

無線電發送設備

(理論和計算)

苏联 Б. М. 別琴

李 昌 猷

高 錫 齡 合譯

張 世 佩

人民郵電出版社

目 录

第一版 序 言	
第二版 序 言	
第一章 緒 論	1
1-1. 苏联無綫电發射机發展簡史	1
1-2. 無綫电通信的基本原理和振幅調制	3
1-3. 發射机的分类和对發射机的主要要求	9
1-4. 电子管發生器和發射机	11
第二章 單端高頻功率放大器	14
2-1. 單端功率放大器綫路	14
2-2. 功率放大器各电路中电流和电压之間的相位关系	16
2-3. 迴路的振盪电流	18
2-4. 并聯迴路的濾波度	19
2-5. 并聯饋电放大器綫路	22
第三章 功率放大器的板極电流	25
3-1. 电子管的动态特性	25
3-2. 板流脉冲的形狀	29
3-3. 特性曲綫的直綫理想化	31
3-4. 板流各分量的分解	34
3-5. 推挽放大器	35
第四章 功率放大器的柵極电路	40
4-1. 控制柵电路中的电压的計算	40
4-2. 控制柵的对流电流	41
4-3. 控制柵电路	44
4-4. 帘柵电路和抑制柵电路	49
第五章 功率放大器中的能量关系	53
5-1. 放大器的能量指标	53
5-2. 能量指标与負載阻抗的关系	55
5-3. 波段功率放大器	57

5-4.	放大器的工作状态与电子管各电极上电压的关系	63
第六章	在最佳工作状态中的放大器的工程计算	68
6-1.	最佳板压利用系数的计算	68
6-2.	功率放大器工作状态的工程计算	69
6-3.	板极负载元件和线路零件的计算	79
第七章	发射机的输出放大器	81
7-1.	输出放大器的线路	81
7-2.	简单线路输出放大器的工作状态和计算	85
7-3.	复杂线路输出放大器的工作状态和计算	90
7-4.	具有连续波段的复杂线路输出放大器的计算	96
7-5.	输出放大器的调谐	103
7-6.	振幅调制的种类	105
7-7.	调制时的畸变	105
第八章	栅极调制输出放大器	109
8-1.	控制栅极调制输出放大器	109
8-2.	已调振荡的放大	119
8-3.	抑制栅极调制输出放大器	121
第九章	板极振幅调制输出放大器	127
9-1.	三极管板极调制	127
9-2.	板极一帘栅极调制	135
9-3.	板极调制和板极一帘栅极调制时调制器的工作	140
9-4.	自动板极调制	142
第十章	无线电报发射机的输出放大器	144
10-1.	振幅键控线路	144
10-2.	无线电报信号波形的畸变	150
第十一章	发射机中间放大器	153
11-1.	基频中间放大器	153
11-2.	缓冲放大器	159
11-3.	倍频器	162
第十二章	电子管自激发生器	167
12-1.	电子管发生器的自激振荡	167
12-2.	振荡频率	170
12-3.	三极管自激发生器线路	171
12-4.	主控发生器的计算	176
12-5.	Б.К.謝別尔线路	181
第十三章	频率的稳定	190

13-1. 对發射机頻率穩定性的要求	190
13-2. 頻率不穩定的主要原因	191
13-3. 用石英穩定頻率	195
13-4. 石英發生器	193
第十四章 克服放大器中的寄生振盪	203
14-1. 板極—柵極电容的耦合对放大器工作的影响	203
14-2. 中和	205
14-3. M. A. 蓬奇-布魯耶維奇綫路——柵極接地綫路	211
14-4. 寄生振盪及其克服方法	213
第十五章 頻率調制和相位調制	215
15-1. 頻率調制和相位調制的基本原理	215
15-2. 頻率已調振盪的頻譜	220
15-3. 頻率調制器綫路	221
15-4. 頻率鍵控	227
第十六章 脉冲工作	229
16-1. 脉冲工作的一般介紹	229
16-2. 脉冲鍵控綫路	232
16-3. 調制器內的儲能器	233
16-4. 閉合器	236
第十七章 超短波功率放大器	238
17-1. 电子管在超短波中工作的特点	238
17-2. 超短波振盪迴路	241
17-3. 米波放大器	251
17-4. 分米波放大器	255
17-5. 調速管放大器	253
17-6. 行波管	262
第十八章 超短波自激發生器	264
18-1. 米波三極管發生器	264
18-2. 分米波和厘米波三極管發生器	274
18-3. 調速管發生器	276
18-4. 磁控管發生器	279
索引	288

第一章 緒 論

1-1. 苏联無綫电發射机發展簡史

發射机的發展。采用电子管振盪器的發射机是在本世紀20年代發展起来的，从那时起开始广泛采用这种發射机，而到30年代，它就从無綫电通信系統中排挤了所有其它类型的發射机。

苏联政府在無綫电技术发展方面所規定的各項措施，为苏联电子管發射机的發展和推广奠定了基础。

为了从根本上解决这个任务，根据列宁在1918年10月2日所簽署的指令，在尼热哥罗得城（現在的高尔基城）建立了后来以列宁命名的無綫电實驗室。

尼热哥罗得實驗室是苏联第一个無綫电技术方面的科学研究機構。

尼热哥罗得實驗室的工作不仅对苏联，而且对全世界的無綫电技术的发展都有决定性的影响，它奠定了苏联無綫电工業發展的基础。

在电子管發射机的發展和推广方面的成就，在相当程度上是由 M. A. 蓬奇——布魯耶維奇在尼热哥罗得實驗室中对于大功率發射管和大功率电子管發射机的研制和生产所保証了的。

尼热哥罗得實驗室在1928年迁移至列宁格勒。

1922年，在 M. A. 蓬奇——布魯耶維奇的领导下，在莫斯科建立了以共产国际为名的、功率为12千瓦的無綫电广播电台，由于这个电台的建成，苏联当时在建造大功率电子管發射机方面达到世界第一位。

在以后几年中，無綫电發射机的建造在国内大規模开展。1924年，以波波夫为名的無綫电广播电台在莫斯科开始工作。1926年，

“科的沙鮑洛夫克地方建造了命名为“新共产国际”的40千瓦

的發射機。

在這個電台的建造過程中，積累了為建造功率更大和更完善的無線電台所必需的經驗。1929年開放的無線電台 ВДЧПС 是第一個這樣的電台。1933年建造了以共產國際為名的 500 千瓦超強力無線電台。在這座無線電台中採用了按分組制建造輸出級的新觀念。

在偉大的衛國戰爭時期建造過一個超強力無線電台，該台採用了經濟的板極調制，以乙類工作狀態的調幅器調制輸出放大器。

蘇聯學者的理論工作。在蘇聯，有關無線電發射機的理論和實驗工作是在無線電技術和無線電工業按照國家工業化計劃而蓬勃發展的時期內得到開展的。

研究無線電發射機的簡單的工程計算方法是這時期的主要理論（和實驗）問題之一。在20年代初期，電子管振盪器工作狀態的計算是用作圖法和逐步近似法進行的；外國專家大約直到30年代中期以至末期還使用這些方法。

採用這樣複雜的方法不僅在每次設計發射機時計算困難，而主要是阻礙了理論研究和總結。

為了簡化計算技術，蘇聯無線電專家選擇了另一條道路——電子管特性的直綫理想化和研製簡單的解析計算關係式。

用根據特性曲綫直綫理想化所得的解析關係式來進行計算的方法，是由 М. В. 舒列依金在 1918—1927 年期間在莫斯科工業大學（МВТУ）的講學中所建議的。

與 М. В. 舒列依金同時，А. И. 別爾格研製了，並在 1925 年首先在他的“無線電技術原理”一書中發表了特性曲綫直綫理想化和解析計算方法。在這個著作中，差不多包括了所有作為蘇聯典型計算方法的基本的關係式，特別是發生器板極電路的計算（雖然計算過程與以後採用的計算方法有所不同）。柵路的計算稍欠完整，因為其中沒有考慮到特性曲綫的初始位移。

在 1928 年，А. Л. 明茨和 И. Г. 克利亞茨金的論文“柵極調制，計算基礎”發表了，其中首次提出了與現代計算過程大致相符的

慮到特性曲綫位移的計算方法。這方法在20年代末和30年代初得到很大推廣。例如，一系列的100千瓦無線電廣播電台和以共产國際為名的500千瓦無線電台的發生器，就是用А. Л. 明茨和И. Г. 克利亞茨金的方法計算的。

1932年，А. И. 別爾格的“電子管發生器的理論和計算”一書的問世是發射機理論和計算方法發展中的一個新階段，書中包括的無線電發射機的系統教程，大部分是著者編訂的。這書中詳細地討論了未受調制的和已受调制（柵極和板極）電子管發生器的各式綫路、自激、迴路的工作等等。除數學解析以至計算公式外，書中還深入研究了發射機中的物理過程。在以後的年代中，蘇聯專家們補充并深入發展了發射機的理論和計算。自然，這些作者在研討理論和計算方法時，是以當時的電子管參數和特性為根據的。可是，近年來電真空工業的巨大成就已使現代發射機電子管的品種煥然一新。現在，高效能的敷氧化物陰極和碳化陰極的電子管（大都是集射四極管和五極管）佔據了首要地位，而舊式鎢陰極三極管的數量則大為減少。因此需要將發射電子管工作原理的物理解釋和現代發射機計算方法所取決的一些原理加以確定。第一部這樣的著作是1954年出版的、В. С. 阿格福諾夫的“發射電子管電報工作狀態的理論和計算”一書。

1-2. 無線電通信的基本原理和振幅调制

為了實現無線電通信，必需以電磁波或無線電波的形式向空間發射大量的能量。由實驗所証實了的理論研究指出，當導體（或導體系統）中有高頻交變電流激勵時，就會發生能量的輻射。這種輻射系統稱為天綫。

產生并發射無線電波，從而不用導綫便能傳輸各種電信號的

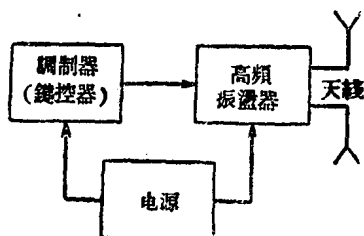


圖 1-1 發射機的方框圖

設備称为無線電發射机或無線電發射台。这种設備的方框圖示于圖 1-1。其中包括：輻射系統，或天綫；高频电流發生器和电能源，即所謂电源。此外，还有調制器或變控器，以使用無線電傳輸各种类型的信息。

發射机中發生器部分在天綫中激勵出来的高频正弦波

$$i_A = I_{AN} \sin \omega_n t, \quad (1-1)$$

其振幅、頻率或相位可借調制器的作用依照所傳遞的信息而变化。这一过程称为調制。在振幅 I_{AN} 被改变时，調制称为振幅調制(AM)；当頻率 ω_n 被改变时，称为頻率調制(FM)；而在相位 φ_n 被改变时，称为相位調制(PM)。天綫上原来未受調制的振盪(1-1)称为載波， I_{AN} 称为載波振幅， $\omega_n = 2\pi f_n$ 称为載波頻率， φ_n 称为載波(或載頻)相位。

振幅調制。我們研究一下有关振幅調制的若干問題。在圖 1-2 中繪出了当傳遞由方程

$$u_{\text{зв}} = U_{\text{зв}} \cos \Omega t$$

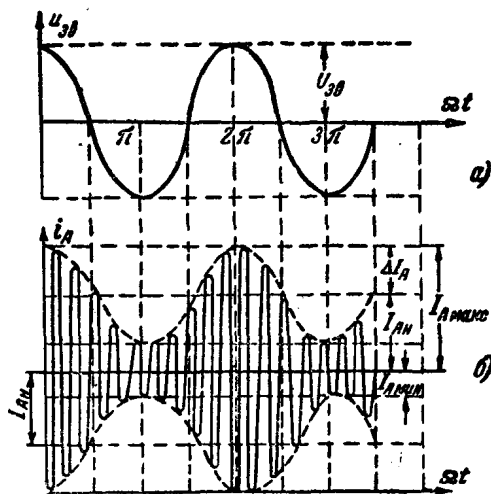


圖 1-2 振幅調制时天綫中电流的变化
a—音頻調制振盪；b—天綫中的电流。

所表示的最簡單的單音时，在天綫中的振幅已調振盪。在这个方程式中， $\Omega = 2\pi F$ 为調制振盪的頻率，称为調制頻率。

在这里說一下，用無線電傳遞音波时称为“無線電話”。

如果用符号 ΔI_{AN} 表示有調制时天綫中电流振幅的最大变化，則振幅已調振盪可用下列方程表示

$$i_A = (I_{A0} + \Delta I_{A0} \cos \Omega t) \sin(\omega_n t + \varphi_n). \quad (1-2)$$

在特殊情況下，初始相角 φ_n 可以取其等於零，同時將 I_{A0} 拿出括號，得：

$$i_A = I_{A0}(1 + m \cos \Omega t) \sin \omega_n t, \quad (1-3)$$

式中

$$m = \frac{\Delta I_{A0}}{I_{A0}} = \frac{I_{AM0\text{max}} - I_{AM0\text{min}}}{I_{AM0\text{max}} + I_{AM0\text{min}}} \quad (1-4)$$

稱為調制係數。

方程 (1-3) 可以寫成下列形式：

$$i_A = I_{A0} \sin \omega_n t + m I_{A0} \cos \Omega t \sin \omega_n t$$

由此

$$i_A = I_{A0} \sin \omega_n t + \frac{1}{2} m I_{A0} \sin(\omega_n + \Omega)t + \frac{1}{2} m I_{A0} \sin(\omega_n - \Omega)t \quad (1-5)$$

這樣一來，由於振幅按余弦（單音調的）音波規律變化的結果，在天綫中產生出由三個高頻振盪所組成的頻譜：頻率為 $\omega_n = 2\pi f_n$ 的載波和頻率分別為 $\omega_n - \Omega = 2\pi(f_n - F)$ 和 $\omega_n + \Omega = 2\pi(f_n + F)$ 的兩個邊頻。這個頻譜示於圖 1-3。

在實際中，用無線電傳遞的總是由很多單音和泛音所組成的複雜音波。在傳遞它們時，每個單音和泛音都在已調振盪的成分中產生出兩個邊頻振盪。結果在頻譜中出現了上邊頻帶和下邊頻帶，如圖 1-4 所示。

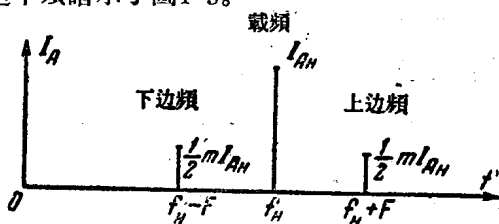


圖 1-3 用單音作振盪調制時的振盪頻譜

能容納這頻譜的頻率區間稱為發射機的頻率通道或簡稱頻道。頻道的寬度等於：

$$\Delta f_K = f_M - f_m = 2F_B, \quad (1-6)$$

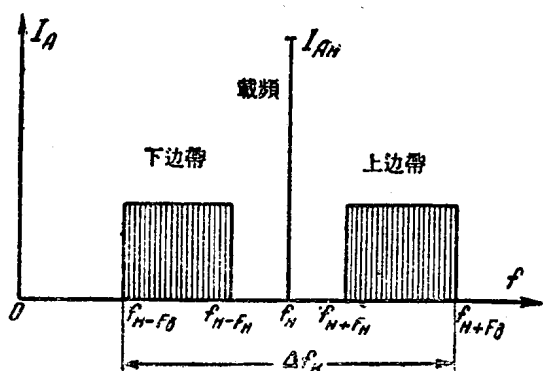


圖 1-4 当用复杂音波作振幅調制时的振盪頻譜

或以角度計：

$$\Delta\omega_k = \omega_M - \omega_m = 2\Omega_B, \quad (1-7)$$

式中 $\Omega_B = 2\pi F_B$ 为最高音頻的角頻率；

$$f_M = f_N + F_B \text{ 和 } f_m = f_N - F_B.$$

这样一来，發射机的頻道寬度等于最高調制頻率的兩倍。

为了使工作互不干扰，必需將各發射机的頻道安置在高频頻段的不同部分，使相鄰發射机載頻間的距离不小于頻道的寬度。

为了增加無線电台的数目，頻道寬度通常限制于下列範圍之內：对于工作在波長为 200—2000 米的長波無線电广播电台，頻道寬度等于 9000 赫，对于業務發射机，則为 5000—6000 赫。

無線電話是最普遍的無線电傳輸方式之一。傳輸电报信号（無線电报）是另一种方式。天綫中的載波振盪用电报信号調制称为無線电报；这一过程称为鍵控。在現代發射机中实际采用着振幅鍵控和頻率鍵控。

在振幅鍵控中，电报信息以不同長度与休止相間的信号形狀發送。發送电报可用手打电鍵，或是采用机械設備——發报机。用手發送时，最大速度約为每分鐘 20→30 字；用机械發报机發送，每分鐘可达 200 字，而光电發报机甚至每分鐘可达 1000 个字。

在人工電報中，按鍵時發出信號。這時在發射天綫中激勵起正常的等幅振盪。在啓鍵時，由於天綫中振盪停止（中斷）而信號休止。傳輸信號也可以使用減幅振盪或音調調制振盪。

A. C. 波波夫曾用火花發生器產生減幅振盪。現在在無線電報中只採用等幅振盪。音調調制振盪的電報，只在對通信可靠性要求很高的船舶和飛機發射機中與等幅振盪電報一起使用。

電報發射機的頻率通道要比無線電話的窄得多。在等幅振盪電報中頻道的寬度等於：a) 在人工發報速度每分鐘30個字時為70→80赫；б) 在快速（機械）電報速度每分鐘100字時為220→250赫；в) 在快速電報速度每分鐘1000字時為2200→2500赫。

當以音調調制電報發送信號時，通常用頻率為400→1000赫的音頻調制載波。實踐指出，由音調調制振盪所傳送的信號在於干擾條件下可靠性比較大。此外，任何的接收機都可以用來收聽它們，而等幅振盪則只有具有差拍振盪器的收信機或再生式接收機才能接收。

用音調調制電報時，發射機的頻道寬度增大為調制頻率的二倍，因而比用等幅振盪工作時的頻道寬度大好多倍。

近幾年來，印字電報和傳真電報都得到了廣泛的發展。

振盪調制時的能量關係。根據方程（1-3），在振幅調制時天綫中的振盪的振幅依下列規律變動。

$$I_A = I_{AH} (1 + m \cos \Omega t). \quad (1-8)$$

振幅的變動範圍：

$$\left. \begin{aligned} I_{Amax} &= I_{AH} (1 + m); \\ I_{Amin} &= I_{AH} (1 - m). \end{aligned} \right\} \quad (1-9)$$

振幅的變化使天綫中的振盪功率也發生變化。當沒有調制而在載波狀態時，它等於：

$$P_{AH} = \frac{1}{2} I_{AH}^2 R_A, \quad (1-10)$$

式中 R_A 為天綫在發射機處的阻抗。在調制過程中，在最大振幅時

振盪功率增大至

$$P_{\sim \Delta \max} = \frac{1}{2} I_{\Delta n}^2 (1+m)^2 R_A, \quad (1-11)$$

或

$$P_{\sim \Delta \max} = P_{\sim \Delta n} (1+m)^2.$$

在最小振幅時，天綫中的功率減小至

$$P_{\sim \Delta \min} = P_{\sim \Delta n} (1-m)^2. \quad (1-12)$$

這樣，在天綫中的振盪功率便依照音頻而變化。

當調制系數 $m=1$ 時，最大功率為載波工作狀態的 4 倍，而最小功率等於零。

與最大振幅相應、在天綫中產生最大振盪功率時的發射機短時工作狀態稱為**最大功率工作狀態**或簡稱為**最大工作狀態**。在最小振幅時的工作狀態稱為**最小工作狀態**。

在調制音頻振盪一週間，天綫中所產生的平均功率是長時間的功率。在發送最簡單的音頻振盪（單音）時，它等於載波功率和邊頻功率之和。

如果令符號

$P_{\sim \Delta cp}$ 為調制頻率一週間天綫中的平均振盪功率；

$P_{\sim 16}$ 和 $P_{\sim 26}$ 為上邊頻和下邊頻振盪功率，則

$$P_{\sim \Delta cp} = P_{\sim \Delta n} + 2P_{\sim 6} = P_{\sim \Delta n} + 2 \frac{1}{2} (0.5m I_{\Delta n})^2 R_A =$$

$$= P_{\sim \Delta n} + 0.5^2 m^2 + I_{\Delta n}^2 R_A,$$

或

$$P_{\sim \Delta cp} = P_{\sim \Delta n} (1 + 0.5m^2). \quad (1-13)$$

當發送複雜音波時，這個功率由載波功率和上邊帶與下邊帶各個振盪的功率相加而成。

這裡指出，對於無線電話發射機，其說明書中通常給指出載波工作狀態的功率，即 $P_{\sim \Delta n}$ 。

如所週知，收信機接收某一電台的响度，在振幅調制時，與調制系數的大小成比例。這就有根據認為只有與調制系數有關的邊頻功率 $2P_{\sim 6}$ 才是有用的，從而引出發送經濟系數的概念。發射機的邊帶功率與平均功率之比稱為發送經濟系數：

$$\frac{P_{\sim 6}}{P_{\sim \text{acp}}} = \frac{0.5m^2 P_{\sim \text{An}}}{P_{\sim \text{An}}(1+0.5m^2)}, \text{ 或 } \frac{P_{\sim 6}}{P_{\sim \text{acp}}} = \frac{1}{\frac{2}{m^2} + 1} \quad (1-14)$$

当調制系数等于1时，經濟系数等于0.33。这表明，在振幅調制中發射机的能源的利用是很不合理的。

1-3. 發射机的分类和对發射机的主要要求

現代發射机通常是按工作波段和用途分类的。根据發射机的波長，通常將發射机分为：

長波發射机——波長大于3000米；

中波發射机——200→3000米；

中短波發射机——50→200米；

短波發射机——10→50米；

超短波發射机(超短波波段)——短于10米。

近年来超短波波段發射机进一步分为：

米波發射机(1→10米)；

分米波發射机(10→100厘米)；

厘米波發射机(1→10厘米)。

發射机如包括几个波段，則按照寬度最大的那一个波段来分类。

視用途不同，發射机可以分为下列各类：無線电广播的，电视的，無線电定位的，固定的，陆地的，移动的等等。移动發射机又分为飞机用的，船舶用的，汽車用的，便携的等等。此外，發射机还可能按照工作种类(电报，电话等等)和功率分类。

發射机的諸主要質量指标是由对它們所提出的各項策略——技术要求所决定的。下面我們扼要地講一下它們的內容。

策略——技术要求包括电气的、結構的、維護方面的和特殊的要求以及發射机的驗收和測試方法。

电气要求为：發射机功率、波段、振盪的頻率穩定度、諧波濾除作用、漏損电流和电声学指标。

功率为最重要的指标之一。在策略——技术要求中，对电报發射机系指按键时天綫中（或饋綫中）的功率，而对电话發射机則指在載波状态时在天綫（或饋綫）中的功率。

策略——技术要求規定發射机全波段的界限，其复盖的連續性。現代發射机具有的全波段复盖系数($K = \lambda_{\text{макс}} / \lambda_{\text{мин}}$)在1.5→2至5→6範圍內。有时在波段中还設有几个固定波長。

振盪頻率的稳定度是决定用該發射机作無線电通信时的稳定性和可靠性的最重要的指标之一。頻率的不稳定加寬了發射机所佔的頻帶，減少了該波段可能安置的無線电台的数目，增加相互干扰，造成收信中的困难并降低傳輸的抗干扰性。

在策略——技术要求中还規定了由于所有不稳定因素总影响所产生的允許頻率偏移和由于在該發射机中作用最大的个别因素所产生的偏移。应当指出，現代發射机对振盪功率稳定度的要求很高，要达到这些要求是相当費力的。

电声指标中包括：最大調制系数、可允許的非直綫畸变、允許的頻率畸变和寄生調制电平。在現代移动發射机中，非直綫畸变系数不应大于10%，而在無線广播机中，則不应大于3→4%。

通常电声指标还包括对通报速度和电报信号形状的要求。

在各电气要求中指明电源电压的最大允許变动范围、脉动系数、供給电源的类型。

对于發射机結構的各项要求規定發射机的总尺寸、重量和操縱系統。其中規定允許的發射机启动和停車時間、自一个波長轉至另一个波長和自一种工作类型轉至另一种工作类型的轉換時間、發射机的連續工作時間、外界温度和压力变动范围。此外，其中还規定对密封和防潮的要求，便于檢修、和更換已用坏(旧)零件的措施等。

对信号和閉塞系統以及对操縱自动化程度的要求是很严格的。閉塞和信号应完全保証維護人員的安全和防止發射机由于不正确的运用而損坏。現代的固定發射机对信号和閉塞的要求特別高。

發射机的驗收和測試方法規定出一个測試表格，其各項測試可

確定發射機諸指標是否與策略——技術要求給定的指標相符。其中有時不僅指明測試方法，還指明所採用的測試儀器。

1-4. 電子管發生器和發射機

在所有無線電發送技術使用的發生器中，只有電子管發生器可以在整個高頻波段得到交變電流，同時可用相當簡單的方法在一定範圍內從一個頻率轉移至另一個頻率。電子管發生器可以在比較高的效率下得到從百分之幾瓦至數千千瓦的功率。使用電子管的發射機可以實現現代所有類型的通信，從最簡單的無線電報起一直到電視和無線電定位。

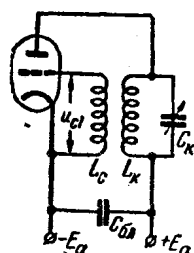


圖 1-5 自激電子管發生器線路

電子管發生器線路之一示於圖 1-5。

在這個線路中，振盪迴路 $L_k C_k$ 接在板極電路中，它由從電子管來的電能添注能量。能量的進入由電子管柵極上的交變電壓來控制，這電壓系取自與振盪迴路電感相耦合的柵路電感線圈 L_c 。柵極電路與接在板極電路中的振盪迴路 $L_k C_k$ 之間的耦合稱為反饋。在圖 1-5 中使用的是變壓器反饋，但也可以採用自耦變壓器或電容器反饋。

在上述發生器線路中，當條件選擇得正確時，雖沒有外加電勢也會自動發生振盪，因此這種發生器稱為“自動發生器”或“自激發生器”。

最早電子管發射機線路由自激電子管發生器組成，它與天線耦合並裝備有調幅器和鍵控器以實現不同形式的通信。

按照這種線路建造的有前述 1922 年建成的名為共產國際電台的發射機，以 A.C. 波波夫命名的電台和一系列 МД 型發射機 (МД-100, МД-200 等)，這些發射機在 20 年代後半期和 30 年代初期在蘇聯被廣泛採用過。

圖 1-6 所示為 МД 型發射機的簡化線路。在這線路中 $\mathcal{A}_r$ 是自激發生器電子管， $L_k C_k$ 是它的振盪迴路。反饋是用自耦變壓器完成

的。振盪迴路借助于 L_{ca} 与天綫耦合，天綫用可变电感 L_K 調諧； Π_M 是調幅电子管； K 是电报电鍵。采用的調制是板極振幅調制。

随着無線电台網的扩展，对發射机提出了一些新的更高的要求，特别是要求振盪頻率要有很高的稳定度，要滿足这些要求已不是簡單电子管發射机所能胜任。

根据圖 1-6 綫路圖所做成發射机，其稳定度甚低。原因是振盪的产生和將振盪引导至天綫是結合在一級之中。因此，不断遭受很多外界因素作用的天綫对振盪迴路的参数發生影响，以致振盪頻率不稳

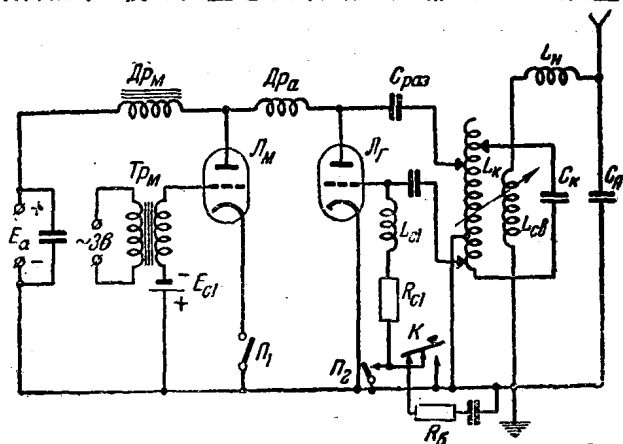


圖 1-6 MΠ 型發射机簡化原理圖

定。此外，要使大功率級有高的頻率稳定度会遇到很多困难，这些困难是由于电子管和零件的高温状态以及在調制或鍵控时电气工作状态的变化对振盪頻率的影响等原因所引起的。因此，在后来制造的电子管發射机中，振盪的产生和將振盪引至天綫分由不同各級来完成；这样就出現了多級的發射机。大功率發射机的級数随着对發送質量要求的提高而增加。在1926年建造的以共产国际（新共产国际）为名的电台的發射机具有二級。在1929年建造的以苏联总工会为名的發射机已具有六級。为了提高頻率恆定性，在这發射机中采用了晶体稳定。多級制的原則还保存在所有現代發射机中。在多級發射机中，自激發生器被称为主控發生器。为了得到頻率稳定

的振盪，主控發生器的功率通常不超过 $5 \rightarrow 10$ 瓦。

在發射機輸出端所規定的振盪功率是由發生器后面的幾級放大來完成的，后面的這幾級稱為高頻功率放大器或他激發生器。

發射機中與天綫耦合的放大器稱為輸出或末級放大器，而其餘的放大器稱為中間或前置放大器。

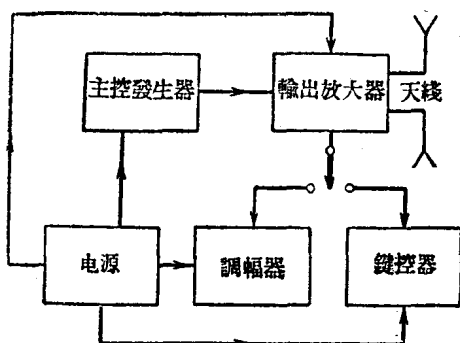


圖 1-7 PK-0.05 型二級發射機的方框圖

只有功率不超过数瓦的最簡單的大眾無線電通信用的电子管發射機有時才按特別的單級綫路做成。這綫路是B. K. 謝別爾在1930—1931年研制成功的。但即使這個綫路，在工作原理上也是等效于具有主控發生器和輸出放大器的發射機綫路。

在功率超过 10 瓦的發射機中，通常採用的級數不少於二級，其中一級作為主控發生器。在圖 1-7 中繪出了這種典型的 PK-0.05 發射機的方框圖。這發射機在天綫中的功率為 50 瓦，它由主控發生器、輸出放大器、調幅器、鍵控器、電源供給和天綫組成。

功率大于 100 瓦的發射機，其綫路通常不少於三級。

在短波尤其是超短波發射機中，採用了這樣一些中間放大器，這些放大器在放大過程中將振盪頻率增大到整數倍（通常是 2—3 倍）；這些中間放大器稱為倍頻器（二倍頻器或三倍頻器）。中間放大器和倍頻器的採用大大提高了發射機的工作質量，但同時也使其的綫路和操縱大大複雜化了。

現代大功率無線電廣播發射機和無線電通信干綫發射機特別複雜。它們的級數常達七、八級。關於建造大功率發射機的理論，在現時已成為獨立的部門，故不在本書中討論。

這樣，高頻电子管功率放大器是每一個現代發射機的主要部