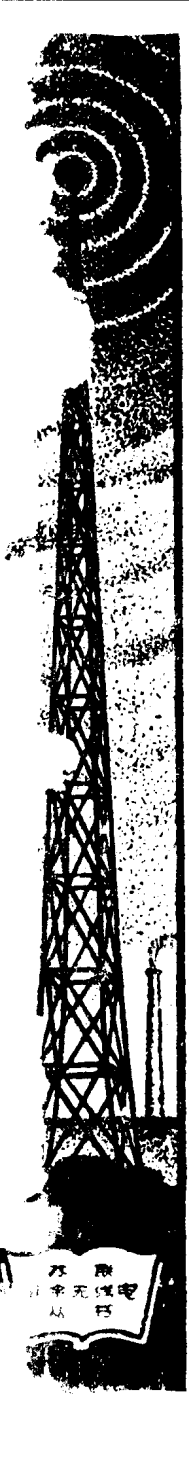


定时电子继电器

吴德昌编 陈开福主编

付玉清 译

人民邮电出版社



定时电子继电器

苏联B.M. 鲍烈邵夫著

赵永昌译

人民邮电出版社

苏联
电子继电器
丛书

內 容 提 要

在这本書里扼要地講述了电子定时繼电器的工作原理和計算方法，并列举了不少各式各样的实用电路。

这本書可供业余无綫电爱好者和无綫电专业人員参考。

定 时 电 子 繼 电 器

著 者：(苏联)B. M. 鮑烈邵夫

譯 者：赵 永 昌

出版者：人 民 郵 電 出 版 社

北京东四6条13号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇四八号)

印刷者：北 京 印 刷 厂

发行者：新 华 書 店

开本787×1092 1/32 1959年 10 月 北京第一版

印張11 6/32 頁數24 1959年 10 月北京第一次印刷

印刷字數37,000字 印數1-4,200册

統一書号：15045·总1083—无290

定价：(9) 0.18元

目 录

序言

充气放电管定时继电器	1
定时继电器的作用原理	1
工作的稳定度	3
R和C的选择	6
充气放电管和电磁继电器的选择	7
充气放电管定时继电器的计算	8
电子管和闸流管定时继电器	11
电子管定时继电器的结构	11
工作的稳定度	13
闸流管定时继电器	16
稳定度的提高	17
电子管定时继电器的计算	20
定时继电器的实际结构	22
简单的定时继电器	22
用于蓄电池充电的定时继电器	23
高度稳定的定时继电器	25
有两个电磁继电器的定时继电器	26
用于音声信号的定时继电器	27
冷阴极闸流管定时继电器	28
用于接入照明的定时继电器	29
单管定时继电器	30
实验室的定时继电器	31

通用供电的定时繼电器	33
自动曝光計	34
高度稳定的定时繼电器	35
寬范围的定时繼电器	38
閘流管定时繼电器	38
高度稳定的閘流管定时繼电器	40
附录: 电磁繼电器的电气数据	42

充气放电管定时继电器

定时继电器的作用原理

用充气放电管做成的定时继电器，在无线电爱好者中获得最广泛的应用。这类定时继电器的优点是沒有因烧热灯絲而需要能量的电子管，这就显著地提高了设备的经济性和使设备简化。这些继电器接通后立刻可以工作。它們可由每个业余无线电制作者所容易做到的、标准的和简单的零件和材料制成。

充气放电管定时继电器的缺点是稳定度低（未采用特殊措施），以及必須采用灵敏的电磁继电器和大容量的充电电容器。继电器越不灵敏和充气放电管的发火与熄火电位差越小，則电容器的容量应越大。

現在討論二极充气放电管定时继电器电路的作用原理（图1）。

为了使定时继电器开始工作（启动），必須首先閉合它的启动接点K（按钮或开关）。这时，电容器C的充电电流从电源E经过电阻R流通。

电容器C上的电压按下列规律增长

$$u_0 = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right),$$

式中 u_0 ——电容器C上电压的瞬时值（伏）；

U_0 ——电源电压（伏）；

e ——2.72；

t ——充电时间（秒）；

R ——充电电阻（兆欧）；

C ——电容器的电容量（微法）。

当电容器上的电压等于充气放电管的发火电位时，充气放电管

导电，电容器 C 开始通过放电器件 Π 和电磁继电器 P 的线圈放电。如果电容器的放电时间大于继电器的启动时间，则继电器的衔铁被吸引，而接点 1 和 2 将必须的回路闭合（或断开）。从启动按钮闭合到继电器开始动作之间的时间就是延迟时间。

电容器上的电压开始迅速地减小，当该电压等于充气放电管的熄火电位时，放电中断。电容器上的电压和充放电时间的关系曲线如图 2 所示。

电容器上电压增长的速度（在直流电压 U_0 下）由乘积 RC 来决定。这乘积叫做电路的时间常数，并用字母 τ 表示。若用兆欧表示电阻的数值，微法表示电容器的电容，则 τ 用秒表示。例如，如果 $R=2$ 兆欧，而 $C=3$ 微法，则 $\tau=3 \times 2=6$ 秒。

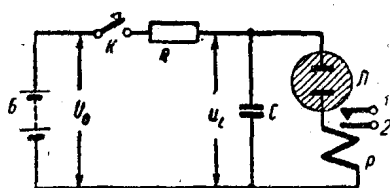


圖1. 充气放电管定时继电器电路图

电容器通过电阻充电和放电的过程，通常和电路的时间常数有关。例如，要电容器充电到电源电压，需经过 4.6τ 的时间。充气放电管的发火电位选择得低于电源电压 U_0 ，因此，电容器充电到发火电压的时间，即延迟时间

T ，将小于 4.6τ 。这个延迟时间 T 可由下式决定

$$T = RC \ln \frac{U_0}{U_0 - U_3} = RC \ln \frac{1}{1 - \frac{U_3}{U_0}}, \quad (1)$$

式中 k ——动作系数，等于比值 U_0/U_3 。

继电器动作的电压（在这情况下等于 U_3 ）叫做反应电压。

延迟时间和 RC 的数值成正比。 RC 增加一倍，延迟时间也增加一倍。如果利用电阻和转动角具有线性关系的电位器来改变延迟时间，可得到线性延迟刻度。在 RC 不变时，延迟系数还与 k 有关。 k 越

大，延迟越小。物理意义上这就是說，电容器充电到較小的电压。

通常用两种方法改变延迟，改变充电电阻和改变充电电压。第二种方法得到的調整范围比第一种方法为小，通常是两种方法結合采用。

因为电容器上的电压在充气放电管发火時間内来不及減小到零，故在新的一个循环开始前，电容器可借特殊的接点来放电，电路自动地或人为地恢复到原始状态。

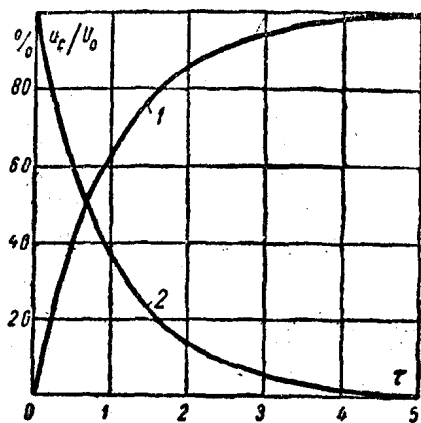


圖2. 电容器上的电压在充电(曲綫1)和放电时(曲綫2)随時間变化的圖形

充气放电管定时繼电器的各种实际結構的主要区别是：所采用的充气放电管的类型，机电繼电器的数量，开始启动的方法，調整启动接点閉合到繼电器动作間的时间間隔的方法，以及电路恢复到原始状态的方法。

工作的穩定度

在充电电路的 R 和 C 的数值固定时，延迟時間由系数 k 决定。电源电压或发火电位的改变会导致 k 的改变，从而导致延迟時間的改变。

我們現在討論，当电源电压改变时，延迟数值是怎样改变的。在电源电压的相对改变为 $\Delta U_0/U_0$ 时，討論延迟的相对改变 $\Delta T/T$ (以百分数表示)比較方便。延迟的相对改变值与 RC 的数值无关，而仅取决于 $\Delta U_0/U_0$ 和 k 的数值。

为了計算,应利用图 3 所示的曲綫。曲綫是对六种 k 值作出的。从曲綫上可看出,延迟的改变对于供电电压的改变在符号上总是相反的。也可以看出,供电电压的减小所引起的延迟时间的改变要比供电电压的增加所引起的改变大(在任一 k 值时)。例如,在 $k = 2$ 时,供电电压减小 20% ($\Delta U_0/U_0 = -20\%$),使延迟时间增加 40%,而供电电压增加 20%,只使延迟减小 22%。

在供电电压的改变相同时,由于系数 k 不同,延迟的改变也不同。 k 越大,延迟的改变将越小。例如,在 $\Delta U_0/U_0 = -20\%$ 时,延迟时间在 $k = 1.5$ 时,增加 63%,而在 $k = 4$ 时,延迟仅增加 32%,即小了一半。

在数值 k 接近于 1 时,即使电源电压的改变很小,也会引起延迟的显著改变。例如在 $k = 1.1$ 时,供电电压减小 8% 会使延迟时间增加 1 倍。在继续降低供电电压时,定时继电器完全不能动作。在 k 减小时稳定度减小的道理可以这样解释,在这种情况下,反应点位于充电曲綫(图 2)的傾斜部分,供电电压的改变虽小也会引起延迟的显著改变。充电曲綫越直(反应点在陡直部分上),则稳定度越高。在电容器上的电压綫性增长时,得到最大的稳定度。充电曲綫的直綫部分等于电源电压的 30~50% 时,就相当于 $k \approx 2.0 \sim 4$ 。

应当說明,若 k 的增加超过 4 后,对提高稳定度的影响已經很小了,因在这种情况下反应点已位于充电曲綫的直綫部分上。在任何 k 值时,电路的稳定度不可能超过电源的稳定度。

現在討論提高充气放电管定时继电器电路的稳定度的方法。因为定时继电器工作的不稳定,主要是由电源电压的不稳定所决定,因此采用电源电压的稳定措施后,可以显著地改善定时继电器的工作。

为此,多半利用一般具有稳压器的电路。稳压器的接入使电源电压的波动减小 K 倍,这里 K ——稳定系数,在 8~20 的范围内。定时继电器的稳定度也改善了同样的倍数。系数 K 可由下式决定

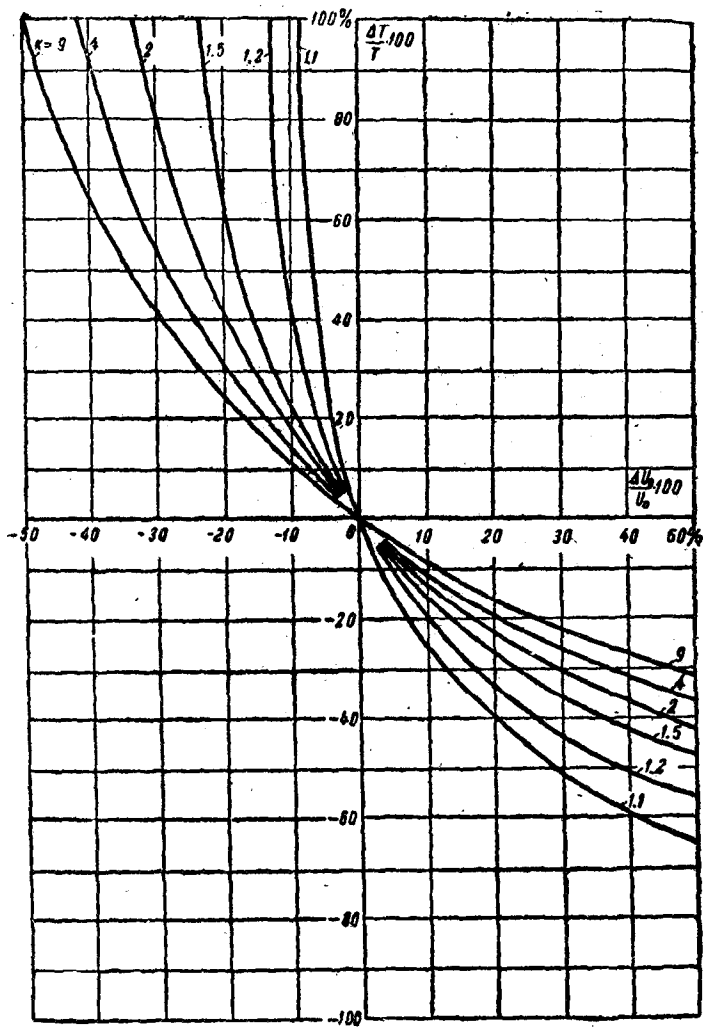


图3. 计算充气放电管定时继电器稳定度的曲线

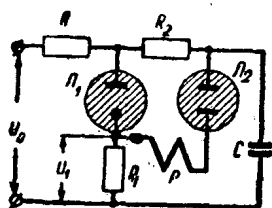


圖4. 提高定时继电器稳定度的电路

$$K = \frac{RU_{cm}}{U_0 R_0},$$

式中 R ——稳压器电路中的附加电阻(欧);

U_{cm} ——稳定的电压(伏);

U_0 ——电源电压(伏);

R_0 ——稳压器的动态电阻(欧)。

稳压器动态电阻的数值在100~200欧的范围内。 R_0 越大, K 越小。

如果采用图4所示的电路来代替一般的电路, 延迟的稳定度可以提高。在这种情况下, 电压 U_1 和充气放电管 π_2 串联, 这是和改变充气放电管的发火电位一样的。例如, 若供电电压增加, 则发火电位也增加, 因为 U_1 增加。所以, 数值 k (从而也使延迟) 改变得要比一般电路小。

R 和 C 的选择

漏泄的影响不允许采用大于5~10兆欧的充电电阻和大于10~20微法的充电电容器。

采用的电磁继电器越灵敏, 则充电电容器的电容量可以越小。可以近似地认为, 若所采用的继电器的动作电流是1毫安, 便需要电容为1微法的充电电容器。

在选择电容器的类型时, 最应注意的是它的绝缘电阻。如果绝缘电阻不大, 则充电时, 电容器将发生放电, 这时延迟时间将比由公式(1)所决定的时间大一些。绝缘电阻越小, 这个差别越大。在充电电阻数值较大, 也就是延迟较大时, 绝缘电阻的存在, 影响比较显著, 因为绝缘电阻变成和充电电阻相差不多了。

絕緣电阻的存在，除加长延迟時間外，还会破坏延迟与充电电路間的綫性关系。延迟的稳定度也被破坏，因为电容器的絕緣电阻与温度，湿度，外加电压等有关。

因此，应该采用絕緣較高的紙質电容器。絕緣較低的电解电容器（絕緣电阻0.2~0.5兆欧）只能用于稳定度較低的定时繼电器。电容器的工作电压越高，它的絕緣越好。因为延迟時間由充电电路R和C的数值所决定，所以它們的改变会导致延迟的改变。延迟時間可以这样写

$$T = \alpha RC, \quad \text{式中 } \alpha = \ln \frac{U_0}{U_0 - U_3}.$$

假設R和C的数值改变P%，則延迟将等于：

$$T + \Delta T = \alpha R(1 \pm P)C(1 \pm P).$$

此式的分析表明，如果R和C在同一方面改变，則最大的延迟改变等于 αP 。例如，在 $P=10\%$ 时，延迟改变20%。当R和C的偏差具有相同的数值和不同的符号时，得到最小的延迟改变。在此情况下，当 $P=10\%$ 时，延迟总共改变1%，在 $P=20\%$ 时，改变4%等等。因此对于定时繼电器來說，对它的稳定度提出高的要求，必須采用高度稳定的电阻和电容器。

应该注意，电解电容器的电容量对温度的关系很大。例如，对于KЭ—1型电容器來說，在温度由 $+10^\circ\text{C}$ 改变到 $+40^\circ\text{C}$ 时，电容量改变10%。

充气放电管和电磁繼电器的选择

从充气放电管应用在定时繼电器中的观点看来，发火电位 U_3 ，熄火电位 U_4 和最大容許电流是充气放电管的基本参数。

发火电位的数值决定定时繼电器的延迟時間。

必須指出，充气放电管的发火电位可以有 $\pm 5\%$ 的改变。充气放

电管用直流电压形成以后，这种改变可显著地减小。形成的意思是指充气放电管经过限制电阻接到直流电源(电压大于发火电位)70~100小时。

充气放电管的发火电位和熄火电位之差具有较大的数值。这个差值越大，则经过继电器线圈的电容器的延迟放电电流将越持久(在同一电容器的数值时)。这电流的振幅由发火电位和继电器的线圈电阻来决定。发火电位越高和线圈电阻越小，放电电流越大，应用的电磁继电器的灵敏度可以越低。因为放电电流在很短的期间内流通，所以它可能超过流过放电器件的正常电流值几十倍而没有损坏继电器的危险。

在充气放电管定时继电器中，采用标准的非极化或极化直流电磁继电器。最好采用较灵敏的、动作电流不大于10~15毫安的继电器。

充气放电管定时继电器的计算

可按照列于图3的曲线进行计算。为此，必须知道延迟时间和在给定的供电电压波动 $\Delta U_0/U_0$ 下容许的延迟时间改变。

以下列步骤进行计算：

1. 按图3的曲线找出满足给定供电网电压改变的数值 k 。因为数值 k 可以有几个数值，我们选取其中最小的一个，这就可利用较小的 R 和 C 值以获得给定的延迟。

表 1

充 电			放 电		
k	T/RC	充电值, %	k	T/RC	放电值, %
1.02	4.6	99	1.1	0.1	90.48
1.05	3.0	95	1.22	0.2	81.8
1.11	2.3	90	1.35	0.3	74.0
1.15	2.0	86.5	1.5	0.4	67.0
1.25	1.6	79.8	1.83	0.6	54.9
1.33	1.4	75.3	2.0	0.7	49.6
1.43	1.2	69.9	2.22	0.8	44.9
1.58	1.0	63.21	2.46	0.9	40.66
1.68	0.9	59.3	2.72	1.0	36.79
1.82	0.8	55.0	3.3	1.2	30.1
2.0	0.7	50.3	5.0	1.6	20.2
2.22	0.6	45.1	10.0	2.3	10.0
2.54	0.5	39.3	20.0	3.0	5.0
3.09	0.4	32.97	40.0	3.68	2.5
3.86	0.3	25.9	60.0	4.1	1.67
5.5	0.2	18.1	80.0	4.4	1.25
10.5	0.1	9.52	100.0	4.6	1.0

2. 由表 1 中, 对于求得的k值找出比值T/RC。比值 T/RC 也可由下式决定

$$\frac{T}{RC} = \ln \frac{1}{1 - \frac{1}{k}}.$$

由此决定乘积 RC。如果得出的乘积大于 150~200 秒, 则选择较小的K值后, 应重复计算。为保证所需的稳定度, 需要电源稳定。

在此情況下，按曲綫求出的數值 $\Delta T/T$ 應減小到 $\frac{1}{k}$ 。

選取電容器的電容量後，決定必須的電阻值。

3. 給定供電電壓 U_0 ，求出發火電壓值

$$U_3 = \frac{U_0}{k}。$$

在具有半導體整流器的電路中，電壓 U_0 通常是電網電壓的1.1~1.3倍。如果在電路中利用穩壓器，那麼 U_0 等於穩壓器的穩定電壓。

計算例題 計算具有延遲 T 由1到60秒的定時繼電器的 R 和 C 。220伏電網電壓改變 $\pm 20\%$ ，應使延遲改變不大於 $\pm 5\%$ 。整流電壓 $U_0=250$ 伏。

所需的延遲穩定度（ $\pm 5\%$ ）高於電網電壓的穩定度（ $\pm 20\%$ ），因此採用供電電壓的穩定措施，選取CF4C型穩壓管。

給定負荷電流 $I_H=15$ 毫安和通過穩壓管的電流 $I_{cm}=10$ 毫安，由下列公式求出附加電阻 R 的數值

$$R = \frac{U_0 - U_{cm}}{I_H + I_{cm}} = \frac{250 - 150}{(10 + 15)10^{-3}} = 4000 \text{ 歐}。$$

然後決定穩定係數

$$K = \frac{R U_{cm}}{U_0 R_0} = \frac{4000 \times 150}{250 \times 200} = 12。$$

因此，穩壓器輸出端的電壓將改變

$$\left(\frac{\Delta U_0}{U_0} \right)_{cm} = \pm \frac{20}{12} = \pm 1.7\% \approx \pm 2.0\%。$$

由曲綫（圖3）可看出，所有的 k 值均滿足不穩定度 $\pm 2\%$ 。

取等於1.1的最小的 k 值。

對於 $k=1.1$ ，由表1中求出

$$\frac{T}{Rc} = 2.4，$$

由此

$$RC = \frac{T}{2.4} = \frac{6.0}{2.4} = 2.5 \text{ 秒。}$$

給出电容量的数值为20微法，求得

$$R = \frac{25}{20} = 1.25 \text{ 兆欧。}$$

然后决定：

$$U_3 = \frac{U_{cm}}{k} = \frac{150}{1.1} \approx 36 \text{ 伏。}$$

CF3C型稳压管具有这样的 U_3 值。

整流器的計算用一般的方法进行。整流器的濾波器通常由一个电容量为10~20微法的电容器組成。

电子管和閘流管定时繼电器

采用电子管可以构成比充气放电管繼电器更完善的定时繼电器。电子管定时繼电器具有較大的延迟范围，比較稳定，有可能采用灵敏度較低的电磁繼电器和小容量的电容器。

电子管中有灯絲使定时繼电器复杂化，因为在由交流电網供电时，必須采用变压器或附加电阻，而在由电池組供电时需有单独的灯絲电池組。

电子管定时繼电器采用在需要時間讀数准确度高的地方(例如，在进行科学研究和实验时)。它們可以制作成組合的设备(例如，用于照相印刷的自动曝光計)。

电子管定时繼电器的結構

应用最广的一种定时繼电器的原理图示于图5, a。

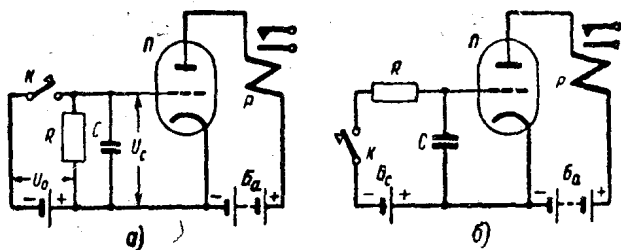


圖5. 电子管定时繼电器的原理圖

在这电路中，起始时电子管 Π 由电压 U_0 所封鎖。在电鍵 K 断开时，延迟开始。电容器 C 开始通过电阻 R 放电。这时，由电容器的充电所决定的电子管栅极上的电压 U 。将按下列規律衰减

$$U_c = U_0 e^{-\frac{t}{RC}},$$

式中 U_0 ——电子管栅极上的起始电压（伏）。

当屏流增长到繼电器动作电流的数值时，接入电子管屏极电路中的电磁繼电器 P 动作。

从电鍵断开到繼电器动作之間的时间，就是延迟时间。它可按下式計算

$$T = RC \ln k, \quad (2)$$

式中 $k = \frac{U_0}{U_p}$;

U_p ——繼电器动作时，电子管栅极上的电压（反应电压）。

这个时间与电路的时间常数 RC 成正比，并和系数 k 有关。在同一 R 和 C 值时， k 越大，延迟越大。 k 的增加就意味着电容器放电到較小的电压。

图5, 6 所示的定时繼电器电路应用較少。使用这电路时，在电鍵 K 闭合时延迟开始。电容器 C 由电池組 B_0 通过电阻 R 来充电。电