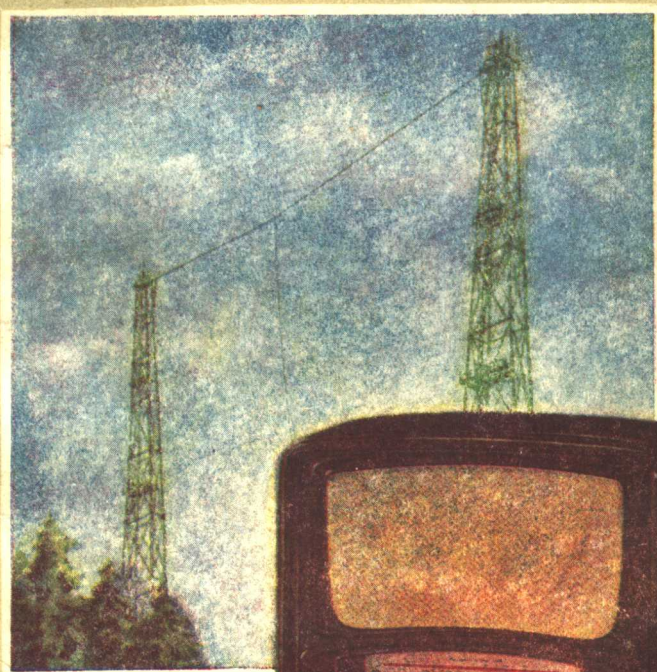




无线电原理浅说

人民邮电出版社

无 綫 电 原 理 淺 說

譯 者: 林 士 譯
出版者: 人 民 郵 電 出 版 社

北京東四 6 條 13 号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八号)

印刷者: 郵 電 部 北 京 郵 票 厂
发行者: 新 華 書 店

开本 850×1168 1/32

1955年 1 月南京第一版

印張 3 4/32 頁數 50

1960年 2 月北京第七次印刷

印刷字數 84,000 字

印數 39,263—44,362 册

統一書号: 15045·总180—无4

定价: (7) 0.50 元

前 言

本書主要地根據蘇聯1953年出版的「無線電工程」及「通訊工程」兩書的部分內容編譯出來。書中包括無線電波如何從天線輻射至空間，各種電子管的構造，特性以及無線電發射機和接收機的基本構造原理。敘述的方式着重聯繫物理概念，避免使用數學公式和儘量利用示意圖來說明原理。

這本書的深淺度可以說是介乎「大衆科學」式所講的無線電原理與「專業性」所講的無線電工程之間，對於一部分讀者，特別是無線電愛好者，希望用較少的時間來進一步了解一下無線電原理，本書可能對他們有一些幫助。本書也可作中等技術學校有關無線電技術方面的學生作參考資料。

目 錄

前 言

第一節	無線電通信的一般內容	(1)
第二節	產生高頻電流的振盪槽路	(10)
第三節	天線輻射電磁波的原理	(21)
第四節	電子管的構造及特性	(29)
第五節	無線電發射裝置	(50)
第六節	無線電接收裝置	(72)
第七節	其他電子管電路圖	(83)
第八節	無線電波在大氣中的播送	(93)

主要參攷文獻

第一節

無線電通信的一般內容

一 無線電廣播及通信過程

圖1表示傳送無線電廣播及通信的示意圖。

图中的送話器
將廣播員的聲音或
音樂變化為音頻或
低頻的交流電，這
種交流電的頻率范
圍約為幾十周/秒
至一萬多周/秒。
從送話器出來的低
頻電流輸入至電子
管放大器內，被放
大後的音頻電流沿
電纜進入至無線電
廣播站。

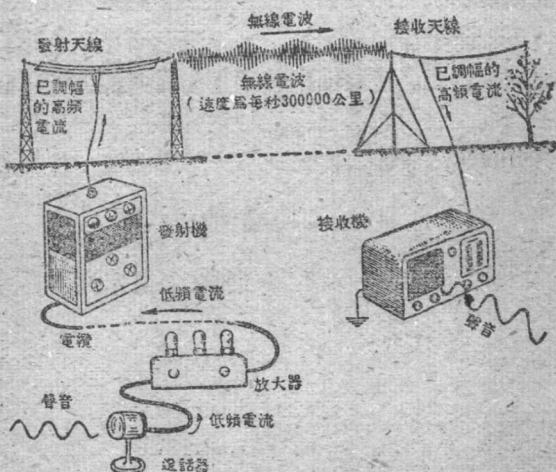


圖1 傳送無線電廣播的示意圖

無線電廣播站的主要部分即為無線電發射機。發射機中使用電子管產生高頻電流，以獲得需要的無線電波。高頻電流的頻率通常從10,000至幾億周/秒，甚或高至幾十億周/秒。導線中流通的音頻或高頻交流電，通常稱為電波，而在空中，傳送的無線電波有時又稱為電磁波。

被調幅後的高頻電流從發射機進入天線，在天線周圍空間，輻射出電磁波，並以接近300,000公里/秒的速度，向空間播送。

在接收機的天線上，由於無線電波的作用，產生了高頻交流電。這種電波的頻率和振幅實際上都重復了發射電台天線上電流的

ACB 41/4 02

變化。由於接收機天線上的電流是異常地微弱，因而必須進入接收機內的電子管放大電路予以放大並轉化成音頻的電流。音頻電流進入至揚聲器或耳機後即可變為聲波。

各處的無線電發射電台同時向空間發出不同頻率的高頻電磁波。因此，接收機上的天線同時接收着從許多發射機傳來的各種頻率的無線電波。如果無線電接收機不具有選擇性，便將同時收到許多電台發出的電波，而各種電波將彼此互相干擾，使接收機失却接收的功能。

以下的幾節將逐步說明高頻電波的產生過程，以及如何在天線上輻射至空間。並說明接收機內如何選擇各種不同頻率的電波，及如何將電波放大，然後再使其變為音波。爲了說明無線電發射機和接收機的構造原理須首先說明一下有關電子管的構造及特性。

二 音波和電波

對於波的概念，最容易理解的便是水波了。當人們丟一塊石頭

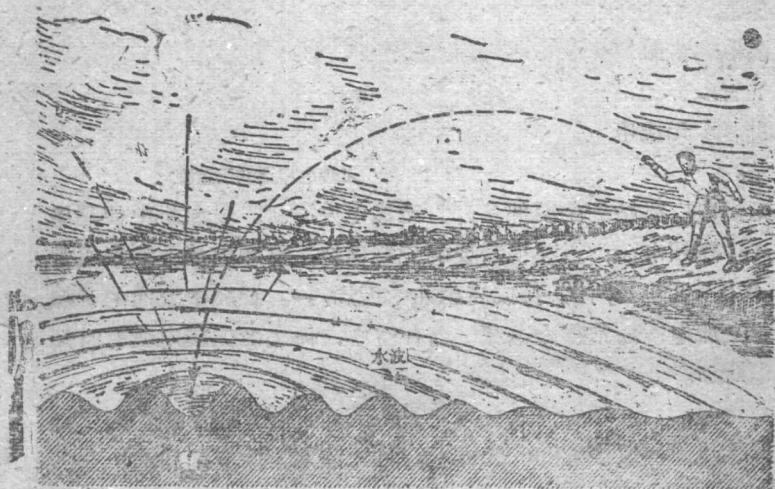


圖 2 投石在水中，可形成水波

在平靜的水面上時（圖2），便可以看見水波的形成。將水波切開，它的形狀和用鐘錶的單擺，在滑動着的紙面上繪出的曲線相似（圖3），這種曲線通常稱為正弦形波曲線。

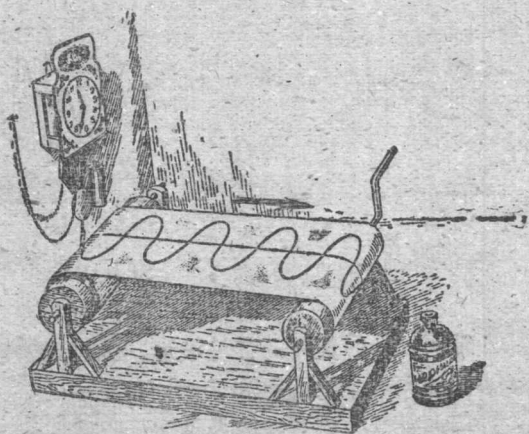


圖 3 正弦形波曲線

如果將具有彈性的薄片，一頭夾緊，另一頭加上拉力後再予以放鬆，薄片便可在空氣中擺動，將空氣打擊，形成一部分比較壓縮的空氣，而另一部分則形成壓力比較稀薄的空氣。這種壓縮及稀薄的空氣變化將一直向外繼續傳播出去，形成所謂音波（圖4）。

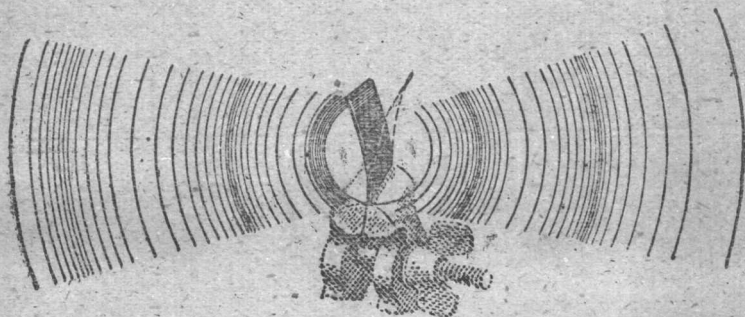


圖 4 音波在空氣中的形成

如果將空氣壓力的變化，與時間繪成一曲線，其形狀也和正弦波曲線相似（圖 5）。但是從樂器中或者人們說話時由喉頭音帶所生的壓力變化却是異常複雜的波形（圖 6）。

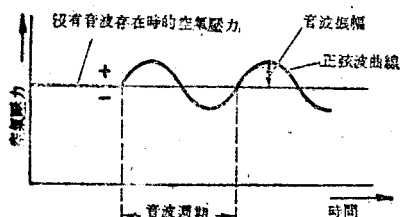


圖 5 簡單的音波曲線

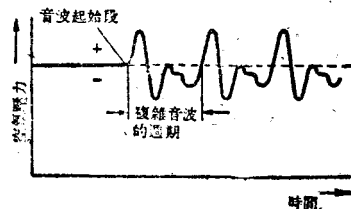


圖 6 複雜的音波曲線

可以用數學證明，任何複雜的音波波形，都可以分解為頻率成倍數，而振幅不同的高次諧波的總和。例如圖 7 中的比較複雜的波形，是由一次，二次及三次諧波的綜合波所形成。即使最複雜的音波，也可以用幾十個或更多的各種諧波來代表。頻率最低的一次諧波，通常稱為基本波，該諧波的振幅通常最大，而且是複雜音波的主要組成部分。將各諧波的振幅按比例地繪出的圖形（圖 7b）稱為

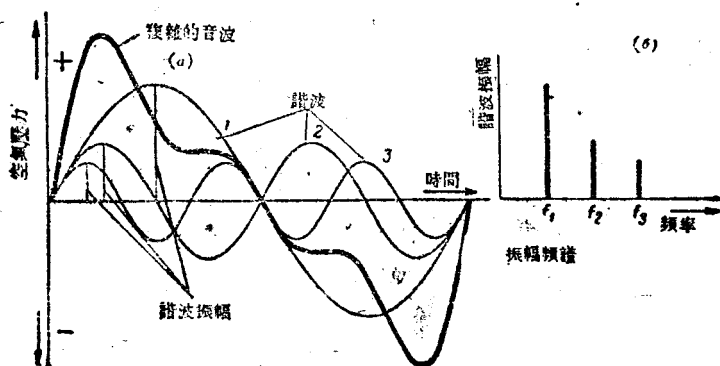


圖 7 由三個正弦波形成的複雜音波

音波的頻譜。將頻譜振幅的最大值連接起來繪成的包線稱為頻譜包線。高音的頻譜包線，將包括較多的高頻諧波；（例如圖8中的女高音）而低音的頻譜，則包括較多的低音諧波（如圖8中的男低音）。

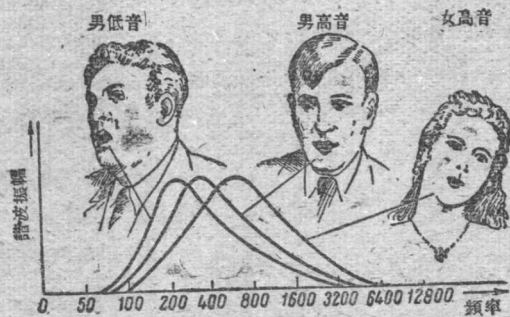


圖 8 男、女音波的頻譜包線

從圖8可看出，人類聲音的頻率範圍，約從80至6000週/秒。而人類耳膜能夠聽到的音波最低為20週/秒，最高不超過20000週/秒。音波在空氣中的傳播速度約為340米/秒，在水中的速度則為1500米/秒，而音波在鋼鐵內的傳播速度可達5000米/秒。

在有線電話通訊中，音波通過送話器變為音頻的電波，其波形與音波波形相同。電波通過導線在耳機內再度變為音波（圖9）。

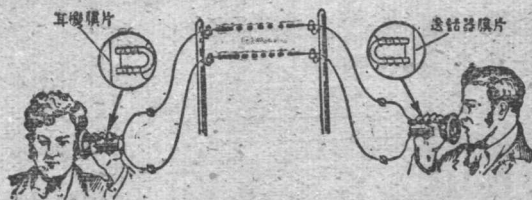


圖 9 有線電話的通訊

圖10上示出炭精式送話器及耳機的構造及作用原理。圖(a)表示送話器的構造。送話器內通常置有一個金屬的壳套K，其上設

一薄的炭精膜片 YM 。膜片內置一齒形炭精塊 YK ；膜片 YM 與炭精塊 YK 之間，裝有炭精粉 YH 。炭精塊週圍裹有氈墊，以防止炭精粉漏出。接觸螺絲 KB 使炭精塊通至導線的正極，但與殼套絕緣。從送話器電池 MB （圖106）出來的電流輸入至送話器並經過炭精粉，該部分的電阻約為幾十至一百歐姆左右。在送話器的電路內，還包括升壓變壓器 MT 的初級線圈，其變壓比通常為1:20至1:100。變壓器的次級線圈接通至電話線，電話線的另一端即接通至耳機。

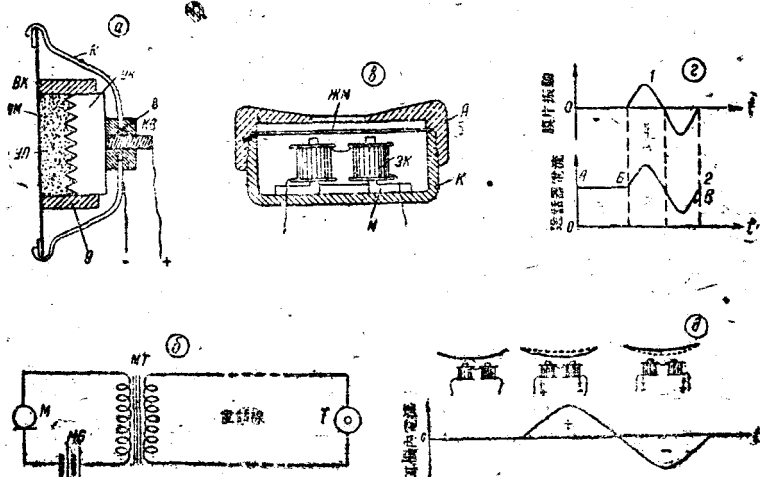


圖 10 送話器及耳機的構造原理圖

耳機的殼套 K 可能由金屬或塑膠製成（圖10e）。殼套上安置着永久磁鐵 M ，其磁極上套有線圈 OK ，該線圈由細絲繞成許多圈數。線圈的電阻約為幾百至幾千歐姆。殼套的另一端置有軟鐵膜片 YM ，膜片與磁極間留有空氣隙，前述膜片由蓋子 A 保護，蓋子的中央開一小孔（圖10e）。

圖10c及d表示送話器與耳機內音波與電波的變化關係。當送話器內沒有音波時，電流保持常數（圖10c上的 AB 段），也就意味著變壓器的次級線圈將沒有任何感應電壓。

从喉頭聲帶發出的音波，打擊在送話器膜片上時，使膜片隨着

音波的強弱而振動，振動波形和音波相同。圖中假定音波波形為正弦形波，膜片振動時，加在炭精粉上的壓力產生變化，因而使炭精粉電阻也隨着變化。送話器電路內的電流數值也將隨着發生變化，產生圖10-1上曲線2BB段的交流電。

送話器內的電流可以分為直流及交流兩部分。只有交流部分的電流可經過變壓器在次級線圈內感應出更高的交流電壓。這種交流電壓的形狀也將和送話器膜片振動的波形相似。交流電壓在耳機內即可產生和送話器內相同的音波。

由此可以看出，送話器的作用，即為將音波變為電波。而耳機的作用則正好相反，即為將電波變為音波。

當耳機內的線圈沒有電流時，由於永久磁鐵的作用，將膜片吸向磁極，使膜片稍為發生彎曲（圖10-2）。因此線圈內通過交流電後，則永久磁鐵的吸力將發生變化。正半週的交流電將使磁鐵加強吸力，使膜片彎曲得更厲害一些。交流電負半週內線圈磁場將產生與永久磁鐵相反的磁場，因而使膜片放鬆。結果，膜片將重複送話器膜片的擺動，而在空氣中產生音波。

三 電磁波的波長與特性的關係

電磁波和光波一樣，可以輻射至任何空間。電磁波是由於輻射電磁波的天線內具有頻率很高的交流電所產生。這種高頻交流電通常以千週/秒或兆週/秒做單位。電磁波在空間向外播送的速度等於光波播送的速度，即每秒鐘可走300000公里的距離。電磁波一週期內在空間所走的距離通常稱為波長，並用 λ 表示。由於電磁波速度為常數，因此，波長將與頻率成反比。例如頻率 f 為1,000,000週/秒時，則週期等於百萬分之一秒。電磁波在百萬分之一秒內可走300米，因此相當於1,000,000週/秒的波長即等於300米。波長與頻率的關係公式如下：

$$\lambda \text{ 米} = \frac{300,000,000}{f}$$

普通的交流電由於頻率低比較容易記憶（例如50週/秒），而在高頻電波則使用波長數字（例如300米）反而比頻率記憶起來要簡便些，因此用波長來表示電磁波頻率的方式已經愈來愈普遍。

電磁波的特性在很大的程度上，由於波長的變化而有所不同。按物理性質上來講，眼睛看得見的光波，和看不見的紅外線及紫外線等，以及可以穿透肉體的X光線，γ線和宇宙線等都是波長不同的電磁波。僅僅由於波長的區別，電磁波便具有截然不同的物理特

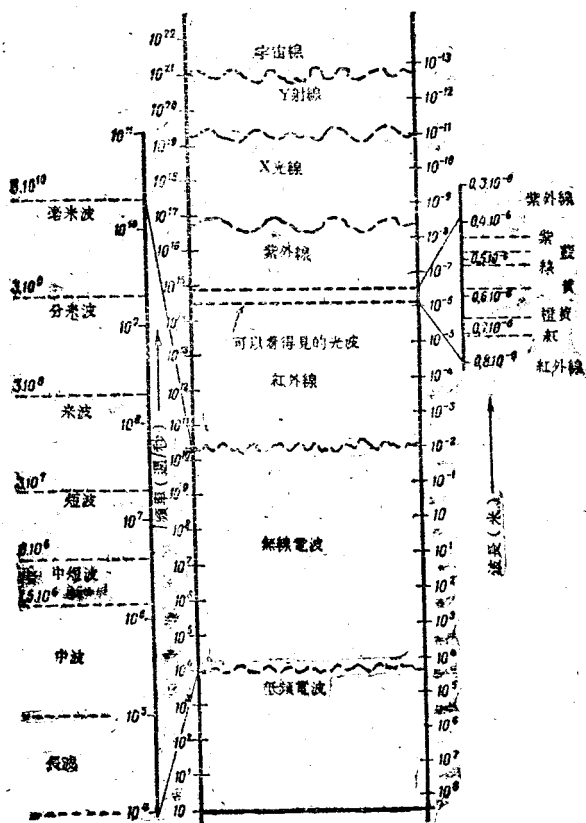


圖 11 電磁波頻譜（各種頻率或波長的電磁波）

性。图 11 表示各种波长的电磁波，其中包括：波长最长的无线电波，然后为光波中波长最长的红外线，再次为看得见的各种光波，再次则为波长最短的光波，亦即看不见的紫外线，再次为 X 射线， γ 射线，而波长最短的电磁波则为宇宙线。

无线电波由于波长的不同，也具有不同的特性，国际间共同规定的波长范围有下列各种：

1. 长波，波长从 30,000 至 3000 米即相当于 10 至 100 千周/秒的频率。几十年前，这种长波的电波应用颇为广泛，但目前已较少应用。长波的缺点为作远距离通讯时要求发射机具有很大的功率。此外，在长波范围内，不可能同时有许多电台一起工作而不致互相干扰。为了消除发生互相干扰的可能，各电台间的频率范围必需隔开约 9 千周/秒左右。因此，长波范围内最多只能设立十个电台左右。

长波的优点为可作远距离播送，其接收情况不受日间、夜间或季候变化的影响（参阅第八节）。其他波长的电波便很少具有这种优点。

2. 中波，波长从 3000 至 200 米或频率从 100 至 1500 千周/秒。其中，从 2000 至 200 米的波长特别用作无线电广播的波长范围，或称广播波段。通常使用的名称中，200 至 560 米称为“中波”，.750 至 2000 米则被称为广播波段中的“长波”。在广播波段中，最多可分成 150 个波长范围的电台而不致互相干扰。

此外，在 200 至 2000 米波段中，也包括有航空、航海及军用的电报电台的波长。例如从 3000 至 1000 米的波段通常用作航空通讯，而 600 米波段则用作航海通讯，580 至 750 米波段则划入港口通讯的范围。

3. 中短波及短波。从 200 至 50 米，相当于 1500 至 6000 千周/秒的频率称为中短波。50 至 10 米（相当于 6000 至 30000 千周/秒）称为短波。最常用的无线电广播范围，一般为 10 至 50 米（短波段），200 至 2000 米（长波段）。短波波段由于利用了电波受大气游离层的反射性，可以在较小的发射功率条件下，达到较远的距离（见第八节）。

从200至10公尺的波段內，可划出 3166 个不同頻率的电台而不致互相干扰。短波的缺点为电波强度受日夜及气候的影响甚大。

4. 超短波（米、分米、毫米及厘米波）包括下列范围：

- 1) 米波，10至1米或30至300兆周/秒。
- 2) 分米波，100至10厘米或300至3000兆周/秒。
- 3) 厘米波，10至1厘米或3000至30000兆周/秒。
- 4) 毫米波，10至1毫米或30000至300,000兆周/秒。

超短波又称超高频或特高频电波，其性质近似光波，只能走直线距离。因此发射距离一般限于100至200公里以内。超短波波段内可列入几乎无数多的发射频率而不致互相干扰。因此，对电视的传送特别有利。此外，航空界使用超短波收发报机以减少气候变化对通讯的影响。利用超短波的方向性及反射性，雷达可以穿过云雾，探测空中及地面的目标。

第 二 节

产生高频电流的振荡槽路

一 高频电波的产生

低频交流电（10000周/秒以下）可以用机械转动的交流发电机产生。由于转速的限制，交流发电机不可能产生更高频率的交流电。产生高频交流电的电感及电容电路，通常称为振荡槽路。振荡槽路中包括线圈 L 及电容器 C 的串联电路（图12）。槽路中不可避

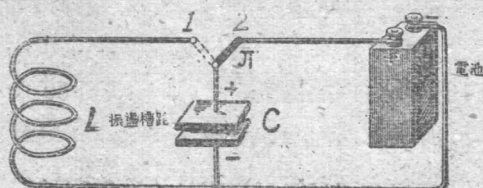


图 12 振荡槽路

免的有效电阻的影响，暂时予以忽略。

如果先将开关 Π 接至图12中的接点2上，使电容器 C 充电，然后再将开关 Π 接至接点1，则电容 C 将对线圈 L 放电。放电及重复充电的振荡程序可由图13看出。

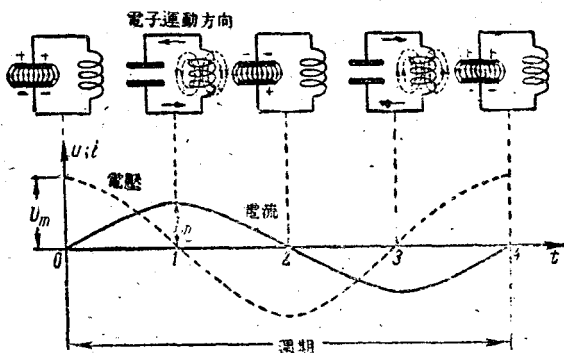


图 13 振荡电路内产生电波的程序

起初，电容器 C 被蓄电池充电，两极片间的电位差即等于蓄电池的端电压。假定电容器 C 上面的一片为正电，下面一片为负电。（图13，时间 t 为零时）。如果这时，将电容器连接至线圈 L ，便有通过线圈放电的可能。如果仅仅用普通很短的导线将电容器上下两片接通，电容器将作瞬时的放电不致发生任何特别的现象。

但是，当放电电流通过线圈 L 而不是通过普通的导线时，那么，围绕线圈将建立磁场，阻止电流使其不致迅速增长，因而使图13中的电流 i 从零逐渐增长至最大的数值，当时间从0至1时，电容器内全部电能放完，使两片间的电位差 U 变为零值。此时，看起来好象电流也应当为零。但是由于线圈内已存在着磁场，在时间1以前，电流 i 和磁场强度都继续增长。现在由于电位差为零，所以磁场强度将开始减弱。而这种磁场强度的变化，将在线圈内感应出一个自感电动势，使电流不致很快地消失。这个自感电动势将使电流 i 逐渐减弱，直到时间2时，才变为零。由于电流 i 继续在原

来方向流通（电流方向与图中电子运动方向相反）使电容器的上面的一片变为负电位，而下面的一片变为正电位。当时間达到 3 的时候，电容器两片間的电位差将达到最大数值。然后从時間 2 至 3，电容器的放电过程将在相反方向重复进行。当时間达到 4 时，电容器 C 和电感 L 的情况将恢复時間为 0 时的状态，因此，从 0 至 4 的时间，将是电波振盪的周期 T 。

上述电波振盪过程正和单摆的自由振盪过程相似（图 14），电容 C 上的电场可以比喻作单摆的位能而綫圈 L 內的磁场可以比喻为单摆的动能。

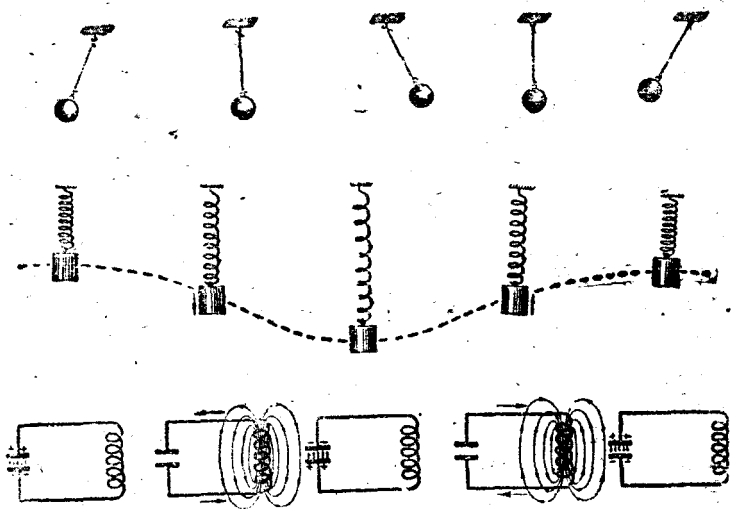


图 14 单摆、弹簧单摆与电磁波振盪过程的对比

在振盪槽路內的电波现象可以看作是电容器內电場的位能周期性变为电感綫圈磁场內的磁能，以及該磁能又变为位能的过程。

从图 13 可看出，最大电流（或最大磁能）的发生時間相当于电压为零值（或电场位能为零值），亦即电压与电流間相差 90° 相角的位移。在 1 及 3 两段的时间內，电容器为电能的产生器，而綫圈則

为电能的吸收器，在时间 2 及 4 两段中则正相反。

如果忽略电能的损失，则线圈内吸收的电能应该等于电容器内放出的电能，亦即在任一时间 $I^2 X_L = I^2 X_C$ ，其中 $X_L =$ 线圈的感抗，而 $X_C =$ 电容器的容抗。

由于串联电路内电流 I 数值只有一个，因此， $X_L = X_C$ ，亦即振荡槽路内，自由振荡时，交流电的电感性电抗正好等于电容性电抗的数值。

二 自由振荡电波的频率与振幅

在已知电路内电压及电流的振幅，完全视电容器起始的储藏电能而定。电池的电压愈高，则电容器的储能愈多，而电波的振幅也将愈大。

每一振荡槽路，都具有一定的振荡频率，这种频率过常称为该槽路的自然频率或简称为槽路频率 f 。

槽路频率的数值，完全决定于该槽路的电容及电感的数值 (C 及 L)。 L 及 C 愈大，则周期愈长，而频率愈低。

如果电容增大，则电容器充电及放电的时间加长。因为在相等的电压数值下，较大的电容器将具有较多的电量（电荷）。电感数值的增加，将使电容器充电及放电时电流增加及下降的速率变慢，因为较大的电感将在较大的程度上阻止电流的变化。因此，使电波振荡变慢，亦即使周期加长，因而频率将降低。当 L 及 C 减小时，则频率将增高。

产生电波振荡时， $X_L = X_C$ ，代入 $X_L = 2\pi f L$ ， $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ ，

$$\text{可得 } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

因此，电波的频率将与 $\sqrt{LC}$ 成反比， L 及 C 愈小，电波频率愈高。利用 LC 很微小的振荡槽路，可以产生几百万周/秒至几亿周/秒的高频电波。