.: Сов.радио, 1964-311с.
4. Силин, Р. А., Сазонов, В. П. Замедляющие системы. –М.: Сов. радио, 1966-632с.
5. Лебедев, И. В. Техника и приборы СВЧ. –М.:Высш. шк .,1972 –

Т. 2. – 375с.

**Приложение 1**

program ST;

var

y,n,i: integer;

ln0, lnv, u0, g, et, l2, h1, j0, w, p, fma, fmi, ls, fs, a, h, d, r, rp, z, i0, s,

fom, a1, a2, alfa, ze, x2, l1, l0, z0, dli, t, aa2, g1, g2, zz1, zz2, dd1, dd2,

dv, dvh, ll, m, q4, rs, ar, pv, b1, b2, b, zv, ss: real;

infile, myfile: text;

const

c=3e10;

pi=3.14159;

procedure SchetDH;

begin

writeln (myfile, `дисперсионная характеристика `);

writeln (myfile, ` L,смС/Vф`);

n:= trunk ((lnv-ln0)/0.25)+1;

ll:=ln0;

ss:=h/sqrt(4\*pi\*pi\*a\*a\*h\*h);

**for** i:=1 **to** n **do**

**begin**

m:=sqrt(1-ss\*ss/(a\*a\*8\*pi\*pi/ll)/ss);

writeln(myfile, ``, ll:8:5, ``, m:8:5)

ll:=ll+0.25;

**end;**

writeln;

**end;**

**procedure** SchetTPS;

**begin**

writeln (myfile, `промежуточный параметр а=`, а1:8:3);

writeln (myfile, `по нему определяем константы аlfa, z`);

readln (infile, alfa, ze);

x2:= a2\*alfa\*ze;

l1:=1.98e-3\*ls\*sqrt (u0)\*(23+g)/(54.6\*s\*x2);

l0:=l1+l2;

b1:=3.5e-4\*sqrt(i0)/sqrt(sqrt(u0));

b2:=1/(rs\*sqrt(abs((rs\*hi/100-rs)/rs)));

b:=b1\*b2;

z0:=z;

dli:=ls/4;

p:=fma/fmi;

t:=-1/cos(pi\*p/(1+p));

aa2:=2\*(1-1/sqr(t));

g1:=0.5\*ln(z0/zv)/(2+aa2);

g2:=aa2\*g1;

zz1:=z0\*exp(-2\*g1);

zz2:=zz1\*exp(-2\*g2);

dv:=exp((-zv/138)\*ln(10));

dd1:=exp((-zz1/138)\*ln(10));

dd2:=exp((-zz2/138)\*ln(10));

dvh:=exp((-z0/138)\*ln(10));

**end;**

**procedure** SchetZS;

**begin**

fma:=c/ln0;

fmi:=c/lnv;

ls:=2\*ln0\*lnv/(ln0+lnv);

fs:=c/ls;

a:=3.14e-4\*ls\*et\*sqrt(u0);

h:=39.6\*a\*a/(ls\*(0.31+0.95\*et)\*(0.72+0.06\*et));

d:=0.5\*h;

r:=ln0/4;

rs:=15\*ls/(2\*pi\*a);

z:=w\*c/(5.93e7\*sqrt(u0));

i0:=pi\*0.25\*a\*a\*j0;

s:=exp(1/3\*ln((z\*i0)/(4\*u0)));

ar:=1.83e10\*sqrt(j0)\*sqrt(sqrt(u0))/(2\*pi\*5e9);

fom:=q4\*s\*s\*s/(ar\*ar);

a1:=-sqr(q4\*s)\*q4\*s/sqr(1-fom);

a2:=-(1-fom)/(q4\*s);

**end;**

**procedure** Input;

**begin**

writeln (`**IN: диапазон рабочих длин волн (н/в), см**`);

readln (infile, ln0, lnv);

writeln (`**IN: напряжение второго анода, В**`);

readln (infile, u0);

writeln (`**IN: коэффициент усиления, дБ**`);

readln (infile, G);

writeln (`**IN: выходную мощность**`);

readln (infile, pv);

writeln (`**IN: угол пролета**`);

readln (infile, et);

writeln (`**IN: длину поглотителя см**`);

readln (infile, l2);

writeln (`**IN: коэффициент модуляции эл. пучка, %**`);

readln (infile, hi);

writeln (`**IN: плотность тока эл. пучка, А/см2**`);

readln (infile, j0);

writeln (`**IN: параметр 4q**`);

readln (infile, q4);

writeln (`**IN: параметр для определения волн. сопрот.**`);

readln (infile, W);

writeln (`**IN: входное сопротивление линии, Ом**`);

readln (infile, zv);

**end;**

**procedure** OutRes;

**begin**

writeln(myfile, `**данные замедляющей системы**`);

writeln(myfile, `**радиус спирали**`**,** А:8:5, `**см**`);

writeln(myfile, `**шаг спирали**` h:8:5, `**см**`);

writeln(myfile, `**диаметр проволоки**` d:8:5, `**см**`);

writeln(myfile, `**ток электронного пучка**`, i0, `**A**`);

writeln(myfile, `**сопротивление сязи**` rs:8:5, `**Ом**`);

writeln(myfile, `**общая длина замедляющей системы**`, l0:8:5, `**см**`);

writeln(myfile, `**магнитное поле**`,b, `**вб/см2**`);

writeln(myfile);

writeln(myfile, `**расчет ТПС**`);

writeln(myfile, `**волновое сопротивление зам. системы**`, z:8:5, `**Ом**`);

writeln(myfile, `**сопротивление 1-ой ступени**`, zz1:8:5, `**Ом**`);

writeln(myfile, ` **сопротивление 2-ой ступени**`, zz2:8:5, `**Ом** `);

writeln(myfile, `**длина участков**`, dli:8:5, `**см**`);

writeln(myfile, `**диаметр 1-й ступени**`, dv:8:5, `**см**`);

writeln(myfile, ` **диаметр 2-й ступени**`, dd2:8:5, `**см**``);

writeln(myfile, ` **диаметр 3-й ступени**`, dd1:8:5, `**см**``);

writeln(myfile, ` **диаметр 4-й ступени**`, dvh:8:5, `**см**``);

**end;**

**begin**

assign (myfile, `**resut. txt**`);

assign (myfile, `**inp. dat**`);

reset(infile);

rewrite(myfile);

Input;

SchetZS;

SchetTPS;

SchetDH;

Outres;

Close(myfile);

Close(infile);

**end.**

промежуточный параметр а=-0.001

по нему определяем константы alfa, z

ДИСПЕРСИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

L, смС/Vф

4.5000017.60018

4.7500017.58604

5.0000017.57188

5.2500017.55771

5.5000017.54353

5.7500017.52933

6.0000017.51513

6.2500017.50091

6.5000017.48668

6.7500017.47244

7.0000017.45819

7.2500017.44393

7.5000017.42966

7.7500017.41537

8.0000017.40107

8.2500017.38676

8.5000017.37244

8.7500017.25811

9.0000017.34376

данные замедляющей системы:

радиус спирали: 0.07975

шаг спирали: 0.02811

диаметр проволоки: 0.014406

ток электронного пучка: 4.99561909282908Е-0005А

сопротивление связи: 179.60280 Ом

общая длина замедляющей системы:27.73414 см

магнитное поле: 3.20056068335627Е-0009вб/см2

расчет ТПС

волновое сопротивление зам. системы: 184.90302 Ом

сопротивление 1-й ступени: 184.93073 Ом

сопротивление 2-й ступени: 184.97229 Ом

длина участков: 1.5 см

диаметр 1-й ступени: 0.04565 см

диаметр 2-й ступени: 0.04567 см

диаметр 3-й ступени: 0.04570 см

диаметр 4-й ступени: 0.04572 см