

超 高 頻 發 射 機

設 計 與 計 算

A. B. 伊 萬 諾 夫

B. A. 庫 普 里 雅 諾 夫 著

Л. H. 索 斯 諾 夫 金

內 部 資 料 注 意 保 存



國防工業出版社

3861/ TN83/

超高频发射机设计与计算

A. B. 伊 万 诺 夫
B. A. 庫普里雅諾夫 著
Л. H. 索斯諾夫金
康宝瑾 译
張 汝 陈怀琛校



國防工業出版社

1964

內容簡介

本书是苏联紅旗軍事通信工程学院于 1956 年出版的。它讲述了超高频三极管振荡器、速調管振荡器、磁控管振荡器的电路、结构及工作状态的計算等問題。对振荡系統元件的計算和与負載的耦合等問題也作了介紹。同时,对脉冲調制器及其有关問題也作了詳細的介紹。

书中列有习题,可作为讀者运用本书进行实际設計計算时的参考。书后附有一些有关計算电感电容的实用公式,还列有几种主要电子管的特性,可供設計計算时使用。

本书适用于在雷达技术方面从事生产設計及科学研究的工程技术人員,同时也可供有关专业的大专学校教师及学生参考。

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕДАТЧИКОВ СВЧ

А. Б. Иванов, В. А. Куприянов, Д. Н. Сосновкин

ВОЕННАЯ КРАСНОЗНАМЕННАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ

АКАДЕМИЯ СВЯЗИ ИМЕНИ С. М. БУДЕННОГО

ЛЕНИНГРАД 1956

超高频发射机設計与計算

康宝瑾譯

張 汝 陈怀琛校

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印刷 内部发行

850×1168 $1/32$ 印張 $8\frac{9}{16}$ 218 千字

1964 年 2 月第一版 1964 年 2 月第一次印刷 印数: 0,001—1,100 册

統一书号: N15034·699 定价: 2.40 元

目 录

前言	6
緒論	7
第一章 自激式米波三极管振荡器	11
§ 1.1 米波振荡器的电路与结构	11
§ 1.2 振荡管工作状态的計算	17
§ 1.3 振荡系統的电計算	21
§ 1.4 米波振荡器振荡系統元件的结构計算	26
§ 1.5 与負載耦合的計算	32
第二章 分米波三极管振荡器	45
§ 2.1 分米波振荡器的电路与结构	45
§ 2.2 电子管工作状态的計算	50
§ 2.3 振荡系統的电計算	57
§ 2.4 振荡系統的结构計算	59
§ 2.5 与負載耦合的計算	63
第三章 速調管振荡器	66
§ 3.1 概述	66
§ 3.2 反射式速調管	72
§ 3.3 速調管諧振腔元件的结构計算	82
§ 3.4 阴极结构和电子枪	94
§ 3.5 选择功率速調管振荡器的基本结构参数的依据	95
第四章 超高频磁控管振荡器的設計与計算	100
§ 4.1 近代磁控管振荡器的簡要特性	100
§ 4.2 設計磁控管时任务的提出	102
§ 4.3 研制新式磁控管方法的特点	105

§ 4.4 动态工作状态的計算	108
§ 4.5 振荡系統的設計与計算	113
§ 4.6 計算异腔磁控管的实用方法	127
§ 4.7 磁控管輸出設備的設計与計算	129
§ 4.8 磁控管的磁路	142
§ 4.9 磁控管某些工作特性的計算	145
§ 4.10 可調諧的磁控管	146
§ 4.11 連續振荡的磁控管	155
§ 4.12 磁控管結構設計的某些問題	160
第五章 脉冲調制器	165
§ 5.1 脉冲調制器的型式	165
§ 5.2 用来調制三极管振荡器之儲能器部分放电式調制器的計算	168
§ 5.3 用来調制磁控管振荡器之电容部分放电式調制器的計算	172
§ 5.4 儲能电容器完全放电式調制器綫路的选择	177
§ 5.5 仿真綫的电計算	182
§ 5.6 脉冲变压器的电計算	185
§ 5.7 脉冲变压器的結構計算	188
§ 5.8 充电电路元件的計算	193
附录I	
电感和电容的計算	197
附录II	
風冷式脉冲振荡三极管 ГИ-6Б	204
風冷式脉冲振荡三极管 ГИ-7Б	208
風冷式脉冲振荡三极管 ГИ-11Б	211
風冷式脉冲振荡三极管 ГИ-12Б	214
脉冲振荡五极管 ГИ-8	217
風冷式脉冲振荡三极管 ГИ-17	219
風冷式脉冲振荡三极管 ГИ-70Б	223
附录III	
脉冲振荡双集射四极管 ГИ-30	228

脉冲調制三极管 ГМН-30.....	233
脉冲調制四极管 ГМН-83.....	236
脉冲調制四极管 ГМН-89.....	241
脉冲調制四极管 ГМН-90.....	246

附录 IV

脉冲調制充气閘流管 ТГН1-90/8.....	250
脉冲調制充气閘流管 ТГН1-325/16.....	254
脉冲調制充气閘流管 ТГН1-400/3.5.....	256
脉冲調制充气閘流管 ТГН1-400/16.....	260
脉冲調制充气閘流管 ТГН2-200/3.5.....	264

附录 V

脉冲变压器的参数及繞組配置.....	268
参考文献.....	274

前 言

本参考书是打算給在脉冲无綫电技术領域內从事专业学习的学生使用的。在編写本书时，作者未局限于例举这一些或另一些計算方案，而且指出某些理論原則并举例說明它們的可能計算方法。按作者的意图，这种形式的参考书不仅对課程設計和毕业設計有用，而且对自学“无綫电发射設備”課程的学生也是有益的。

第1, 2章和5章是由Л. Н. 索斯諾夫金所写。第4章是由B. A. 庫普里雅諾夫所写。第3章是由A. B. 伊万諾夫所写。A. B. 伊万諾夫还对全书进行了校閱。

在A. M. 謝明諾夫领导下，由教研室集体討論初稿时，提出了許多批評意見，在最后校閱时已經考虑了这些意見。

緒 論

发射机是现代雷达设备的一个重要部分。发射机一般是高频振荡器和控制设备的合成。

在絕大多数情况下，雷达发射机的振荡器是用大空度的脉冲状态工作于超高频波段。在某些特殊場合，超高频振荡器也用連續状态工作。

要制造雷达发射机，必須确定合适的頻率范围(或固定頻率)，选择超高频振荡器和調制器的綫路，并对它們进行計算。

不同用途的雷达，与其工作频段相应的波长，从几米到几厘米甚至几毫米。

用脉冲状态工作的雷达发射机，其脉冲宽度从几微秒到十分之几微秒。在两个連續脉冲或脉冲群之間的間隔，較脉冲本身的寬度大几百到几千倍。因此，其空度也用上千的数量級来量度。

在脉冲期間高频振荡所产生的功率决定于雷达的用途，一般在十千瓦到几兆瓦范围之内。

通常远程搜索和目标指示(引导)雷达工作于超高频波段的米波部分，在厘米波部分，正如大家所知道的，有炮瞄雷达、轰炸瞄准雷达、地面目标搜索雷达。与此同时，在厘米波段的长波部分也有远程搜索雷达工作，一厘米左右及更短的波段目前还没有普遍掌握，这是因为大气条件强烈影响了短的厘米波和毫米波的傳播，使它們的实际应用变得复杂化了。

对于远程搜索雷达，其特点是运用寬度較长、功率很强的脉冲。采用这种脉冲在脉冲期間可以向照射空間的单位体积中輻射

較大的能量。增大脉冲宽度也可以减小接收机的通頻帶，因此可以使內部和外部干扰对信号可辨度的影响显著降低；換句話說，应用寬脉冲可以提高信号噪声比。

所有这些綜合起来，可以显著增大搜索距离——远程搜索雷达的基本参数。而在这种情况下，对脉冲的波形是不提什么严格要求的。

在必要增大远程搜索雷达的距离分辨力时，就要被迫减小脉冲宽度。在米波波段，高频振荡器建立的时间和必須由数千个高频振荡周期組成的高频脉冲，以保证檢波以后能够分出視頻脉冲，是减小脉冲宽度的界限。

在高频振荡的波长約为 $\lambda = 5$ 米时，建立过程的时间約等于 1 微秒，而 1000 个周期的时间約等于 16 微秒。因之，在該波段范围内，調制发射机的脉冲宽度不能小于 20 微秒左右。当然，这种雷达的距离分辨力，对于許多战斗使用的远程搜索雷达，是完全不够的。

在过渡到超高频厘米波段时，雷达分辨力的提高才能够实现。例如，在波长为 10 厘米时，应用宽度約为 0.3 微秒的脉冲是完全可能的。

在短促脉冲条件下，当必須保持大的雷达作用距离时，就要使高频振荡的脉冲功率增大到数千千瓦甚至数万千瓦。可以指出，一部超高频振荡器不能保证获得这样大的功率。在这种情况下，就要采用几部产生不同頻率振荡的超高频振荡器，并使它們均在自己的饋綫系統上給天綫饋电，以产生雷达总方向性图的一部分。

对于炮瞄雷达 (COH) 來說，希望采用很短促的脉冲(約 1 微秒)，而又沒有任何寄生的振幅和頻率調制的高频振荡。

对于轰炸瞄准雷达、船用导航雷达、地面目标搜索雷达，都要求更短的脉冲。

現代航空速度的增长，迫使增大炮瞄雷达的作用距离，这就引

起了高频振荡功率的显著增加。

在现代条件下,为了提高雷达的抗干扰性,必须以很大的力量来解决发射设备在足够宽的频段内工作的可能性。

目前,超高频振荡器已广泛地采用了电子管、磁控管、速调管和行波管。

对米波波段的雷达来说,运用电子管振荡器是最适宜的,它可以获得足够大的功率,并能在较宽的波段内工作。

在厘米波范围内,多腔磁控管最适于作超高频功率振荡器,在某些场合下,运用速调管振荡器也是合适的。

在厘米波波段接收设备中,利用反射速调管和很有前途的行波管和返波管。

与电子管振荡器相比较,磁控管和速调管振荡器的特点是:振荡频率与供电电压和某些其它确定振荡器工作状态的数值(例如,当使用磁控管振荡器时,固定磁场的数值)的变化有极大的关系。

为了使发射机-能量反射器-接收机的全部通信线在脉冲工作时能正常工作,必须要有无调频振荡的高频脉冲。因为,大家知道,当充填无线电脉冲的高频有了频率调制以后,就使辐射振荡的频谱形状严重失真,并破坏全部通信线的正常工作。但要实现这个条件,若确定目标的坐标愈是精确,必须保证的作用距离愈远,那末对调制超高频振荡器的脉冲波形的要求也就愈严。

雷达的用途和在該雷达发射设备中所采用的振荡器的型式,确定了对发射机脉冲调制器的要求。

当必须获得强功率调制脉冲时,最好采用以仿真线作储能器的调制器,和带有能够通过大脉冲电流的离子管转换器的二端网络形成器。

根据对脉冲波形提出的要求,特别是对脉冲顶部电压稳定性要求的严格程度,来确定采用复杂性较多或者较少的仿真线电路。根据对脉冲发射瞬间散布值和脉冲重复频率的要求,则利用火

花放电器或充氩闸流管,以提高这些要求。

当脉冲功率较小时,运用三极气体放电管是适宜的。

对于远程搜索雷达,以及对于希望简化发射机的线路和组成而允许脉冲参数有稍许变坏的雷达,看来使用带有仿真线的调制器更为可取。

炮瞄雷达往往采用储能电容器部分放电的调制器,因为它可以获得良好的脉冲波形,特别是可以得到非常平坦的顶部。在希望获得很短促的矩形脉冲的其它场合,利用这种调制器亦是适当的。

可以指出,在许多情况下,使用非线性电感来组成脉冲调制器是最好的,但此问题超出了本参考书研究的范畴。

这样一来,脉冲雷达的发射机是由高频振荡器,脉冲调制器和电源组成的。

设计发射机的主要原始数据是:振荡的波长(或波段)、脉冲振荡功率、脉冲宽度、脉冲重复频率。

此外,根据应用雷达的实际条件,也可以提出其它附加的要求:频率稳定度、体积和重量的限制等等。

在已获得的原始数据的基础上,对高频振荡器的型式加以选择、对振荡器作电计算,以及在本设计阶段,如果有好处的话就进行结构计算。

在计算高频振荡器时所获得的数据,能够用来确定对脉冲调制器的要求。在这种或那种调制器已知特性的基础上,选择脉冲调制器的型式,并进行计算。

然后,与电源一起,对整个发射机的详细结构进行试制。电源的设计与计算问题不在这里研究。

在本参考书中,阐述了超高频电子管振荡器、速调管和磁控管振荡器,以及各种型式的脉冲调制器的计算、部分设计与结构的问题。

第一章 自激式米波三极管振荡器

§1.1 米波振荡器的电路与结构

振荡器的电路与结构, 由振荡器所采用的振荡管型号与数量和振荡系统的型式来确定。

在米波段振荡器中, 由于电子惰性的影响并不显著, 所以采用的电子管, 与短波段所采用的振荡管, 原则上差别不大。仅仅在米波振荡管的结构中, 采取减小极间电容和电极(主要是阳极和栅极)引线电感, 以及消除管底, 以减小在玻璃泡中的损耗等措施。

利用自感线圈(在波段的长波部分)和短路双导线(在波段的短波部分, 当 $\lambda < 2 \sim 3$ 米时)作为米波振荡器的振荡系统的元件。

在米波段, 推挽电路的振荡器获得了最广泛的应用。主要是因为它们具有比较合理的振荡系统的结构, 以保证辅助元件的数量最少。

电子管的接入, 可以用不同的方法来实现, 或者用共阳极电路(图 1.1)和共栅极电路(图 1.2), 或者用三个外部电抗接到振荡管

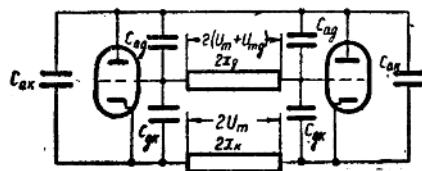


图 1.1

阳极、栅极和阴极之间的电路(图 1.3)。

选择这种或那种电路型式, 依赖于电子管的结构和振荡系统

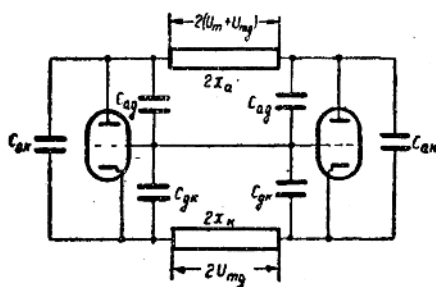


图 1.2

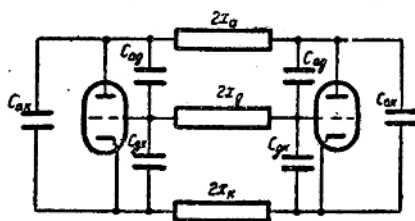


图 1.3

的型式。例如，功率振荡器需要在电子管的阳极加上大的散热器来冷却。所以在这种振荡器中应用共栅极电路较为合理，因为在其它电路中，在电子管阳极之间，有大振幅的高频电压 $U_{\text{最大}} = 2(U_m + U_{mg})$ ，这就需要疏散阳极以防止击穿。而这又不是常常可以做到的，特别是在用双导线作振荡系统的情况下更不可能。

用集中元件作振荡系统的振荡器，其电路形式的选择依赖于所需要的回授系数。在共栅极电路中，可以获得足够大的回授系数 $k \geq k_0 = \frac{C_{ak}}{C_{gk}}$ ，而在共阳极电路中，则相反， $k \leq k_0$ 。

交叉回授电路(图 1.4)亦获得运用，在这种电路中，根据耦合电容器(C_{CB})的电容量，实际上可以获得任何数值的回授系数。

具体实用电路的方案是多种多样的。它们之中的某些如图 1.5 和 1.6 所示。图 1.5 是共阳极电路，而图 1.6 则是共栅极电路。在

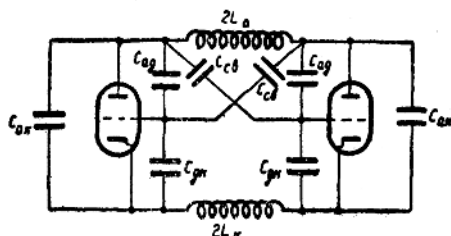


图 1.4

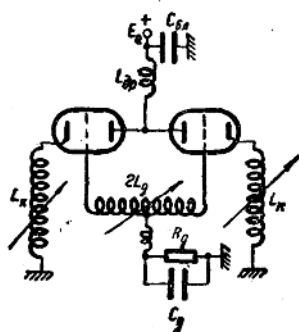


图 1.5

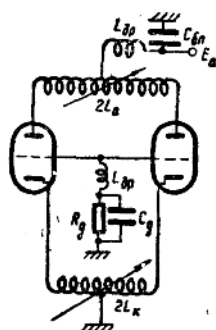


图 1.6

这些电路中，調整栅极或者阳极之间的电感能够改变振荡频率，而回授系数則用調整阴极电感来改变。

阴极电感通常是用管状导线做成自感线圈的形式，供給灯絲的导线由管内引入振荡管。

可以用不同的方法来改变线圈的电感量。图 1.7 和 1.8 所示线圈的结构，是用靠紧线圈导线的带槽的滚柱来接触的，滚柱可围绕导向轴自由旋转，并沿着导向轴滑动。第一种结构，用转动线圈的方法来移动接触点，而第二种结构，則用转动固定线圈内部的导向轴来移动接触点。两种结构的线圈都是由绕线方向相反的两部分组成的，这样可以保证触点的对称移动。

利用弹簧接点可以保证与线圈导线有比较可靠的接触。图 1.9

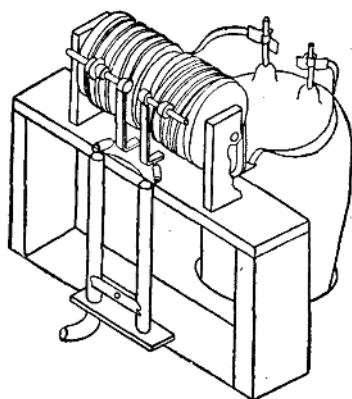


图 1.7

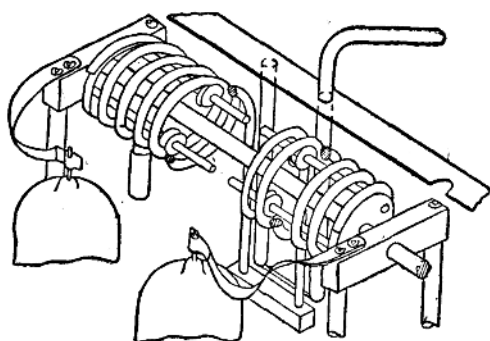


图 1.8

~1.12 是这种接点结构的例子。图 1.9 的结构, 当线圈 1 移动时, 与邻近圈接触的弹簧片 2 就沿线圈滑动。图 1.10 表示了用铜带绕成“肋骨”形的线圈 1 的结构, 弹簧接点 2 围绕线圈转动, 并沿着铜带的外侧滑动。图 1.11 所示的结构, 线圈 1 在短路套管 2 内转动, 弹簧接点装在短路套管的末端。当转动线圈时, 套管沿着线圈移动, 以改变电感。这种结构比较复杂, 但能保证较可靠的接触。

图 1.12 是用螺旋形电感线圈 1 的振荡器的结构图。用带有

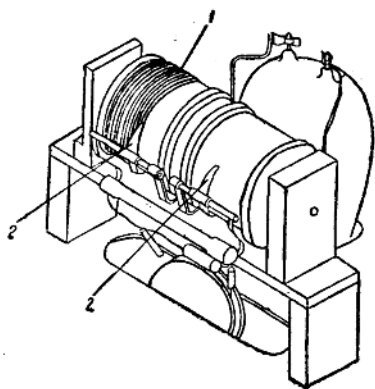


图 1.9

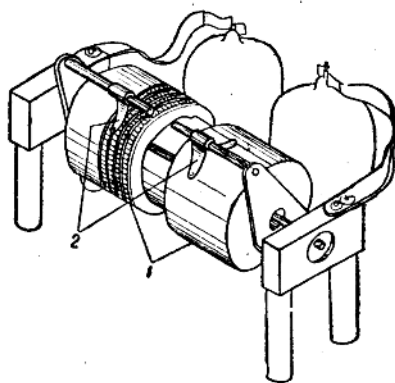


图 1.10

彈簧接点的短路平板 2 来使它沿綫圈滑动，以改变电感量。平板沿着固結在螺旋綫中心軸上的卡箍作徑向移动。

以上所研究的結構，在米波波段的长波部分使用(大約 $\lambda > 1.5$ 米)；在波段的短波部分，則采用双導綫长綫。

图 1.13 是使用长綫的振荡器的电路图。长綫可以是直的(图 1.13)，也可以弯成圓形(图 1.14)，以减小外廓。利用帶有彈簧接

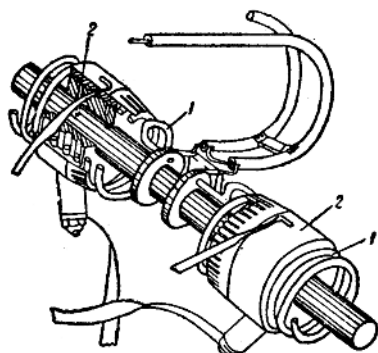


图 1.11

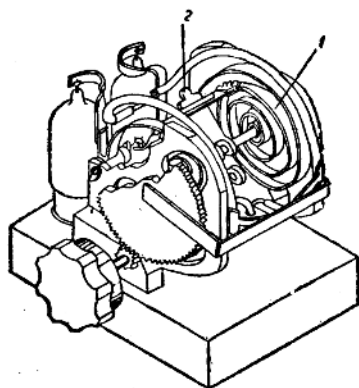


图 1.12

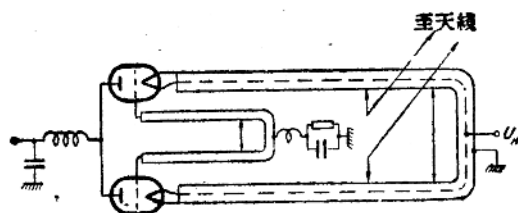


图 1.13