

課程

# 發送設備課程設計參考資料

(一系用)

成都電訊工程學院

1963年2月

# 序 言

本书主要讲述长、中、短波无线电发送设备的设计和计算问题，同时还简述米波电视发射机的设计特点。

本书共分七章，第一章着重指出课程设计的目的、任务和要求。第二章和第三章、仅述了各种类型的长、中、短波发射机的技术任务的内容，提出了对这些发射机的电气、电声以及结构上的要求，并且讨论了构成发射机方框图的一些问题。第四章列出了电子管工作状态的计算方法，第五章指出了发射机振荡回路系统的特性和元件参数的选择设计及计算。第六章为回路元件的结构计算。第七章简述了电视广播发射机的特点，电视伴音调频发射机的方框图，和电视图象发射机的方框图。

本指导书仅供无线电专业学生作发送设备课程设计时参考。

成都电讯工程学院

205 教研组

1962年1月6日

# 第一章 引言

## § 1.1 课程设计的目的

1. 巩固和深入理论课时所获得的知识。
2. 使学生学会在解决具体工程问题时，能够运用所学的理论知识。
3. 使学生熟悉对现代发送设备所提出的要求和技术指标。
4. 使学生能在解决问题时批判的分析所得结果。

## § 1.2 发送设备课程设计的题目

1. 长波与中波发送设备的设计。
2. 短波发送设备的设计
3. 超短波发送设备的设计

## § 1.3 出题目时所给的起始数据

1. 振荡功率（电子管振荡器所给出的  $P_{\sim}$  或是供给馈电线或天线的功率  $P_p$ 、 $P_A$ ）
2. 工作波长或波数
3. 工作类别（无线电话或无线电报等）
4. 调制类别（调幅，调频或脉冲调制）
5. 调制信号的波长或波数
6. 调制系数（调幅度或调制指数等）

7. 传输线的特性阻抗或是天线的参量。

8. 其他。

#### §1.4. 要求

1. 讨论带有电源的发送设备的方框图。

2. 计算高频最后一级的工作状态。

3. 计算高频最后一级的电路元件。

4. 计算自激振荡器的工作状态。

5. 计算自激振荡器的振荡电路的元件。

6. 计算调制或未级的工作状态。

7. 进行一个组件的结构计算。

8. 写出工程与经济方面的考虑。

9. 拟出发送设备的原理图。

10. 说明书。

#### 1-4

设计说明书必须用钢笔写在设计说明书的专用纸上，不得随便涂改。在每一个计算中，一定要有计算公式，然后把有关的数据代入，并作说明，列表指出最后结果。在设计说明书中，应附有整个发送设备的原理图，方框图和一个组件的结构图，所有图的规格及符号均应按照国家标准编制。在设计说明书中，还应附有必要的曲线。

## 第二章 指标

一切发送设备的主要任务，都是产生一定频率的振荡，使它按照所需某种信号发生变化，并把它发送到空中去。

发送设备有很多用途，有各种各样的使用条件。

发送设备按用途可以分为固定、地面、流动、广播、电视、通信及雷达等，每一类的发送设备又可分为：固定波长的发送设备或波段的发送设备，而流动的发送设备又可分为飞机的、汽车的和船舶的发送设备等。

无论是那一个指标都不能概括发送设备的全部特点，所以设计的工作，不只是根据发送设备的用途，而且还应该根据全部主要的指标来进行。

技术规范就是设计发送设备的依据，技术规范应该指明发送设备的用途、功率、波段、工作类别、频率稳定度、天线参数等，以及对电源及结构方面的要求。

下面我们来讨论近代发送设备中的几个主要指标。

### §1 发送机的功率

发送功率是决定通信距离和通信可靠性的主要指标之一，发送功率应该根据接收机的灵敏度和作用距离来决定的。一般都把送到天线或是馈电线的功率理解为发送功率它可以用  $P_A$  或  $P_p$  来表示：

$$P_A = P_{\sim} \cdot \eta_K \cdot \eta_{AK}$$

这里  $\eta_K$  —— 为中间回路的效率。

2-2

$\eta_{AK}$  —— 为天线回路的效率

对于电报发送机而言，发送机功率是按指锁而言的。

对于电话发送机而言，发送机功率是指载波工作状态而言的。

对于电视发送机而言，发送机功率是指最大功率  $P_{max}$  而言的。

亦可把发送机末级的功率作为发送功率，这种情况是比较少的，随着发送机的用途不同，发送功率就不一样，它可以从几分之一瓦一直到几百千瓦，在脉冲工作状态时，般多在几十到几千千瓦。

小功率通信机 几分之一瓦到几百瓦。

广播机 几千瓦——几十千瓦——几百千瓦。

大功率通信机 几千瓦——几十千瓦

电视 几千瓦——几十千瓦——几百千瓦

## 3.2 发送机的波段及波长

1) 发送机所用的波长与其用途有关。

① 长波——用作远距离通信，广播及导航。

② 中波——用在广播

③ 短波——用作广播通信

④ 超短波——用作定位，广播及中继通信等。

2) 发送机所用波段复盖随用途而异。

(1) 分波段系数为：

① 短波  $K = 1.2 \sim 1.3 \rightarrow 2$

其小的对应于大功率，而大的对应于小功率  
分的波段复盖一般不超过 5—6

② 超短波  $K=1.1-1.2$

(2) 两个固定波长间的间隔

① 中波及短波

i 广播——相隔 20 仟赫

ii 通信——相隔 10 或 5 仟赫，有时相差 2 仟赫

② 超短波——一般

(i) 广播——相隔 200 仟赫

(ii) 通信——相隔 100 仟赫或 50 仟赫。

通信——一般短波 自  $12 \div 15 \rightarrow 60 \div 70$  米

有时  $\rightarrow 90 \div 100$  米

小功率 20—30 至  $90 \div 120$  米

广播——中波为 535 仟赫至 1605 仟赫

中继——一般在 5—20 厘米，有时也会达 200 厘米。

电视——48.5—100 兆赫，5—70 仟瓦—500 仟瓦

174—216 兆赫，5—8 仟瓦

470—960 兆赫

调频广播 64.5—76 兆赫

关于更详细的材料可以参看附录 1

人民电报卷 1 期 2 (1950 年)

### § 3 发送机的频率稳定度

没有高度稳定的频率，就不能保证稳定的通信。对于近代发送设备的频率稳定度愈来愈高了。

2-4

例如对于中波广播发送机其频率不稳定性为 10 赫  
短波广播发送机其频率不稳定性为 0.0015%。

关于其他的数值可参看附表 2

#### §4 电声指标

1) 调制信号频率

- (1) 广播 1. 调幅 50—10000 赫  
2. 调频 50—15000 赫

(2) 电话 100—4000 赫, 300—3000 赫

2) 非线性失真

- (1) 广播 1. 调幅小于 3—4%  $m = 95\%$   
2. 调频 30—100, 7500—15000 赫  
 $< 1.5\%$ ,  $m = 100\%$

(2) 电话 小于 10—15%,  $m = 95\%$

3) 频率特性

(1) 广播 调幅  $\pm 1\text{db}$  调频  $1\text{db}$

(2) 电话  $\pm 4\text{db}$

4) 噪声水平

(1) 广播 1. 调幅—60 分贝

2. 调频 由寄生调频产生  $< 65$  —  
70 分贝

由寄生调幅产生  $< 60$  分贝

(2) 电话 —30 —40 分贝

5) 发送速度 人 2 50—60 字、印字电报 150  
 $\div 200$

- 6) 寄生调幅  $< 5-10\%$  快400字以上  
 脉冲持续时间 0.05—2微秒  
 脉冲重复周期 几百—几千  
 频率偏移  $\Delta f = 75$  赫, 宽频带  
 $\Delta f = 1.5-15$  赫  
 调制系数  
 1. 调幅  $100\% = m$   
 2. 调频  $K = -5$

### §5 电压

固定电台用市电220伏或380伏50赫

对于大于50千瓦的发电机一般用6000伏

电压波动小于10%

对于特殊用途的发电机, 有时用特殊的电机(振动

电机或电池)

关于这方面的资料可参看附录3、4、5。

### §6 总效率

总效率应理解为发送功率与总输入功率之比:

$$\eta_{\text{总}} = \frac{P_{\text{发}}}{\Sigma P}$$

例如对电话发送机而言

小功率(5—10瓦) 10—20%

中功率(10—1000瓦) 15—25%

大功率 35—50%

2-6

### §7 結構和使用方面的要求

- 1) 体积——船舶、飞机、车辆及携带式的特别重要
- 2) 重量——船舶、飞机、车辆及携带式的特别重要
- 3) 控制系统
- 4) 连续工作时间——强功率为40小时，几百瓦的为15—20小时
- 5) 气候——对于移动电台特别重要，
  - (1) 温度
  - (2) 湿度
  - (3) 压力——980mmv — 100mmv
  - 5) 振动 跌落等
  - 6) 其他

## 参考文献

1. Э. И. 莫舍利基 蔡宏大译 “无线电设备” 下册  
§16.1 §16.3
2. Л. А. 相良金 “无线电发射中心” 第二章 第一节
3. А. И. Хотьяков “发送设备” 概论
4. А. М. Фройде радиотехнические  
устройства §9.1—§9.2
5. Бамлет радио
6. С. В. Гольковский и  
Г. Л. Сэмюлов  
—— Техника частотной модуля-  
ции в радиосвязи этим гл 1952

## 第三章 发射机方框图拟定

### §1 概述

在设计无线电技术领域中的发射机时，总是开始于方框图的拟定，在方框图中，应当指出发射机的级数，每级的功率，采用电子管的型式和所供给的电流电压———。

发射机的第一级，是一个频率稳定度很高的小功率自激振荡器。

大功率发射机的第二级，应当工作在不谐振的工作状态，即所谓缓冲工作状态，以提高主振荡器的频率稳定度，在波束发射机中，自激振荡器是比较复杂的，同时它应当具有单独的稳压电源供电，在这种情况下，发射机主振荡器之后的第一级，也应当采用缓冲工作状态。

以后各级，在高功率小于  $1 \div 2$  千瓦以前，都选用四、五级管，大于  $1 \div 2$  千瓦以上则选用三极管，现在往往利用功率比较大的簾栅管，来代替三极管，因为这样使要求前级送来的激励功率减小，而中和也可“不要”。

由于振荡器工作在弱过压工作状态时，反馈对回路电压的影响很小，这一优点使全部没有调制器的中间级都工作在过压状态。

被调振荡器的高频板，它的工作状态取决于调制形式，末级电路和调频发射机工作在过压或临界工作状态。

高频级的数目正比于发射机的功率，相邻两级的功率比（激励比和放大比）取于决放大比、栅路和激励比板路的损耗，这些损耗往往不能确定精确的计核。

实际上，相邻两极的功率比如下：

比值 电子管	状态	未级放大 $\frac{P_{前}}{P_{后}}$	谐振波放大 $\frac{P_{前}}{P_{后}}$
三级管		$\frac{1}{10} \div \frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$
四级管		比三级管放大 1.5~2 倍	全左
五级管		比三级管放大 2~3 倍	同左

在实用应用时，也可能有别于上述比值，例如，在短波或超短波比值减小，因为在短波或超短波时  $P$  减小，回路损耗增加，在音频时其比值也要减小，因为此时电子管利用率很低，同时信号回路损耗增加。

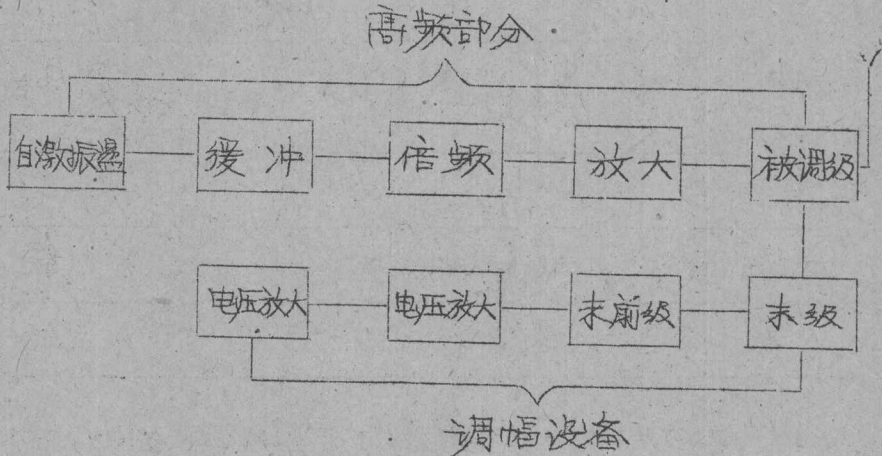
在发射机中同级，常选择比由计算所要求的功率为大的电子管，同时尽量选择同一种类型的电子管，使设计简便，且有工作上的互换性，也可使整机比的数目减少若干。当放大器按级共栅电路组成时，其功率比要增加。

小功率级常采用单端线路，而功率级常采用推挽线路——能够保证很好的滤除偶次谐波。

在发射机的方框图构成后，就分别对各级进行计算，而首先从未级的计算开始（它的功率  $P_{n末}$  选择得比天线上的功率  $P_A$  大，其增大的数目由回路的损耗而定）。在计算未谐振态的中间级时，可以按临界状态进行。如果电子管的有效系数较小，则它们可以工作在弱过压状态，在计算时要留下一些富裕数。

## §2. 阳极调幅发射机的方框图

阳极调幅发送机的方框图其一般形式如下：



### 1. 高频部分

(1) 末级——工作状态一般应为过栅流工作状态<sup>\*</sup>，该级的功率应由级定的天线或馈电线功率和回路功率来确定，即：

$$P_{\sim T} = \frac{P_A}{\eta_k \eta_{AK}}$$

其中  $\eta_k$  —— 中间回路的效率，对于大功率发送机而言  $\eta_k = 0.8 \sim 0.98$ ，波长及功率愈大则效率愈大，例如 100 千瓦的中波机  $\eta_k \approx 0.95 \sim 0.98$ ，而对于 10 — 20 千瓦的发送机  $\eta_k \approx 0.9$ 。

当选择电子管的数目和类型时，应该遵循下式的关系式：

$$(1+m)P_{\sim T} \leq n \times P_N$$

这里  $n$  —— 电子管的数目，

$P_N$  —— 电子管的额定功率  $P_N = K I_e E_a$

(2) 末前级 —— 末前级的工作状态应该保证末级射

<sup>\*</sup> 注：有时也工作在临界或过栅流的，可以参考文献。

定的激励电压，为此这一级应该工作在强过栅流工作状态

$$K = \frac{1}{2}$$

这一级的功率应该根据末级所需的激励功率和末前级的回路效率来确定。即：

$$P_{\sim\text{末前}} = \frac{P_{\sim T}}{K_p \cdot \eta}$$

式中： $K_p$  —— 末级电子管的功率放大倍数

对三极管而言  $K_p = 10-20$

对四极管而言  $K_p = 20-40$

对五极管  $K_p = 20-60$

$\eta$  —— 回路效率，  $\eta = 0.1-0.5$

为了使用方便起见，我们採用下面的关系式是方便的：

$$P_{\sim\text{末前}} = (0.05-0.1) P_{\sim\text{末级}} = K_p \cdot P_{\sim\text{末级}} \cdot K$$

对于短波发送机由于所用中和线路不同， $K$ 的数值也就不同，一般可以认为： $K = 0.1-0.2$  当採用共栅级线路时  $K = 0.2$ ，则这时在选择电子管时应满足下列条件：

$$P_{\sim\text{末前}} \leq \eta \cdot P_N$$

(3) 除自激振荡和缓冲外的高频各级

① 后一级是三极管，则仍按(2)一样

$$P_{\sim\text{前级}} = (0.05-0.1) P_{\sim\text{后级}} \cdot K$$

$$P_{\sim\text{前级}} = (0.1-0.2) P_{\sim\text{后级}}, \text{短波}$$

所有各级均宜工作在过栅流，

选择电子管仍按以前各式进行

3-5

$$P_{\sim} \leq \eta \cdot P_N$$

② 后一极是有帘栅的电子管 (即四极管或五极管) 则

$$P_{\sim \text{前级}} = (0.025 - 0.05) P_{\sim \text{后极}}$$

但在一般情况不是效率能满足的, 例如在短波时一般在倍频状态, 这时电子管回路的效率均低, 因而在倍频时可以认为:

$$P_{\sim \text{前级}} = (0.07 - 0.15) P_{\sim \text{后极}}$$

(4) 自激振荡与缓冲级

用五极管其效率通常是十分之几至

2. 调幅设备 (低频部分)

(1) 末级 (调幅bb) —— 一般该级所选电子管是与高频末级同型号的, 这是因为它们的功率是同等级的。该级功率为:

$$P_{\sim M} = \frac{1}{2} \frac{m^2}{\eta_T} \cdot \frac{P_{\sim T}}{\eta_r}$$

式中:  $m$  —— 调幅调制度

$\eta_T$  —— 调幅变压比的效率, 随着其用途不同, 其数值亦各不相同。

$\eta_r$  —— 被调振荡比的效率。

$P_{\sim T}$  —— 被调振荡比的功率。

$P_{\sim M}$  —— 调幅bb的功率。

(2) 末前级 (次调幅bb) —— 为了使非线性畸变小, 该级应该采用内阻小的电子管, 通常该级是用推挽电路的, 用