

高精度数字式时间继电器

许昌继电器研究所 郭冬生 姜荷英

提 要

本文阐述了高精度数字式时间继电器所必须解决的小定值的整定精度问题。提出了具有时间补偿的高精度数字式时间继电器的新型方案。着重阐明了时间补偿原理及实用线路。用这一新型原理构成的SS—31时间继电器其各性能指标均达到了国际同类先进产品的要求。

一、概 述

时间继电器广泛应用于继电保护及自动控制装置中，它是必不可少的基础元件。近年来随着电力工业的发展，各种超高压保护装置的出现，对时间继电器的精度要求也愈来愈高。高精度时间继电器可使得保护的整定级差大为缩小，从而在尽可能短的时间内作用于跳闸，这对减轻设备的损坏、提高电力系统的稳定性大有好处。目前，传统的钟表机构的机电型产品已远远满足不了新型保护及各种自动控制装置的要求，产品的更新换代势在必行。

三、结论

(1) 在系统不振荡情况下，继电器(2)基本上包含了继电器(1)的优点，解决了继电器(1)反向误动的缺陷。

(2) 由于补偿电压中增加了 U_0 分量，使继电器(2)在区内接地短路时的比相条件大为改善，继电器灵敏度提高，动作速度加快；抗弧光电阻能力增强。

(3) 正向区外金属性不对称接地短路有稳态超越。

本文的完成，得到王广延老师和许多其他老师及同志的指导和帮助，在此致谢。

参考文献

- [1] 多相补偿接地阻抗继电器动作特性分析，华东电力设计院，1978.2
- [2] 朱声石：高压电网继电保护原理与技术，电力工业出版社，1981.3
- [3] 王梅义，蒙定中等：高压电网继电保护运行技术，电力工业出版社，1981.6
- [4] 电力系统故障分析，华北电力学院，电力工业出版社，1979.12

随着电子技术特别是CMOS集成电路的飞速发展,使得高精度时间继电器成为可能。国外从七〇年代开始,出现了新型原理即采用数字集成电路的电子型时间继电器。这一新的延时原理的出现,使时间继电器的性能指标产生了一个大的飞跃,它的延时精度比原钟表延时机构及电动机等原理构成的机电型产品提高了一个数量级。从而足以满足各种新型保护及自动控制装置的要求。

表1为数字式时间继电器与钟表延时机构,电动机式、晶体管式等时间继电器的主要性能指标的对比。

表1、主要性能指标对比

	钟表机构	电动机式	晶体管式	数字式
延时范围	0.125~20s 分四种规格	1~900s 分十几种规格	~180s或更 长延时多规格	20ms~999s仅一 种规格(也有更长 延时至数十小时)
延时一致性* ¹	最大延时整定 值的2~2.5%	5%	3%	
整定误差	最大整定值的 ±5%	±5%		0.3%+2ms (含一致性)
报限温度** ² 下的变差 (-20°C~+40°C)	最大整定值的 ±5%		±10%	0.45%+1.5ms (-25°C~+50°C)
功 耗	30W			5W
代 表 产 品	国内 DS—30系列 DS—110系列 国外 ASEA公司 RXKH	国内 MS—4	国内 JS—20系列	国内 SS—31 国外 ASEA公司 RXKE ₁

【注】1.延时一致性相当于老标准中的变差。

2.报限温度下的变差即报限温度下延时的变化。(与基准温度20°C时比较)

所谓时间继电器的延时精度主要包括三个主要指标。1)、延时的一致性;2)、变差,即由于温度及电源电压的变化所引起的延时的变化;3)、整定值误差。对于上述的1)、2)两条可采用高稳定度的晶体振荡器以及由于数字集成电路的采用,是容易达到高精度的。但由于第三条整定精度而言。虽然采用了拨盘开关整定时间,使时间的整定更明显、直观、且在同一挡延时中如以三位拨盘计,可有1/1000的延时整定,从而

使整定精度更高。但由于继电器在接通电源时，电源有个建立时间。再加上计数器的清零时间。执行元件——小出口中间的动作时间（以下简称附加延时）。这些因素都直接影响到最小定值的数值及小定值的整定误差，如不采取一些补偿措施。小定值的整定误差就会很大。因此解决小定值的整定精度成为高精度时间继电器必须解决的关键问题。本文提出了采用时间补偿这一新型方案、着重阐明时间补偿原理及实用线路。简单而又方便地解决了附加延时对整定精度的影响。从而达到高延时精度。

二、高精度数字式时间继电器的工作原理及时间补偿电路。

1、工作原理

带有时间补偿的高精度数字式时间继电器的工作原理见图 1。

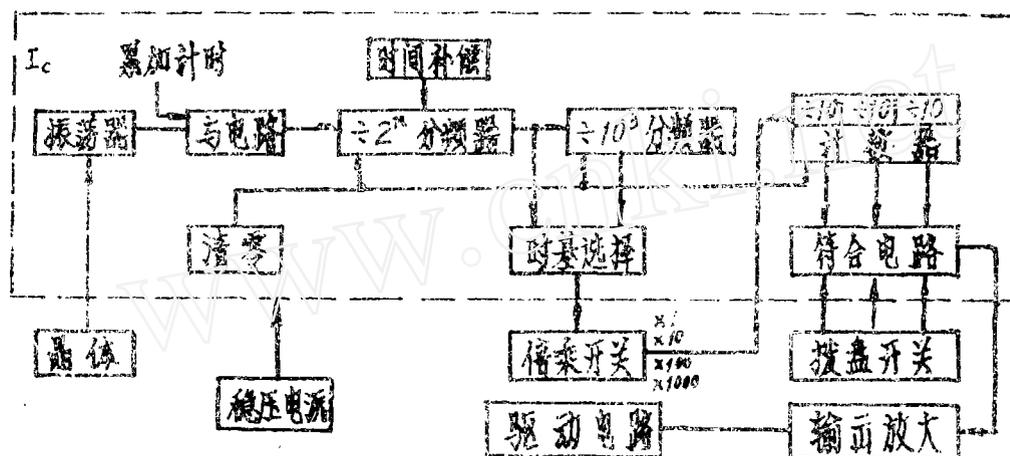


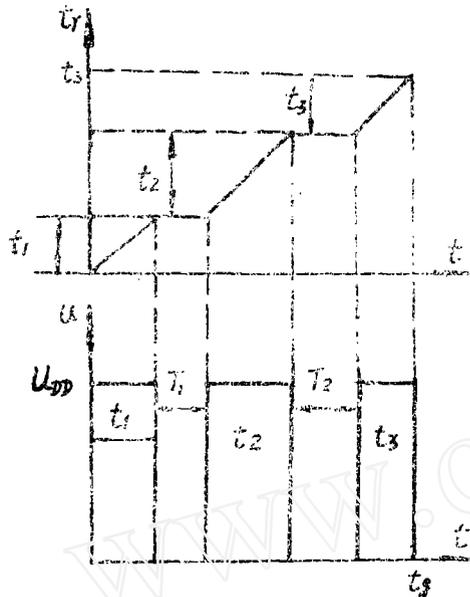
图 1 带时间补偿的数字式时间继电器框图

方框图中虚线所框部分的功能均由CMOS电路完成，此CMOS电路最好能做成一块专用电路，也可按功能分成2~3块电路。一接通电源，清零电路将各分频器、计数器清零，振荡器开始工作，由于外接晶体，振荡器的频率稳定度较高，其综合误差可保持在0.1%以下。时基脉冲经分频器分频，并经时基选择后送入计数器计数，当达到拨盘开关所整定的数值、电路符合，于是输出到放大，然后驱动执行元件——小型出口继电器，完成延时动作。时间补偿电路可去除执行元件的动作时间等产生的附加延时的影响。补偿的时间由设计设定。拨盘开关为8、4、2、1码数字开关，本身带有机械译码，这样可简化集成电路。时基选译可通过倍乘开关。方便地将延时整定值X1、X10、X100、X1000。因此继电器的延时可以分为四挡。如延时范围为20ms~999ms，则四挡延时分别为20ms~999ms；0.02~9.99s；0.1~99.9s；1~999s。每挡延时又可以1/1000整定。

上述继电器也可作为累加计时用。通过对累加计时端的控制，可测量断续时间的累计。见图2。

$$t_s = t_1 + t_2 + t_3 = t_g - (T_1 + T_2)$$

上面测量电源累计时间。被测量时间中。电源的中断时间除掉。电源中断期间。计数器保持原计数值，继电器不返回（辅助电源不中断）直到累加计时至整定值，出口元件动作。



t—时间 u—控制端电压
t_y—被测时间 t_s—整定时间

图 2、累加计时

2、时间补偿电路

如前所述，对于小定值的整定，由于附加延时的影响，大大降低其整定精度。一般的出口小中间继电器的动作时间为 6~10ms，加上电源建立等附加延时，若总的附加延时为 20ms。那么对于 20ms~999ms 挡延时来说，且不计其它因素的影响。实际测量时间为 (20+20)ms~(999+20)ms，那么整定误差为：

$$\text{误差} = \frac{\text{实测值} - \text{整定值}}{\text{整定值}} \times 100\%$$

20ms 整定点 误差

$$= \frac{(20 + 20) - 20}{20} \times 100\% = 100\%$$

100ms 整定点 误差

$$= \frac{(100 + 20) - 100}{100} \times 100\% = 20\%$$

999ms 整定点 误差 = $\frac{(999 + 20) - 999}{999} \times 100\% = 2\%$

由上述计算可以看出，附加延时对于小定值的误差影响是不可忽略的，这就是使得某些继电器不可能把最小定值做得太小的原因。数字式时间继电器由于用了数字开关整定，可有 1/1000 的整定刻度，刻度值分得如此之细是其它时间继电器所做不到的。如若出现这么大的整定误差，那么上述优点就很难显示出来了。

为了减少附加误差，国外有些同类产品采用了快速清零电路。见图 3。

工作前首先接通电源、振荡器开始工作，而各分频器、计数器则经微型继电器的长闭触点位于清零电位，使其处于清零状态，一旦需要继电器开始延时，那么可通过闭合快速清零端，使微型继电器迅速动作，常闭触点打开、计数器开始计数，以此来消除电源建立时间和清零时间引起的附加延时。

上述方法是减少附加误差的方法之一，但仍然有其一定的局限性。

1)、需长期接通电源，对用作保护的继电器来说，其动作频率是很小的，不工作的时间远远超过工作时间，长期接通电源

意味着损耗的增加。

2)、需要控制清零的微型继电器,增加元件,既提高成本,又降低可靠性。

3)、对于出口执行元件——小型中间继电器的动作时间所引起的附加延时仍然是无法消除的。

为了解决以上的不足,我们研制了时间补偿电路,可去除由执行元件动作时间等因素引起的附加误差的影响,大大提高了小定值的整定精度。

为了说明时间补偿这个问题,我们引用如下几个术语:

整定时间 s : 拨盘开关的数字与倍乘开关的乘积。

计数时间 $T \cdot n$: T —时基脉冲周期

n —计数器所计的脉冲数与拨盘开关整定的数一致。

实测时间 s' : $s' = Tn + \Delta s$

①

其中 $\Delta s =$ 附加延时

1) 无时间补偿时:

$s = Tn$ (整定时间 = 计数时间)

由①式得: $s' = Tn + \Delta s = s + \Delta s$

$\therefore s' > s$

2) 采用时间补偿时:

使 $s > Tn$, $s - Tn = \Delta s$ 即 $Tn = s - \Delta s$

由①式得 $s' = Tn + \Delta s = s$

上述变换的实质就是在有补偿时,减少计数时间 Tn ,使计数时间比原来无补偿时的计数时间在数值上减少了一个 Δs (附加延时),这样就能保证实测时间等于整定时间。

那么如何减少计数时间 Tn 呢?可以把 Tn 分成二部分来实现。

使 $Tn = Tn_1 + \Delta Tn_2$ 其中 $n_1 + n_2 = n$ ($\because n$ 应等于拨盘开关的整定数)

又使 $\Delta Tn_2 \ll Tn_1$

得 $Tn \approx Tn_1$

举例说明:

设: 整定值为 $20ms$, 附加延时为 $18ms$

即 $s = 20ms$ $\Delta s = 18ms$

1)、无补偿时:

$T = 1ms$, $n = 20$ $Tn = 1ms \times 20 = 20ms$

$\therefore s = Tn$

$\therefore s' = Tn + \Delta s = 20 + 18 = 38 (ms)$

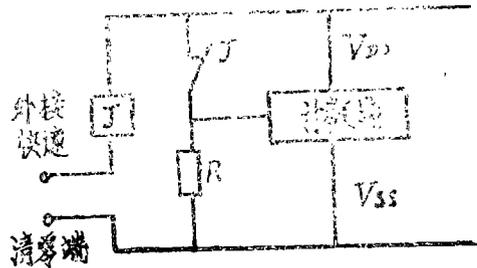


图3 快速清零电路

实测值大于整定值

2)、有补偿时

$$\text{使 } T = 1\text{ms}, \Delta T = \frac{1}{256}\text{ms}, n_1 = 2 \quad n_2 = 18$$

$$\therefore T_n = T_{n_1} + \Delta T_{n_2} = 1\text{ms} \times 2 + \frac{1}{256}\text{ms} \times 18 = 2.07\text{ms}$$

$\therefore s' = T_n + \Delta S = 2.07\text{ms} + 18\text{ms} = 20.07\text{ms} \approx 20\text{ms}$ (实际电路中的0.07ms也可补偿掉)

总的来说,补偿的实质就是保持计数器(或分频器)的计数(分频)脉冲总数不变,而时基周期分为二部份,一是原来的时基脉冲,另一为高频脉冲,让高频脉冲首先通过,而这部分的计数时间又是可以忽略的部分,亦即以高频脉冲通过所减少的时间来补偿附加延时的时间,从而使整定值与实测值相符。

上述的时间补偿原理对每一挡延时都是适用的。由于附加延时为ms级,所以除“X1挡外,其余挡的补偿在10分频器中就予以补偿了。

这一时间补偿又可用图4框图说明。

假定CP为256KHz,通过可预置的频率补偿器可有两种频率的脉冲。它可以控制256KHz,脉冲通过的数量,在通过预先设定的脉冲个数时则禁止其通过,然后让1kHz脉冲通过。

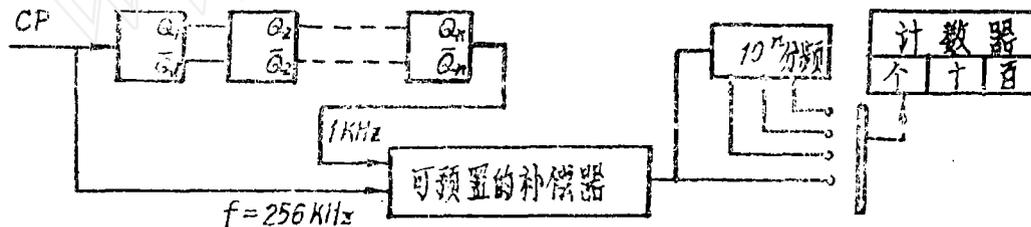


图4 时间补偿器示意图

表2 整定电位及补偿时间

J ₅	J ₄	J ₃	J ₂	J ₁	补偿时间
0	0	0	0	1	1ms
0	0	0	1	0	2ms
0	0	0	1	1	3ms
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1	1	1	1	1	31ms

实现时间补偿的线路很多,下面介绍一种简单实用的逻辑线路。

如图5, $J_1 \sim J_6$ 为补偿控制端,按所需补偿时间可分别置“1”或置“0”只有当 Q_1 、 J_1 为“1”时, N_1 、 N_6 管才导通,其余类推。而其中只要有一路二串联管同时导通,则EL输出就为“0”否则为“1”。 $J_1 \sim J_6$ 控制补偿时间,若全置“1”,则能补偿31ms,如若要增加补偿时间,可增加N管和J控制端。具体补偿数见表2。

现以00011为例说明,此时的 J_1 、 J_2 置“1”其余置“0”。开机清零,EL输出为零,与非门(3)打开,为CP可通过,清零后计数,当第一个CP脉冲通过时, N_1 、 N_6 、 N_2 、 N_7 管均导通,EL中“0”,当第二个CP脉冲通过时, N_1 、 N_6 管截止, N_2 、 N_7 管导通,EL为0;当第三个CP脉冲通过时, N_1 、 N_6 管导通, N_2 、 N_7 管截止,EL为“0”,当第四个CP通过时, N_1 、 N_6 、 N_2 、 N_7 均截止,此时EL为“1”、由与非门(1)(2)组成的触发器翻转,门(3)被封住、CP脉冲过不去,因此通过门(4)的CP脉冲只有三个,以后就由 Q_n 脉冲通过。实现了前面所提到的可预置的补偿作用。见图5示。

表3 性能指标对比

项 目	A S E A 公司 FXKE ₁ (1)	B B C 公司 SSX120 (2)	许 继 产 品 SS—31
延 时 范 围	20ms~99g	0.1s~99s	2nms~999s
整 定 位 数	两 位	两 位	三 位
延 时 一 致 性		0.4%整定值	
整 定 误 差	±(0.3%整定值 + 2mg)		±(0.3%整定值 + 2ms)
使用的环境温度	-25°C~+55°C	-20°C~+30°C	-25°C~+50°C
温 度 误 差	0.01%×所变化的温度度数 + 15.mg	+2%~-1%	0.01%×所变化的温度度数 + 1.5mg
返 回 时 间	20ms		20ms

三、SS—31高精度数字式时间继电器的性能指标及与国外同类产品的对比

SS—31是利用上述时间补偿原理构成的高精度数字式时间继电器,时间补偿部分由为此而设计的专用CMOS电路完成,此产品的主要性能指标均达到了国际同类先进产品的指标,并于八五年通过产品鉴定。

近十年来在国外迅速发展起来的数字式时间继电器,品种甚多,但最小定值为20ms及以下的不多,带时间补偿、可消除执行元件动作时间等附加误差的更少,据目前一些

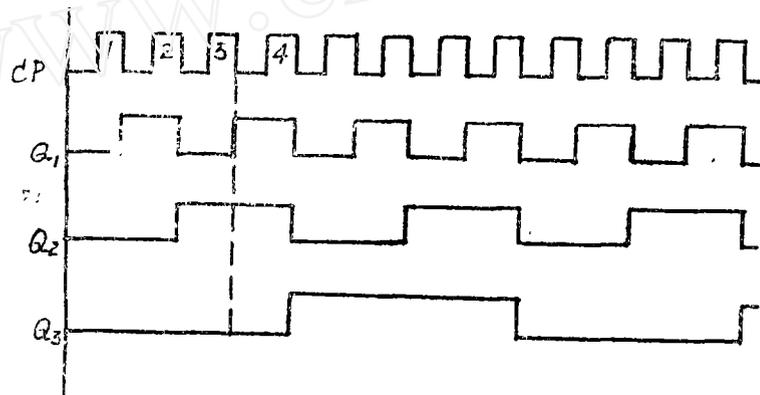
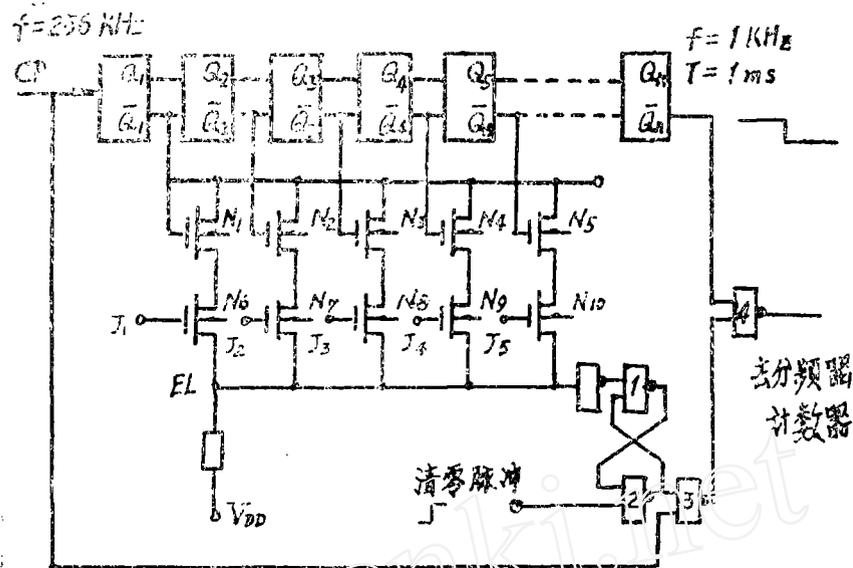


图5 时间补偿逻辑图及其波形

资料分析，带有时间补偿的、高整定精度的数字式时间继电器仅有瑞典ASEA公司有此产品。表3为SS—31的性能指标与国外同类产品的对比。

综上所述，SS—31时间继电器以其特殊的逻辑电路，较简单地解决了—般数字式时间继电器所存在的小定值的整定精度问题，在性能指标上达到了国际同类产品的先进指标。随着国内CMOS集成电路可靠性的不断提高和成本的大幅度降低，SS—31高精度，数字式时间继电器将会广泛应用于各继电保护和工业自动化控制中。

参 考 文 献

- (1) ASEA RHLAS BO 3—1613E (2) BBC公司产品样本