

高等学校教学用书

無線电發訊設備

下 册

С. И. 耶夫洽諾夫著

高等教育出版社

高等学校教学用书



無線電發訊設備

下 冊

С. И. 耶夫洽諾夫著
华南工学院電訊系集体翻譯

高等教育出版社

本書系根据苏联国立電訊書籍出版社 (Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио) 出版的耶夫洽諾夫 (С. И. Евтянов) 著“無線電發訊設備” (Радиопередаточные устройства) 1950 年版譯出。原書經苏联高等教育部審定為動力高等學校和電工高等學校教科書。

本書中譯本分上下二冊出版。下冊包括第十四至第二十三章。第十四及十五兩章敘述中和及寄生振盪的問題。第十六至二十一章的內容為各種調制方法的討論，包括調幅、調頻、調相、脈沖調制、電報工作、單旁帶發送、脈沖調制發送機的工作等等。最後二章敘述速調管及磁控管的原理及其應用。

本書下冊由華南工學院電訊系集體譯出。

無線電發訊設備

下 冊

С. И. 耶夫洽諾夫著

華南工學院電訊系集體翻譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第054號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店發行

統一書號 15010·104, 開本 850×1168 1/32 印張 8 1/16

字數 273,000 印數 7,501—9,500 定價 (4) 羊 0.95

1956年10月第1版 1960年3月上海第4次印刷

下 册 目 錄

第十四章 中和.....	357
14-1. 緒論.....	357
14-2. 直通及反作用的計算.....	358
14-3. 柵極中和.....	360
14-4. 板極中和.....	363
14-5. 推挽电路的中和.....	367
14-6. 中和电路的調諧.....	369
14-7. 計算引線电感.....	370
14-8. 複雜桥路的中和.....	374
14-9. 旁奇—貝魯也維奇柵極接地的电路.....	376
14-10. 用靜电屏蔽來減少跨越电容.....	378
第十五章 寄生振盪.....	382
15-1. 寄生振盪的类型及其防止的方法.....	382
15-2. 寄生振盪电路.....	384
15-3. 寄生振盪的实用檢查方法.....	387
第十六章 調幅.....	390
16-1. 基本概念.....	390
16-2. 柵偏調制.....	398
16-3. 已調振盪的放大.....	407
16-4. 柵極調制时旁頻的通过.....	418
16-5. 板極調制.....	424
16-6. 板極調制时旁頻的通过.....	445
16-7. 四極管發生器和五極管發生器的調制.....	449
16-8. 發送机中負反饋的应用.....	452
第十七章 單旁帶發送.....	455
17-1. 一般的知識.....	455
17-2. 平衡調制器.....	459
17-3. 單旁帶發送机的骨干線路.....	463
第十八章 調頻.....	467
18-1. 關於調頻的一般知識.....	467

18-2. 已調頻振盪和已調相振盪的性質	46
18-3. 頻率調制器	47
18-4. 調頻時平均頻率的穩定	48
18-5. 相位調制器	48
第十九章 電報工作	490
19-1. 電報工作的類別	490
19-2. 在電報工作時訊號的波譜	491
19-3. 電報訊號的畸變	493
19-4. 振幅操縱電路	494
19-5. 頻率操縱電路	499
19-6. 多路無線電報	501
第二十章 脈沖調制	504
20-1. 緒論	504
20-2. 脈沖調制的形式	505
20-3. 脈沖調制的電路	507
第二十一章 短促脈沖發送機的工作情況	512
21-1. 發生器的脈沖工作狀態	512
21-2. 關於脈沖調制器線路的一般知識	517
21-3. 硬性管調制器	526
21-4. 用傳輸線形成矩形脈沖	535
21-5. 形成矩形脈沖的傳輸線的等效電路	538
21-6. 從自由振盪的研究來計算具有串聯迴路的等效二端網絡的參數	545
21-7. 具有離子換向器的調制器中蓄能器的充電方法	548
21-8. 離子換向器	553
21-9. 具有電感蓄能器的脈沖調制器	556
第二十二章 速調管	559
22-1. 速調管的工作原理	559
22-2. 速調管的理論	560
22-3. 反射式速調管	565
第二十三章 磁控管	573
23-1. 電子在電場及磁場中運動規律的簡單介紹	573
23-2. 磁控管中的振盪類型	577
23-3. 多諧振器式磁控管的工作原理及其裝置	581
23-4. 磁控管的特性曲線	599

第十四章 中和

14-1. 緒論

板極柵極間的跨越電容對外激三極管發生器的工作發生有害的作用。這個電容的出現是直通、反作用和自激勵等等不良現象的起因。

高頻電流的能量，在後級的板流截止的情況下，由前一級板極電路滲透到後一級的板極電路的現象稱為直通。直通電流經由板柵二極間的電容而在板路迴路內發生電壓。跨越電容的阻抗愈小及板路內負載阻抗愈大則表現的直通現象愈明顯。因此，波長愈短則它顯示得愈強烈。直通現象所造成的危害就在於當板流截止時迴路內的電流不能完全截止。當電報發送機以振幅操縱時，天線內的電流應具有脈沖的形式，這些脈沖以停歇的間隔分開。直通現象不容許在停歇的時間內得到電流不存在的可能。直通現象在調幅時也是要不得的，因為它不容許得到高至100%的調制深度。

所謂反作用是指某級的板路，通過跨越電容對前一級的板路所產生的影響。

這個影響，可以借助於依從於放大級工作狀態的一些等效輸入阻抗以代替實在的電子管來計算。這樣，即算不計後一級的柵流，但後一級的反作用仍然是前一級負載不穩定的原因。波長愈短這個現象就表現得愈明顯。

依靠外激放大級里的跨越電容，可以發生具有陰極接地的雙迴路自激振盪器電路的自激振盪。發生振盪的頻率，是接近於柵極及板極電路內各個迴路的自振頻率。

由上述可知在發送機電路里，必須採取一些措施，以消除由板柵兩極間電容所造成的有害現象。

歷史上第一個消除這些現象的方法，就是對跨越電容的有害作用進行中和的原理。中和的概念，在於板柵兩極間電容的作用被第二個電路的作用所抵消，這第二個電路是故意被引入到原線路內，其作用與跨越電容相同但相位則相反。

中和電路有好幾種。但每一種電路都有一些缺點，它們不可能完全消除跨越電容所引起的一切有害現象。特別是在短波波段內，很難得到穩定的中和工作電路。在米波波段及其附近的短波的部分波段內，電子管的引線電感及安裝導線的電感在調整中和電路的時候引起很多的困難。複雜的中和電路（其中已計及寄生電感作用）在蘇聯曾由B. B. 塔塔利諾夫及T. A. 捷特梁克研究過。

第二種擺脫跨越電容有害作用的方法，在於按照靜電屏蔽的原理來硬性地減少它的有害作用。這個原理在四極管及五極管的發生器內已經應用上了。這個方法是最簡單和最完善

的方法,因而只要有可能,我們就用具有帘柵極的电子管來代替三極管發生器。

但是,不管是四極管還是五極管都還不能保證供應好幾千瓦以上的功率,因此,雖然已有帘柵电子管問世,但三極管發生器在發送機的功率級內仍保持了它自己的地位,這時候通常都是按照推挽線路連接的。

第三種防止跨越電容作用的方法就是採用蘇聯著名無線電專家 M. A. 旁奇-貝魯也維奇在 1929 年所發明的新線路。這個線路是一個具有柵極接地的他激發生器。在柵極接地的電路內,激勵電壓引入到柵極與陰極之間,而負載則接在板極與柵極之間。陰極-板極的電容成為這個電路的跨越電容。跨越電容的數值可依靠控制柵極的靜電屏蔽作用來減少。為此,柵極必須繞得相當密才行。柵極接地電路的缺點在於它有較小的輸入阻抗。這是因為在此電路中,上一級的負載不是發生於柵流而是發生於電子放射的電流。雖然柵極接地電路有上述的缺點,但在今天,這種電路在短波及米波波段內已獲得廣泛的應用,以致,陰極接地的電路就逐漸退到次要的地位。

最後我們要指出,當一級工作於倍頻狀態時,同樣可以達到消除跨越電容有害作用的目的。其所以如此,是因為柵極迴路與板極迴路是十分解諧的。因此直通作用大大地被減弱,而反作用也就不再存在。自激勵很少會來自很解諧的迴路。但是倍頻作為防止跨越電容影響的方法不可能應用到輸出級,因為有用功率與效率都會有很大的損失。

在蘇聯的技術文獻中,曾登載過研研中和問題的許多論文。這些論文的著作者,是 M. A. 旁奇-貝魯也維奇, M. C. 涅依曼, Г. А. 捷特梁克, И. X. 涅夫亞日斯基和 С. А. 祖斯曼諾夫斯基等。

14-2. 直通及反作用的計算

我們研究一下圖 14-1a 的線路以作直通的計算。在這個線路上,為簡化起見以具有零內阻的發生器表示外激電源。板流假定是截止的。

我們得出直通電壓的表示式如下:

$$U = U_c \frac{Z}{Z + \frac{1}{i\omega C_{ac}}} = U_c \frac{i\omega C_{ac} Z}{\frac{1}{Z} + i\omega C_{ac}}.$$

由 Z 與其並聯的跨越電容 C_{ac} 組成的迴路的等效阻抗等於:

$$Z_{ac} = \frac{1}{\frac{1}{Z} + i\omega C_{ac}}.$$

代入以後,得到直通電壓的表示式:

$$U = i\omega C_{ac} Z_{ac} U_c \quad (14-2-1)$$

由式可知,當我們考慮到寄生電容 C_{ac} 而將板路調諧於諧振時,我們就得到最大的直通電壓。這樣,最大直通電壓的振幅等於:

$$U_{np} = \omega C_{ac} R_{\alpha} U_c. \quad (14-2-2)$$

此公式指出, 直通电压随工作频率及板路的负载阻抗的增高而增大。

讓我們研究一下圖 14-16 的線路以計算反作用。此線路與前一線路不同之處僅在於板路內的电压不是由直通电流而是由板流的基波所產生。柵極上的外激电源及板路內所發生的电压, 用二个內阻等於零的發生器來代表。对發生器 U_a 來說, 關於內阻等於零的假定是不關重要的, 因为在以后的推論中总是假定 U_a 為給定的。至於發生器 U_c , 則其中沒有內阻的假定令在計算反作用电流時給出一些誤差。不过这个誤差是不大的, 而且也是不重要的, 因为反作用的計算只用來对各种电路的工作在性質上作一个估計而已。

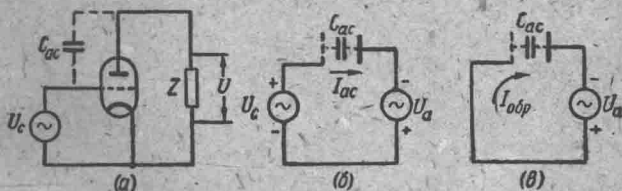


圖 14-1

由圖 14-16 的線路可見, 有电流 I_{ac} 流經激励电压的电源。此电流由两个电源 U_c 及 U_a 所維持。根据疊加定理, I_{ac} 是由两个分量合成的。只要假設其中一个电源的电压等於零, 那么, 由其他一个电源所產生的电流分量就可确定出來。只有由电压 U_a 所產生的那一个分量才是反作用电流。因此, 为了求定反作用电流, 我們由圖 14-16 的線路轉到圖 14-16 的線路上來, 在这个線路中电源 U_c 以短路代替了。

根据圖 14-16 的線路我們得到反作用电流的表示式:

$$I_{0sp} = i\omega C_{ac} U_a.$$

反作用电流对柵極电压电源 U_c 的影响可以表为某一輸入導納, 此導納決定於表示式:

$$Y_{0sp} = \frac{I_{0sp}}{U_c} = i\omega C_{ac} \frac{U_a}{U_c}. \quad (14-2-3)$$

圖 14-2 示出板路內負載解諧時的矢量圖(板極反作用未予考慮, 所以矢量 U_c 及 I_{a1} 重合)。从圖得知, U_a 及 U_c 的相位差等於板路負載的相角 φ_a 。因此在一般情形下比值 $\frac{U_a}{U_c}$ 是复数量, 它可以表示成实数部分及虛数部分之和:

$$\frac{U_a}{U_c} = \frac{U_a}{U_c} e^{i\varphi_a} = \frac{U_a}{U_c} \cos \varphi_a + i \frac{U_a}{U_c} \sin \varphi_a.$$

將此式代入(14-2-3)以后, 得出輸入導納的表示式:

$$Y_{0sp} = i\omega C_{ac} \frac{U_a}{U_c} \cos \varphi_a - \omega C_{ac} \frac{U_a}{U_c} \sin \varphi_a. \quad (14-2-4)$$



圖 14-2

由此公式可知，輸入導納是由兩個分量所組成：一個分量是電導，另一個分量是電納。當板路工作狀態改變時，這二個分量均隨之而改變。特別是由公式(14-2-4)可知，當 $\varphi_a > 0$ 時，輸入導納的電導分量是負的，而當 $\varphi_a < 0$ 時則是正的。這個結果的物理意義是：在圖 14-16 上的兩個發生器之間發生依據於它們相位關係的能量交換。若 $\varphi_a > 0$ ，則由於反作用，能量流到柵極電路之內，結果是減輕前一級板路的負載。若 $\varphi_a < 0$ ，則前一級板路內的功率依靠反作用電流流到後一級的板路之內，這時前一級的負載增加。

當板路迴路的電容變動時，板流及柵流端點的分開①可由反作用來解釋。通常，端點分開的現象可作為反作用甚大而必須中和的標誌。

當板路調諧至諧振時， $\varphi_a = 0$ ，反作用將使輸入導納成為電容性。輸入電容的數值為：

$$C_{ex} = C_{ac} \frac{U_a}{U_c} \quad (14-2-5)$$

由此公式可見，放大級工作狀態的任何改變牽涉到 $\frac{U_a}{U_c}$ 數量的改變時，就會造成前一級板路的解諧，因為前一級板路是以輸入電容為負載的。

14-3. 柵極中和

首先讓我們來研究一下圖 14-3 所示線路中柵極中和的原理。為了抵消發生器 U_1 通過

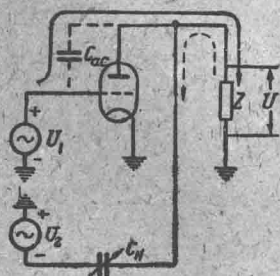


圖 14-3

跨越電容 C_{ac} 所發生的直通電流，在電路中接入一個具有電壓 U_2 的第二個發生器。這個發生器和第一個一樣，通過中和電容 C_n 產生其本身的直通電流。在最簡單的情況下，若取中和電容等於直通電容，又如兩電壓的振幅相等但其相位相反，則第一個直通電流將被第二個所抵消。

在一般情況下計算這個線路時，可以利用疊加定理。我們按照已知的公式先計算當 $U_2 = 0$ 時由 U_1 引起的直通電壓，然後反過來計算當 $U_1 = 0$ 時由 U_2 所引起的

直通電壓，將這兩個結果相加即得合成的直通電壓。

根據公式(14-2-1)，第一個與第二個發生器的直通電壓分別為：

$$\left. \begin{aligned} U' &= i\omega C_{ac} Z_{\omega} U_1 \\ U'' &= -i\omega C_n Z_{\omega} U_2 \end{aligned} \right\} \quad (14-3-1)$$

當兩個發生器同時作用時，合成的直通電壓為：

$$U = U' + U'' = i\omega (U_1 C_{ac} - U_2 C_n) Z_{\omega} \quad (14-3-2)$$

中和的條件，即 $U = 0$ 的條件，就是：

$$U_1 C_{ac} - U_2 C_n = 0$$

① 譯者註——端點的分開系指板流或柵流的最大值或最小值不同時出現。

或

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_{ac}}{C_H} \quad (14-3-3)$$

容易看出, 这个等式僅在兩电压对地的相位恰恰相反的情形下才能得到滿足。此时, 它們的振幅应当与电容成反比。

其次, 我們还可以看出, 並不是总能夠得到恰恰相反的相位的。設电压的振幅選擇得当, 但其相位差与正确值有一个小相角 φ 的区别, 讓我們來求出这时候直通电压的数值。

既然我們已經選擇圖 14-3 中兩個电压的正方向是相反的, 所以我們應該令 U_1 及 U_2 的相位差等於 φ :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_{ac}}{C_H} e^{i\varphi} = \frac{C_{ac}}{C_H} (1 + i\varphi) \quad (14-3-4)$$

將(14-3-4)代入(14-3-2)並作簡單的变换后, 得出:

$$U = U_1 \omega C_{ac} Z_{\omega} \varphi \quad (14-3-5)$$

將此式与(14-3-1)相比較即可得出, 当略微破坏反相性时, 合成的直通电压減低了, 等於原來的直通电压乘以 φ 。

根据表示式(14-2-5), 在圖 14-3 的線路內, 当板路調諧到諧振时, 反作用使得發生器 U_1 工作於电容 C'_{ex} :

$$C'_{ex} = C_{ac} \frac{U_a}{U_1} \quad (14-3-6)$$

而發生器 U_2 則工作於电容 C''_{ex} :

$$C''_{ex} = -C_H \frac{U_a}{U_2} \quad (14-3-7)$$

在此公式內电容量是負号, 这表明發生器 U_2 的輸入阻抗是感性的。

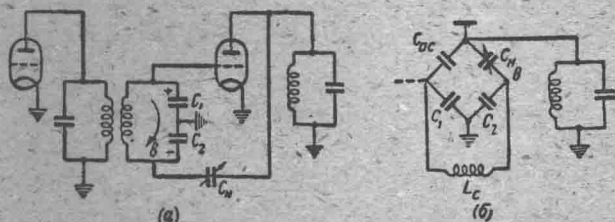


圖 14-4

圖 14-4a 示出柵極中和線路之一。对照圖 14-3 的原則性線路, 可見在这里的电压 U_1 与 U_2 是取自柵極迴路內的电容 C_1 及 C_2 。这些电容被迴路电流所通过。因此它們对地的电压是反相的。

中和線路很容易用电桥的形式來表示, 如圖 14-46 所示。与前一級迴路耦合的線圈 L_c 接入桥的一根對角線, 另外一根對角線則接入中和級的板極迴路。

当滿足桥的平衡条件

$$C_1 C_H = C_2 C_{ac} \quad (14-3-8)$$

时, 直通將不存在。

但如板流截止而柵流不截止时, 直通仍可發生。柵路的輸入阻抗 R_{ex} 是与电容 C_1 並联的。因为 R_{ex} 的分路关系, 电容 C_1 及 C_2 上电压的反相性將被破坏。相差的角度可以由下列表示式求出:

$$\varphi = \frac{1}{\omega C_1 R_{ex}}。$$

由圖 14-46 的桥形線路可見, 对前一級板路上的反作用是不存在了, 因为和它耦合的線圈 L_c 是落在桥的對角線內。但对电容 C_1 及 C_2 仍有反作用。同时由於反作用的原故, 應該認為 C_1 是与电容 C'_{ex} (14-3-6) 並联的, 而 C_2 則与 C'_{ex} 並联 (14-3-7)。結果, 电桥兩臂上的电压就重新分配。 C_1 上的电压減少, 而 C_2 上的电压則增加以同量, 因为對角線內的电压是不改变的。

考慮到反作用, 得出 C_1 及 C_2 上的电压如下:

$$U'_1 = U_1 - U_a \frac{C_{ac}}{C_1}; \quad U'_2 = U_2 + U_a \frac{C_{ac}}{C_1}。$$

上式指出, 由於反作用的緣故, 若 C_1 較 C_{ac} 愈小, 則柵極上电压的減少將愈大。这个現象在短波上表現得更明顯, 这时候电容 C_1 及 C_2 可能是很小的。为了要得到考慮到反作用时在柵極上所要求的电压, 必須大大地增加和前一級的耦合。其結果是: 当無反作用时, 在板流截止的情況下, 在电容 C_1 及 C_2 上得到很大的电压。由於这个理由, 我們不推荐在短波上採用柵極中和电路。

借助於圖 14-46 的桥形線路, 就可以容易地求得接入在板極迴路及柵極迴路內的中和电路的电容。因为桥是平衡的, 所以当我們求这些电容时就可以假定其中一个對角線是短路或者断路。

加入到柵極迴路內的电容, 是由与 C_1 並联的 C_{ac} 及与 C_2 並联的 C_H 所組成, 加入到板極迴路內的电容決定於表示式:

$$C_{ena} = \frac{C_{ac}}{1 + \frac{C_{ac}}{C_1}} + \frac{C_H}{1 + \frac{C_H}{C_2}} = \frac{C_{ac} + C_H}{1 + \frac{C_{ac}}{C_1}}。$$

圖 14-5a 表出柵極中和線路的另一种型式。此处柵極电压及中和的电压分別取自連接於前一級迴路各支路內的电容 C_1 及 C_2 。

由於迴路的損耗, 在其二支路內的电流相位移动了小於 π 的角度。因此, 由这些电流在 C_1 及 C_2 上所造成的电压不能得到对地恰巧相反的相位。由於这个理由, 在此線路內原則上

也不可能完全消滅直通。

為着求定電壓 U_1 及 U_2 的相角差，我們來研究一下圖 14-5b 所示各支路內的電流、迴路上的電壓 U_a 以及電容 C_1 和 C_2 上電壓的矢量圖。為了使計算簡化起見，矢量圖是在迴路的電阻只集中在電感支路的假定下作成的。但如假設損耗電阻是以任意的方式分配於兩個支路之間，則最後的結果仍是會不變的。

由於開始時我們已經選擇圖 14-5a 中電壓 U_1 及 U_2 的正向是相反的，故在 14-5b 的矢量圖中，這些電壓的矢量僅僅移動一個小角度 φ 。這個角度 φ 的大小決定於支路的電阻 r 和電抗 x_a 的比例：

$$\varphi = \frac{r}{x_a} = \frac{1}{pQ}.$$

此處 p 為迴路的接入係數。

Q 為其品質度。

這個表示式指明，採用此種中和線路有使直通電壓減少到 pQ 分之一的可能。

在所研究的線路內，反作用引起電容 C_1 及 C_2 的表觀變化。結果不僅電容 C_1 及 C_2 上的電壓被重新分配，而且在前一級的板路內也同樣發生負載阻抗的表觀變化。

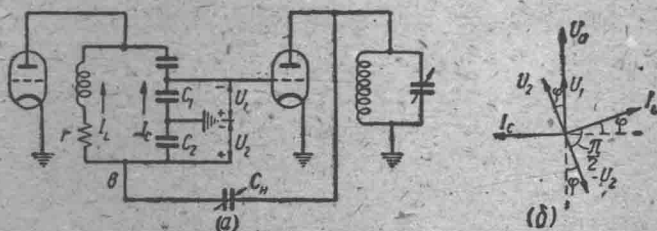


圖 14-5

按照圖 14-5a 的線路類型，可能作成自耦變壓器耦合的線路。這個線路的質量更低。特別是在這個線路內可能發生自激。這個路標不在這裡詳細討論。

14-4. 板極中和

在下面我們來研究一下圖 14-6 上板極中和線路之所以能抵消反作用的原理。這個圖相當於以上用以研究柵極中和線路的圖 14-3。差別只是在於那里所講的是直通電流，而這裡所講的則是反作用電流。

從對圖 14-6 的研究可知，由電壓 $U_a = U_1$ 通過電容 C_{ac} 在外界發生器 U_c (虛線所示) 的電路內所激勵的反作用電流 I_{ac} 可能被另外一支電流 I_n 所抵消。由電壓 U_2 所產生的這

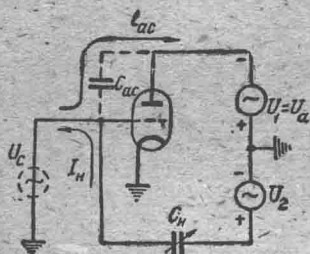


圖 14-6

个电流必須通过中和电容 C_N 。为使电流 I_{ac} 及 I_N 的方向相反,电压 U_1 及 U_2 对地來說应当是反相。

通过电容 C_N 的选择可以获得相等的电流幅度。在最簡單的情况下,当 $U_1 = U_2$ 时,抵消的条件为电容 $C_{ac} = C_N$ 。

對於一般情形的計算,我們作出电流 I_{ac} 及 I_N 的表示式:

$$\begin{cases} I_{ac} = i\omega C_{ac} U_a \\ I_N = i\omega C_N U_2 \end{cases} \quad (14-4-1)$$

反作用电流決定於这些电流之差:

$$I_{osP} = I_{ac} - I_N = i\omega (U_a C_{ac} - U_2 C_N). \quad (14-4-2)$$

$I_{osP} = 0$ 的条件为:

$$\frac{U_2}{U_a} = \frac{C_{ac}}{C_N}. \quad (14-4-3)$$

由於电压的反相性在推演公式时已被考虑,故从这个条件得出,电压 U_2 及 U_a 的相位应当相同。当分析具体的線路时,我們發現並不能完全保証达成这个条件:通常相位是相差一个小角度 φ 。闡明在这个情况下由於反作用电流而引起怎样的輸入導納是饒有兴趣的。为此,我們假定:

$$\frac{U_2}{U_a} = \frac{C_{ac}}{C_N} e^{i\varphi} = \frac{C_{ac}}{C_N} (1 + i\varphi). \quad (14-4-4)$$

將上式代入(14-4-2)並作簡單的計算后,我們得到:

$$I_{osP} = \varphi \omega C_{ac} U_a. \quad (14-4-5)$$

由此我們求出輸入導納的表示式:

$$Y_{osP} = \varphi \omega C_{ac} \frac{U_a}{U_c}. \quad (14-4-6)$$

从所獲公式可知,当調諧板路的負載使电压的比例 $\frac{U_a}{U_c}$ 等於实量时,輸入導納是純阻性的。讓我們回憶一下,当未中和时,根据(14-2-3)得出这導納是容性的,中和时的輸入導納按绝对值而言較之沒有中和时要小,其值为后者的 φ 分之一。輸入導納的符号決定於 φ 的符号。如果 U_2 的相位超前於 U_a 的相位,則輸入电納是正的,在相反的情形下則是負的。这个現象的物理解釋已如上述。当板路解諧时,在輸入導納內,除了电導之外还出現电納分量。

中和線路構成的原理,归結於在板路內对地反相的电压是在接入於迴路各支路的电容上或电感上得到的。据此,可能有兩個变形的板極中和線路:具有板極电容耦合的板極中和線路或具有电感耦合的板極中和線路。

圖 14-7a 示出具有电容耦合的第一个变形。在同一圖上也示出板極中和線路所化成的

电桥的線路。电桥平衡的条件归结如下式：

$$C_{ac}C_2 = C_nC_1。 \quad (14-4-7)$$

讓我們从直通問題开始来作線路分析。由电桥線路可知，当平衡时迴路电感上的电压是不存在的。若負載是用变量器耦合到迴路的电感，則直通不应当滲入負載。但是迴路的电容 C_1 及 C_2 是連接於桥的二臂，在它們上面有直通电压存在，因此，若用电容或者按照自耦变量器的線路來耦合負載，則直通會發生。注意，在板極中和电路內關於直通的問題与在推挽电路內關於通过偶次諧波問題完全相同。

电容 C_1 及 C_2 上的直通电压是容易求得的。为此，应当充分注意到电感可以从線路中除去，因为不会有电流通过它的。

C_1 上直通电压的振幅将是：

$$U_{np} = \frac{C_{ac}}{C_{ac} + C_1} U_c。 \quad (14-4-8)$$

当無中和时，直通決定於公式：

$$U_{np} = \omega C_{ac} R_{\alpha} U_c。 \quad (14-2-2)$$

为了确定由於採用中和線路时会得到那些收穫，我們寫出 R_{α} 的表示式：

$$R_{\alpha} = \frac{x_a^2}{r} = x_a p Q = \frac{p Q}{\omega (C_1 + C_{ac})}。 \quad (14-4-9)$$

这个公式已經考慮到还有一个电容 C_{ac} 系与板極耦合电容 C_1 並联的。为着証实这点，跨一条桥的水平对角線就足够了。

將(14-4-9)代入(14-2-2)以后並和(14-4-8)比較，可見当中和时，在 C_1 及 C_2 的直通电压將減少到 pQ 分之一。

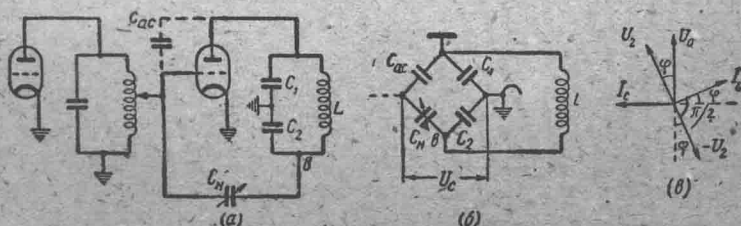


圖 14-7

關於此線路內反作用的問題，可以很容易地从圖 14-7 c 的矢量圖來理解。按構造原理而言，此圖与圖 14-5 b 相似。

決定輸入導納的相位差可从我們已熟知的表示式得出：

$$\varphi = \frac{r}{x_a} = \frac{1}{pQ}。 \quad (14-4-10)$$

若以从(14-4-9)求出的 pQ 值代入这个公式,再將所得結果代入(14-4-6)內,則可得出輸入阻抗的表示式如下:

$$R_{0\sigma p} = \frac{C_{ac} + C_1}{C_{ac}} \cdot \frac{U_c}{U_a} R_{\sigma} \quad (14-4-11)$$

由此可進一步求出由於反作用而冲到板路內的功率:

$$P_{0\sigma p} = \frac{U_c^2}{2R_{0\sigma p}} \quad (14-4-12)$$

將这个功率和板路內的有用功率 $P_1 = \frac{U_a^2}{2R_{\sigma}}$ 相比較即可得出公式

$$P_{0\sigma p} = P_1 \frac{C_{ac}}{C_{ac} + C_1} \cdot \frac{U_c}{U_a} \quad (14-4-13)$$

这个公式指出,由於反作用的原故,在前一級的板路內所損耗的功率佔有用功率多大的一部分。

这个功率是相当大的,必須予以注意。將它和由於柵流所損耗的功率來比較:

$$P_{c1} = P_1 \frac{I_{c1}}{I_{a1}} \cdot \frac{U_c}{U_a} \quad (14-4-14)$$

在臨界工作狀態內通常 $\frac{I_{c1}}{I_{a1}} \approx 0.15$ 。在短波上, $\frac{C_{ac}}{C_{ac} + C_1}$ 可能大於这个数值。因此,反作用的功率可能大大地超过柵流的損耗功率。

虽然在板極中和电路內,由於反作用的原故,需要增加前一級的功率,但在此处並不需要增加柵極上的电压,如同在柵極中和电路內必須做的一样。这就是板極中和电路比柵極中和电路优越的地方。

我們來研究一下由中和線路引入到柵極或板極电路內的电容。根据圖 14-7 6 的線路,引入柵極电路內的电容決定於表示式:

$$C_{\sigma H} = \frac{C_{ac}}{1 + \frac{C_{ac}}{C_1}} + \frac{C_H}{1 + \frac{C_H}{C_2}} = \frac{C_{ac} + C_H}{1 + \frac{C_{ac}}{C_1}} \quad (14-4-15)$$

在以前已經敘述过引入板極电路內的电容,这个电容可將 C_{ac} 附加到 C_1 及將 C_H 附加到 C_2 來計算出來。

圖 14-8 a 示出具有电感板極耦合的板極中和線路。圖 14-8 6 所示电桥的平衡条件具有下列形式:

$$\frac{L_1}{C_H} = \frac{L_2}{C_{ac}}$$

在这个条件內沒有頻率項出現,而似乎在某一頻率範圍內都应当保持桥的平衡。实际上不会是这样的。在短波上,裝配的和繞線間的寄生电容对 L_1 和 L_2 的旁路作用都是很顯著的。因此在平衡方程式內實在的电感應該用依頻率而变化的等效电感 $L_{1\sigma} = \frac{L_1}{1 - \omega^2 L_1 C_1}$ 和

$I_{22} = \frac{L_2}{1 - \omega^2 L_2 C_2}$ 來代替。因此，在一頻率範圍內並不能保持橋的平衡。這是具有電感支臂的線路的缺點之一。

這個線路的另一個缺點在於柵極電路被串聯的 C_{ac} 、 L_1 及 C_H 、 L_2 所旁路，由橋路引入到柵路內的有效電容值決定於公式：

$$C_{anc} = \frac{C_{ac} + C_H}{1 - \omega^2 L_1 C_{ac}}$$

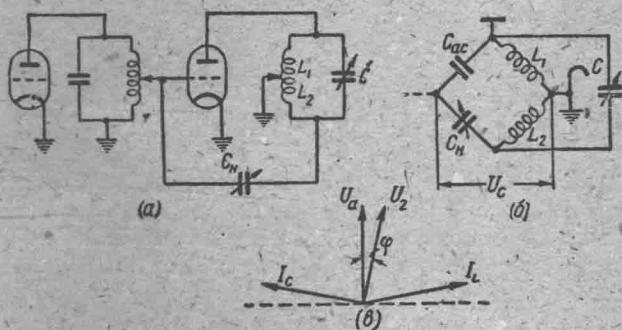


圖 14-8

在短波上這個電容比 $C_{ac} + C_H$ 之和大得相當顯著。如果假定分配在迴路各支的有功損耗與電感 L_1 及 L_2 成比例，則得出角度 φ 的表示式 $\varphi = -\frac{1}{\rho Q}$ 。

φ 的符號之為負已証實於圖 14-8 的矢量圖上。

具有電感板極耦合的電路較之具有電容板極耦合的電路壞得多，因此不應用於短波波段。

14-5. 推挽電路的中和

以上所研究的柵極或板極中和線路不能完全消滅跨越電容所引起的一切有害現象。其主要的原因是由於在單邊電路內不可能得到嚴格的反相電壓。即算是這樣的電壓可能得到，每一種單邊級的中和線路仍有缺點。在柵極中和時，反作用會發生在柵極電路的迴路支臂。在板極中和時則遺留直通電壓於板極電路的迴路支臂。

推挽電路的優點不僅在於它有得到嚴格的反相電壓的可能性，抑且在這個電路內也能兼有單邊電路的優點而消除其缺點。

圖 14-9 a 示出推挽級中和的線路。圖 14-9 b 指出與這個線路相對應的電橋，而激勵電壓則表示成發生器的形式。為着了解這個線路的工作，我們將它當作兩個單邊線路的組合

來研究。首先我們闡明無直通的條件。我們所感到興趣的，不僅是要板極電路內的電感上沒有直通電壓，而且是板極迴路的電容 C_1 及 C_2 上也不存在直通電壓。如所週知，前者可用板極中和線路來獲得，而後者則只能從柵極中和電路中得到。因此我們要求，推挽電路中每一個電子管都要滿足柵極中和的條件。

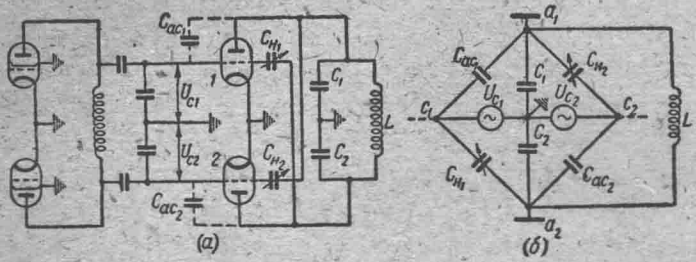


圖 14-9

在圖 14-9 δ 上電容 C_1 是處於橋的上半對角線內。由於電壓 U_{c1} 及 U_{c2} 的振幅相等，而對地的相位則相反，所以只要當

$$C_{n2} = C_{ac1} \tag{14-5-1}$$

時， C_1 的直通電壓將不存在。

在圖 14-9 δ 上電容 C_2 是處於橋的下半部對角線內，用類似的方法，我們得到消除 C_2 上直通電壓的條件為：

$$C_{n1} = C_{ac2} \tag{14-5-2}$$

現在我們轉過來確定在每一個發生器 U_{c1} 及 U_{c2} 內反作用電流不存在的條件。根據前面所講過的我們知道，這些條件只有根據板極中和的原理才能確定。

假定，在板極電路內的迴路二臂上（電容 C_1 及 C_2 上）有振幅相同和對地反相的電壓。發生器 U_{c1} 是連接於圖 14-9 δ 上橋的左半對角線內。在滿足平衡條件

$$C_{n1} = C_{ac1} \tag{14-5-3}$$

的情況下， U_{c1} 的電路內將沒有反作用電流。

用類似的方法，我們得到在圖 14-9 δ 上橋的右半對角線內，即在 U_{c2} 的電路內沒有反作用電流的條件為：

$$C_{n2} = C_{ac2} \tag{14-5-4}$$

為了明晰起見，將已得的公式 (14-5-1)、(14-5-2)、(14-5-3)、(14-5-4) 總結於下表之內。

由下表可知，在推挽電路內想得到完全沒有直通和反作用，只有在當兩電子管的跨越電容相同的條件下，亦即在滿足下列等式

$$C_{ac1} = C_{ac2} = C_{n1} = C_{n2} \tag{14-5-5}$$