

雷 达 技 术 小 丛 书

非 正 弦 波 发 生 器

[苏联] H. П. 希里亚耶夫 著



國防工業出版社

非 正 弦 波 发 生 器

〔苏联〕H. П. 希里亚耶夫著

周 昌 忠 译



國防工業出版社

1964

內 容 簡 介

本书定性地討論了各种多諧振蕩器、鋸齒波发生器、間歇振蕩器及幻象延迟电路的工作原理，并介紹了晶体管非正弦波发生器的电路。

本书对象为一般雷达技术工作者、无线电中等技术学校的师生及广大无线电业余爱好者。

ГЕНЕРАТОРЫ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ
КОЛЕБАНИЙ

〔苏联〕Н. П. Ширяев

ВОЕНИЗДАТ 1960

*

非 正 弦 波 发 生 器

周 昌 忠 譯

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張1 $\frac{3}{4}$ 35千字

1964年12月第一版 1964年12月第一次印刷 印数：0,001—5,800册

統一书号：15034·837 定价：(科六) 0.24元

目 录

前言	5
1 非正弦波发生器的一般知识	7
非正弦振荡的几种主要波形	7
非正弦振荡的参数	8
2 多谐振荡器	11
自激式	12
同步和分频式	15
等待式	17
正栅多谐振荡器	19
3 间歇振荡器	21
自激式	22
同步和分频式	25
等待式	27
正栅间歇振荡器	31
4 直线变化电压发生器	33
电容器充放电的几种方式	34
外选通式直线电压发生器	40
正反饋直线上升电压发生器	40
負反饋直线下降电压发生器	42
精确的脉冲延时电路	44
幻象延迟电路	45
双管幻象延迟电路	51
5 半导体非正弦波发生器电路	54

{

{

前 言

凡是波形不是正弦形状的电振荡(电流或电压)都称为非正弦振荡。在雷达技术中用得最多的是脉冲式的非正弦振荡,脉冲的波形不是正弦形,它的上升和下降很快,实际上可以认为是跃变的。

产生这种振荡的电子设备称为非正弦波发生器或脉冲发生器。

在现代雷达站内,有很多部件是按脉冲方式工作的。这些部件中通常包含有下列几种电子装置:多谱振荡器,间歇振荡器,直线变化电压与电流发生器,限幅器,触发电路,微分电路和积分电路等。

因为除了产生脉冲之外,常常还需要对脉冲进行变换,也就是说要改变它们的宽度、波形、幅度等参量,因此就需要采用上面这些各式各样的电子装置。

除雷达外,在无綫脉冲通信与有綫脉冲通信、电视、自动调整与控制系统、计算机等领域里也都采用脉冲工作方式。因此有关脉冲设备工作的知識一定会引起广大讀者的兴趣。

本书討論几种基本的非正弦波发生器的电路,并簡要地說明它們的工作原理。

首先我們介紹非正弦振荡的主要几种波形,并給出它們的参数;然后闡述自激式、同步和分頻式以及等待式多谱振荡器和间歇振荡器的工作原理,并分析几种电路形式不同的

多諧振蕩器和間歇振蕩器的优缺点。

此外还討論几种直綫(鋸齒)电压发生器以及脉冲延迟电路(幻象延迟电路和双管幻象延迟电路)的工作原理。

最后介紹半导体非正弦波发生器的电路。

1 非正弦波发生器的一般知識

产生非正弦振蕩的电子設備很多。例如：多諧振蕩器、触发电路以及限幅-放大电路能产生矩形脉冲；另外还有一些电路能产生其它形状的脉冲。

多諧振蕩器、間歇振蕩器和产生直綫变化电压的电路都是获得非正弦振蕩的主要設備。这些設備統称为非正弦波发生器。

正弦电压的特点是本身波形的变化比較平穩，而脉冲电压的波形变化則很急剧(跃变)。因此非正弦波发生器和正弦波发生器在工作原理上有本质的不同。在正弦波发生器里，一个振蕩周期内耗散在迴路有功电阻上的能量，仅占儲存在无功元件(电感和电容)中的能量的一小部分；而在非正弦波发生器里，儲存于无功元件中的能量在一个振蕩周期内几乎全部都耗散在有功电阻上。

在下面所要研討的非正弦波发生器里，只采用一种形式的儲能元件，而且一般都是电容器。在振蕩过程中，能量周期地送入儲能元件，同时又周期地自儲能元件送到別的某个系統(耗能元件)。电子管在这里起开关作用，它在儲能过程中关闭，在輸送能量給耗能元件时則开放。

非正弦振蕩的几种主要波形

图 1 表示了非正弦振蕩的几种主要波形。矩形脉冲电压

波形(图1 a)在雷达站中用得最多。它具有十分陡峭的边沿,这一点在所有要求工作在时间上精确一致的設備,或用来測量时间的設備里是必需的。如果电压上升(或下降)得稍慢一些(图1 б),則脉冲是梯形的。由于事实上电压不可能跃变,故这二种波形的划分只是相对的。

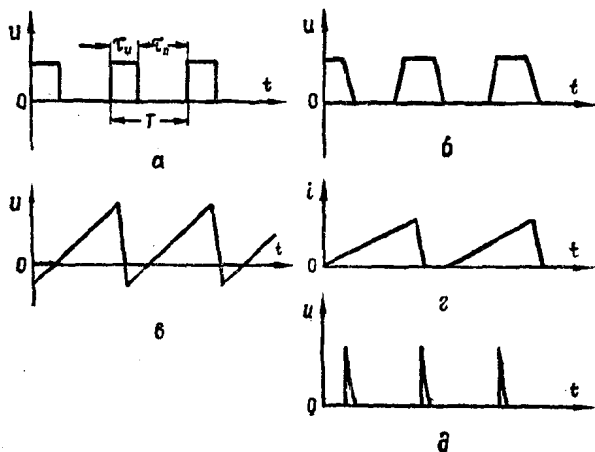


图1 非正弦振蕩的几种主要波形。

直綫变化的电压和电流(图1 в 和 г)可用在显示器里造成直綫扫描,也可用来延迟脉冲,等等。尖頂(三角形)脉冲电压(图1 д)在显示器中用来形成电的时标,或用它来触发各种电路。

非正弦振蕩的参数

非正弦振蕩的波形确定于很多参数。这些参数主要有:脉冲的重复周期和宽度,脉冲的边沿和边沿陡度,脉冲的工作比和脉宽系数。

脉冲的重复周期和宽度 自一个脉冲开始作用时算起至下一个相同极性的脉冲开始作用时为止，这一段时间间隔称为重复周期(T)。

脉冲重复周期的倒数称为脉冲重复频率($F = \frac{1}{T}$)，它的单位为赫芝或一秒钟内的脉冲数。

脉冲的作用时间称为脉冲宽度(τ_n)。这段时间是在相当于脉冲振幅一部分的某一电压电平上量取的，实用上是在 $0.1 U_{\text{max}}$ 电平上量取的宽度(图 2)。

在雷达中所用的脉冲，其宽度非常悬殊。例如调制磁控管所用的矩形脉冲，其宽度从十分之几微秒至几个微秒；产生显示器时标所用的尖顶脉冲，其宽度为十分之几微秒；而为了产生显示器中的扫描，脉冲的宽度应达几个毫秒。

自一个脉冲停止作用时至下一个脉冲开始作用时的这段时间间隔称为休止时间(τ_n)。

脉冲宽度与休止时间之和组成了脉冲重复周期，即 $T = \tau_n + \tau_n$ (图 1 a)。

脉冲边沿 矩形的或波形与其相近的脉冲(图 2)都有三个特征部分：前部 ab ，顶部 bc 和后部 cd 。前部 ab 表明了脉冲的上升特性，称为前沿。后部 cd 表明了脉冲的下降特性，称为后沿。

脉冲的边沿表明了电压变化的时间(实用上是从 $0.1 U_{\text{max}}$ 变到 $0.9 U_{\text{max}}$ 的时间)。脉冲的上升时间 t_{Φ_1} 称为前沿宽度，脉冲下降时间 t_{Φ_2} 称为后沿宽度。

脉冲边沿陡度 脉冲的振幅与其上升时间或下降时间之比称为边沿陡度：

$$S_{\Phi} = \frac{U_{\text{макс}}}{t_{\Phi}} \left[\frac{\text{伏特}}{\text{秒}} \right]。$$

工作比 脉冲宽度与脉冲重复周期之比称为工作比：

$$K = \frac{\tau_n}{T}。$$

这个量描述了脉冲的周期連續性。

脉宽系数 休止（間隔）宽度与脉冲宽度之比称为脉宽系数：

$$K_c = \frac{\tau_n}{\tau_n}。$$

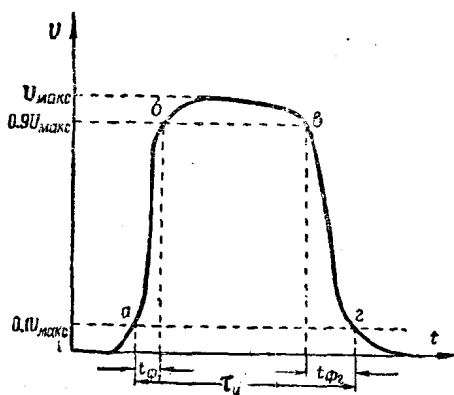


图2 脉冲的前沿、后沿及宽度。

如果脉冲重复周期远大于脉冲宽度，则脉宽系数近似等于工作比的倒数：

$$K_c = \frac{1}{K}。$$

2 多諧振蕩器

多諧振蕩器(圖3)是两个电子管的非正弦波发生器。多諧振蕩器所产生的振蕩具有明显的非正弦不連續性，它含有大量的諧波，因此叫做多諧振蕩器。其意义就是“产生大量諧波的发生器”。

多諧振蕩器应用在电视、雷达、无线电中继通信以及无线电测量仪器中，借以产生脉冲电压、实现分頻、展寬脉冲及其它目的。

按照多諧振蕩器的用途，它可以工作于自激式、同步和分頻式及等待式。

工作于自激式的多諧振蕩器是一种自激振蕩器，此时的輸出电压是由多諧振蕩器本身发生的过程所引起的。

在同步和分頻方式下，外来的周期性同步电压作用于多諧振蕩器，此多諧振蕩器所产生的輸出电压的頻率就取决于該同步电压的頻率。如果此时我們断开同步电压，則多諧振蕩器将工作在其固有頻率上。

在等待方式下，如果无外来的激励，多諧振蕩器是不会产生振蕩的。在触发脉冲来到之前，多諧振蕩器被一个偏压截止；一当触发脉冲加到等待式多諧振蕩器的輸入端时，它就开始工作，在輸出端产生一个脉冲，然后又重新返回等待(准备)状态。

多諧振蕩器所能够产生的振蕩頻率，其范围从数赫到数百千赫。最大脉寬系数可达10。脉寬系数尚可提高到100，

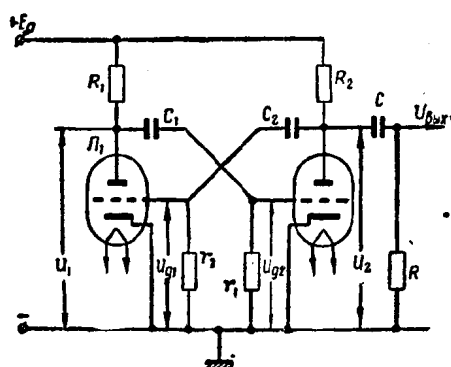


图3 多諧振蕩器綫路。

不过脉冲的波形要变坏。

自 激 式

自激多諧振蕩器的特点是沒有任何外加周期性激励作用于电路(图3)。此时多諧振蕩以固有頻率产生脉冲,这个頻率由电路的参数决定。

如果多諧振蕩器的电阻相等($R_1=R_2$, $r_1=r_2$), 电容器容量相等($C_1=C_2$), 两个电子管也相同, 它就叫做对称多諧振蕩器。在这种多諧振蕩器中, 脉冲等間隔地交替发生, 亦即每个电子管的导电時間等于截止時間。这种电路广泛地用在雷达站里。

我們現在討論自激对称多諧振蕩器的工作原理。

对称多諧振蕩器(見图3)一接上电源立刻就产生振蕩, 这个振蕩一直維持到断开电源电压时为止。

为了說明这一点, 假設电路剛接通电源时, 两个电子管

的板流以及两个电容上的电压彼此相等, 即 $i_{a1} = i_{a2}$, $u_{c1} = u_{c2}$ 。这样的状态是不可能稳定的, 原因如下:

任何导体中都会因热扰动(波动)而发生自由电子的杂乱运动, 这种电子杂乱运动又会引起某些电位差的出现; 其次在电子管中, 灯丝温度是经常起伏变化的, 因此其发射电流的大小也随着变化; 最后, 电源电压也可能会大大地偏离其额定值。

即使是某个电子管栅压的极小偏离, 就足以破坏多谐振荡器电路的平衡状态。假设由于上面所说的这些原因, 某个电子管(例如 $\mathcal{A}_1$) 的栅压超过了电子管 $\mathcal{A}_2$ 的栅压, 此时 $\mathcal{A}_1$ 的板流和板极电阻 R_1 上的压降便增加, $\mathcal{A}_1$ 板压减少, 所以电容 C_1 将沿下面回路放电: C_1 左极板— $\mathcal{A}_1$ — r_1 — C_1 右极板。这个放电电流在 r_1 上产生的压降使 $\mathcal{A}_2$ 栅压减少。因此, $\mathcal{A}_2$ 板流减少, 其板压则增加, C_2 沿下面回路充电: 板极电源 E_a — R_2 — C_2 — r_2 — E_a 负极。放电电流在 r_2 上建立的压降使 $\mathcal{A}_1$ 栅压更增加, 于是 $\mathcal{A}_1$ 板流进一步增加, 板压则进一步减少。

电子管 $\mathcal{A}_1$ 板流上升及电子管 $\mathcal{A}_2$ 板流下降的这个过程, 进行得非常迅速, 好像雪崩一样。结果, 线路达成这样的状态, 即 $\mathcal{A}_1$ 板流升到最大值, 而 $\mathcal{A}_2$ 截止。这就是发生了所谓“电路的转换”, 它相当于图 4 中 t_1 瞬时的情况。

雪崩过程之后, 接着便是下面所说的慢变化过程: 当 $\mathcal{A}_1$ 板压降到最低值时, C_1 的放电电流和 r_1 上的压降开始减少。随着 r_1 上压降的减少, $\mathcal{A}_2$ 栅压逐渐增加, 当它上升到截止电压 E_{g0} 时, 管子 $\mathcal{A}_2$ 便开始导电。

$\mathcal{A}_2$ 刚一导电, 其板压就下降, 于是又开始了雪崩式过程,

不过其方向与上次相反。电容器 C_2 放电, 放电电流在电阻 r_2 上建立的压降使 J_1 栅压减少, J_1 板流也开始减少, 而电容器 C_1 则被充电, 此时在 r_1 上产生的压降使 J_2 栅压进一步增加……。这个过程结束时, 管子 J_2 将完全导电, 而 J_1 完全截止 (见图 4, t_2 瞬间)。

两次转换中间的慢变化过程与转换时的快速雪崩式过程交错进行, 这就是自激多谐振荡器的工作特征。

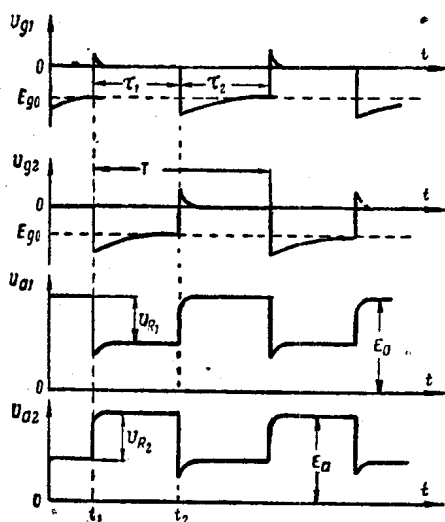


图 4 对称多谐振荡器的各部分电压波形。

根据线路的具体用途, 可以从其输出端取得不同波形的脉冲。例如在多谐振荡器输出端上加接一个 RC 耦合电路 (见图 3), 则可获得正负极性交替的矩形脉冲序列 (图 5 a)。此 RC 耦合电路的特点是, 电阻 R 的值应选得使电容 C 在 J_2 板压上升或下降时间内来不及充电或放电, 因此电阻 R 上始

終有充电电流或放电电流通过。在多諧振荡器的半个工作周期內，通过电阻 R 的电流是单向的。

如果需要在多諧振荡器的輸出端得到尖頂脉冲 (图 56), 則选择 RC 电路, 应使电容器 C 在电子管 $\mathcal{A}_2$ 板压上升或下降時間內能完全充电或放电。

在这种对称多諧振荡器中, 两个电子管的工作時間相等, 輸出脉冲一个周期的正負部分的寬度也相等即 $\tau_1 = \tau_2$ (图 5 a)。

要是电路的参数不相等, 即 $r_1 \neq r_2$ 或 $R_1 \neq R_2$ 或 $C_1 \neq C_2$, 这种多諧振荡器便是不对称的。不对称多諧振荡器輸出脉冲一个周期的正負部分是不相等的, 即 $\tau_1 \neq \tau_2$ (图 5 b)。

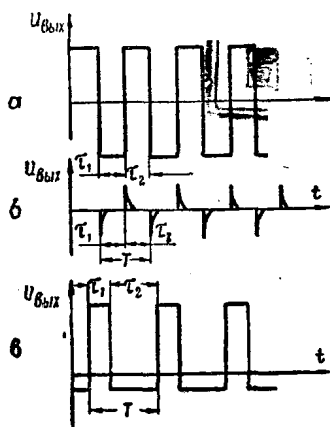


图 5 多諧振荡器的各种輸出波形。

同步和分頻式

在某些复杂的脉冲設備中, 常常要求好几个电路的工作在時間上严格一致(这叫做同步)。将交变的同步电压加到这些电路上, 就会使它們工作在同一个頻率上, 这个頻率就等于外加交变电压的頻率或者与后者成严格固定的比值。

破坏多諧振荡器頻率稳定性的原因很多, 其中主要的是电子管的栅极截止电压不稳定。这个截止电压对于各个管子是不同的, 所以更换管子时就会使頻率发生变化。此外, 当

多諧振蕩器电路中的过程接近轉換瞬間时，何任微小的外来激励都足以引起电路的提前轉換。因此，如果要求多諧振蕩器的振蕩頻率高度穩定，就要对它进行同步。同步电压可以是脉冲电压，也可以是正弦电压。如果多諧振蕩器在外来周期性电压作用下就工作在这个电压的頻率上，則称这种方式为同步式，或說被基頻捕捉。如果所作用的同步电压頻率与振蕩电压頻率的比值是一个固定的整数（2, 3, 4...），則称此方式为分頻，或說同步在分諧波上。

要进行同步，就要把周期性脉冲或正弦电压加到多諧振蕩器任一电子管的栅极。

图 6 表明了多諧振蕩器的同步原理。图中符号的意义为： T_0 ——多諧振蕩器的固有振蕩周期； T_0' ——被同步时多諧振蕩器的振蕩周期； T ——同步电压的周期；'虛綫表示多諧振蕩器无同步时的栅极振蕩波形；实綫表示被同步时的栅极振蕩波形。

在一般情况下，一个 T_0 周期等于 n 个同步电压周期或 m 个完整的（或不完整的）多諧振蕩器固有振蕩周期（ n 和 m 均为整数）。图 6 a 表示无同步时栅极上的振蕩波形。在同步情况下， $n = m = 1$ （图 6, b, c）。在分頻情况下， $m = 1$ ； $n > 1$ 。

比值 $K = \frac{n}{m}$ 是同步方式的基本特征量，称为同步倍数或分頻系数。图 6 d 和 e 表示 $K = 2$ 和 $K = 3$ 的分頻过程。

在分頻时，同步脉冲的幅度和分頻器的参数都可能有偶然的变化，但是分頻系数是不應該偏离給定值的。

在大分頻系数情况下，要維持振蕩器的頻率穩定是很难