

ZCG--45型相差动高频保护

许昌继电器研究所 任志成 张学琛 姚武

一 概 述

ZCG--45型相差动高频保护装置由集成电路构成。由集成电路构成的有源滤波器、整流器、比较器等，功率消耗极小，可以由共同的电压或电流母线供电，保护的交流回路可以大大简化，便于生产。如该保护需要输入 I_A 、 I_B 、 I_C 、 $3I_0$ 交流电流，即采用四个小型电流互感器，每相功率消耗约1VA；另外需输入相间交流电压，采用了一个小型变压器。而同类型分立元件产品达到同样目的要求采用九个电流互感器，一个变压器和一个电感，交流电流回路功率消耗近5VA/相。另采用运算放大器构成的有源滤波器比无源滤波器设计制造方便，体积小、特性好。采用运算放大器构成的有源全波精密整流电路克服了二极管整流电路中二极管阈值电压造成小信号整流失真的现象，实现了正确的直线整流等优越性是分立元件无可比拟的。

该保护适用于110~500kV大电流接地系统中的输电线路作主保护，能瞬时切除被保护线路范围内的各种故障，电流互感器二次回路断线，输电线路非全相运行以及电力系统发生振荡均不会误动作。

保护采用数字时间原理的两次比相元件，可配合单频率收发信机使用，即半周比相工作方式，还可配合双频率收发信机使用，即正负半周比相工作方式，以提高保护的动作速度。

操作元件采用 \dot{I}_1 、 $K_2 \dot{I}_2$ 、 $K_0 \dot{I}_0$ 三种操作因素，可采用 $\dot{I}_1 + K_2 \dot{I}_2$ 、 $\dot{I}_1 + K_2 \dot{I}_2 + K_0 \dot{I}_0$ 工作方式。为配合双频率收发信机采用了调整使用方便的移相回路。

起动元件采用多种起动因素，能可靠反应各种类型故障，提高保护的可靠性。 I_2 、 $3I_0$ 、 I_x 、 $\Delta \dot{I}_x$ 等各种电流元件采用瞬时值测量原理构成，Z阻抗元件采用相位比较原理构成，动作返回迅速。

二 操作元件

国内外基本采用 $\dot{I}_1 + K_2 \dot{I}_2$ 作为操作量。本保护除保留 $\dot{I}_1 + K_2 \dot{I}_2$ 操作量的优越性外，另增加了 $K_0 \dot{I}_0$ 辅助操作量，供用户选用。采用 $\dot{I}_1 + K_2 \dot{I}_2 + K_0 \dot{I}_0$ 操作量，可以更好的与起动量 I_2 、 $3I_0$ 配合，提高保护接地故障的灵敏度，改善保护用于单侧电源的性能。

保护操作元件如图 1 所示。由 $\dot{i}_1 + K_1 \dot{i}_2 + K_0 \dot{i}_0$ 综合有源滤序器、带通滤波器、操作方波形成器、开关位置继电器、移相回路等部份组成。

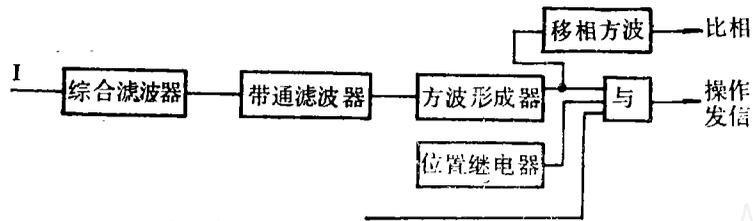


图 1 操作元件

1. 综合有源滤序器:

综合有源滤序器由 I_1 正序电流滤序器, I_2 负序电流滤序器、 $2i_0$ 零序电流滤序器经总加法器按不同的 K_2 、 K_0 值精确总加而成。由于本保护 I_2 负序电流起动元件也需要采用 I_2 负序滤序器, 为简化接线, 便于生产使用, 尽量采用统一的典型电路。经试验研究综合比较后, 采用图 2 有源 I_2 负序滤序器, I_1 正序滤序器接线也相同, 只是输入信号相序不同而已。

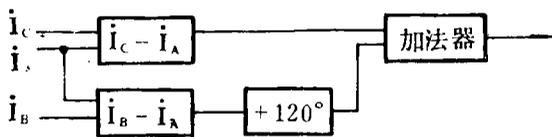


图 2 I_2 滤序器

以往的继电保护的执行元件所需信号的加减, 是由不同的电流互感器、电抗变压器和变压器的各绕组同极性或反极性相连而获得的, 因此一套复杂的保护需要大量的变换器。采用

集成运算放大器后可以对不同的信号进行精确的相加、相减, 并可按比例进行放大或缩小, 这样就可省去大量的铁芯元件, 简化保护装置, 大大减少功率消耗。

图 2 中 $\dot{i}_c - \dot{i}_a$ 、 $\dot{i}_b - \dot{i}_a$ 即采用运算放大器构成的减法器来实现。 $\dot{i}_b - \dot{i}_c$ 减法器输出信号再输入超前 120° 移相回路, 该回路如图 3 所示。

设 $R_1 = R_2$,

$$U_0 = \frac{R_3 - \frac{1}{j\omega C}}{R_3 + \frac{1}{j\omega C}} U_1$$

从上式可见这种移相回路移相角仅与 R_3 、 C 参数有关, 调整移相角时, 具有保持 $U_0 = U_1$ 的优点, 移相回路输出信号为 $(\dot{i}_b - \dot{i}_c) e^{j120^\circ}$, 再与 $\dot{i}_c - \dot{i}_a$ 减法器, 输出信号经加法器相加处理。

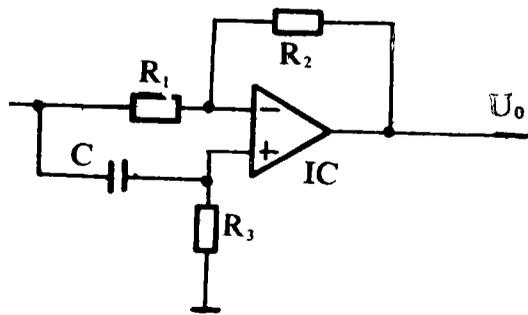


图 3 移相回路

加法器的输出电压即是有源 I_2 负序滤序器的输出电压, 电力系统正常运行, 保护输

入三相平衡正序电流，而 I_2 滤序器可从公共的 $\dot{I}_A - \dot{U}_A$ 、 $\dot{I}_B - \dot{U}_B$ 、 $\dot{I}_C - \dot{U}_C$ 交流电流变换器获得对应于三相平衡正序电压的三相平衡正序电压，电压矢量图如图4所示，输出电压：

$$\dot{U} = \dot{U}_{CA} + \dot{U}_{BA}e^{j120^\circ} = 0$$

当输入三相平衡负序电流时，电压矢量图如图5所示，输出电压：

$$\dot{U} = \dot{U}_{CA} + \dot{U}_{BA}e^{j120^\circ} = \sqrt{3}U_{BA}e^{j90^\circ}$$

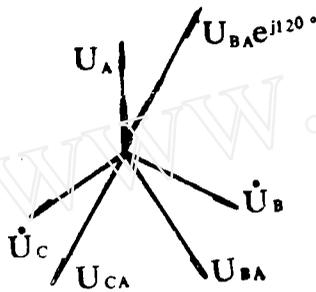


图 4

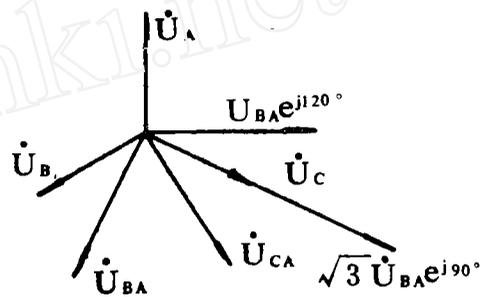


图 5

I_2 负序滤序器输出交流电压再与 I_1 正序滤序器、 $3I_0$ 零序滤序器输出交流电压按不同的 K_2 、 K_0 值经总加法器相加处理，实现 $\dot{I}_1 + K_2 \dot{I}_2$ 或 $\dot{I}_1 + K_2 \dot{I}_2 + K_0 \dot{I}_0$ 不同的工作方式并可根据需要选择 K_1 、 K_0 值。这样构成综合有源滤序器伏安特性的线性度及相位特性均比较好，工作电流在 $20I_0$ 范围内变化时，相位特性角差仅 $2 \sim 3$ 度。

2. 带通滤波器：

电力系统是由发电机、变压器、线路等电感性元件组成。在短路的初瞬间电感中的电流是不能突变的，这就产生了短路电流的暂态非周期分量，即直流分量。直流分量的出现使得电流波形偏于时间轴的一边，使电流的某半周加宽，另半周变窄，即操作方波的比例发生变化，这对外部故障而言，一般不影响保护的動作行为。对内部故障有可能延缓保护的動作速度。

输电线路对地有分布电容，分布电容上的电荷对输电线路电感及电源电感放电产生高频分量。短路故障切除后，系统电压恢复即系统对线路对地分布电容充电，这构成一个简单的R、L、C振荡回路，振荡频率高于工频。高频分量一般不会造成保护误动作，但可使工频方波切碎，造成内部故障拒动作或延缓保护的動作速度，而交流电流变换器的铁芯是无气隙的，从次级测量的励磁阻抗远大于负载阻抗，励磁电流远小于二次电流以保证变比的准确性，所以短路瞬时出现的直流分量能通过交流电流变换器。为了消除直流分量和高频分量影响保护比相元件的工作，所以综合有源滤序器输出交流电压经过带通滤波器，对直流分量和谐波分量进行抑制削弱。滤波器接线如图6所示。

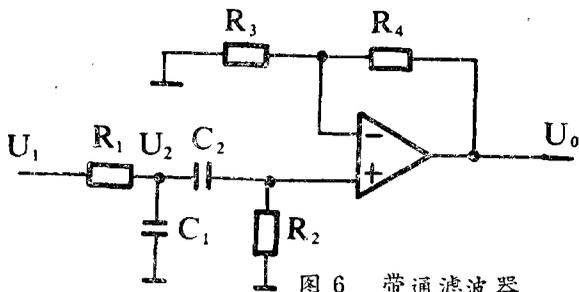


图6 带通滤波器

图中 R_1 、 C_1 串联具有低通滤波特性， C_2 、 R_2 串联具有高通滤波特性，两者串联起来具有带通滤波器的特性，输出再输入IC运算放大器的同相输入端，这属于高输入阻抗、低输出阻抗，以便与有关电路配合使用。

R_3 、 R_4 可调节运算放大器的放大倍数，设计要求 U_1 输入信号与 U_o 输出信号幅值相等，相位相同，所以参数选择应符合下列要求：

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{R_1 R_2 C^2}} \quad \frac{R_4}{R_3} = \frac{2 R_1}{R_2}$$

3. 方波形成器

带通滤波器输出交流电压经放大整形成方波后去调制收发信机。该电路如图7所示。IC1运算放大器、 R_1 、 R_2 电阻构成反相比例运算放大器，对操作信号放大以后再输入电平检测器。

IC2运算放大器， $R_3 \sim R_6$ 电阻，D二极管构成电平检测器即电压比较器，返回系数接近1。正常IC2运放反相输入端无输入信号，而同相输入端经 R_4 、 R_5 分压后输入约10mV的负参考电压，所以IC2输出为负电平，经 R_6 、D二极管非线性分压器分压后输出零电平；当IC1输入交流信号时，工作情况如图8所示。对应于交流信号的正半周，电平检测器输出高电平；对应交流信号的负半周，电平检测器输出低电平。

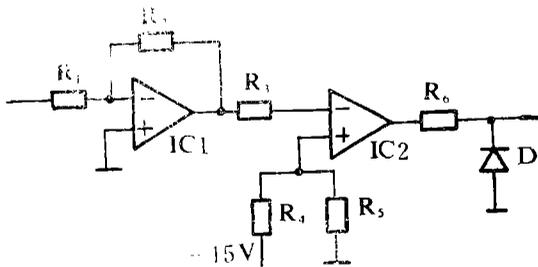


图7 方波形成器

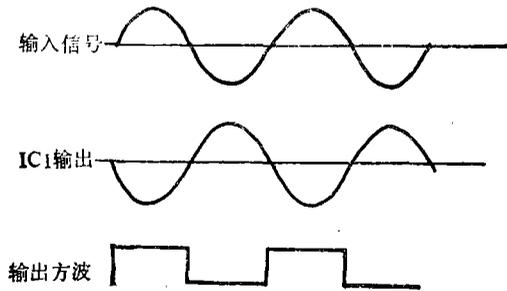


图8 操作方波

4. 开关位置继电器

该继电器为反应 $\dot{I}_1 + K \dot{I}_2$ 或 $\dot{I}_1 + K_2 \dot{I}_2 + K_3 \dot{I}_3$ 的综合电流继电器。开关在合闸位置有负荷电流或电容电流时，继电器动作，允许操作方波输送给收发信机；开关在断开位置无电流输入，继电器返回，不允许操作方波输送给收发信机。

为保证继电器动作、返回的快速性，采用瞬时值测量原理，由整流器、电平检测器，鉴宽、展宽等部份组成。

二极管能够完成整流任务，但由于二极管需一定大小的导通电压，对硅管约0.7V，对锗管约0.3V，因此对低压小信号无法进行整流，而运算放大器可实现正确的直线整

流，全波整流电路如图9所示。

当 $U_1 > 0$ 时，IC1 输出为负， D_1 导通， D_2 截止， $U_A = 0$ ， $U_o = -U_1$

当 $U_1 < 0$ 时，IC1 输出为正， D_1 截止， D_2 导通， $U_A = -U_1$ ， $U_o = -(U_1 + 2U_A) = -(U_1 - 2U_1) = U_1$

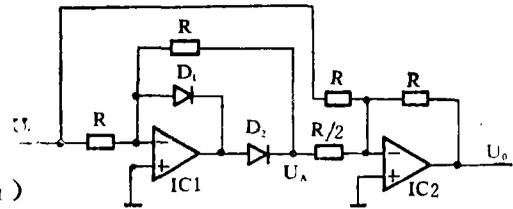


图9 全波整流

继电器动作时即电平检测器，输出方波信号。此方波信号再输入 $1 \sim 2 \text{ ms}$ 的方波宽度鉴宽电路，方波信号小于此宽度时继电器不动作，而干扰脉冲的宽度一般不会超过此数值，以解决瞬时值测量原理的电流继电器因干扰误动作的缺点。鉴宽电路实际上为一延时电路，采用图10电平检测器构成的RC积分式延时电路。正常输入端为低电平 -15 V ，所以电容C经二极管D充满电 -15 V ；继电器动作，输入端为高电平 $+15 \text{ V}$ 时，二极管承受反向电压而截止，电容C经 R_1 电阻及电源内阻按指数曲线规律放电及反充电，在放电和反充电转换时刻，IC电平检测器输出高电平，延时 $t = RC \ln 2 = 0.69RC$ ，这种时间电路精度高，不受电源影响。

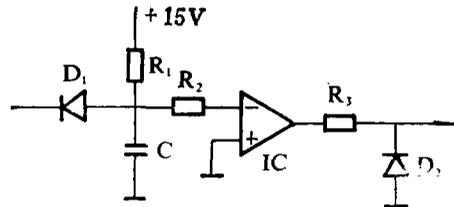


图10 延时电路

鉴宽电路输出为断续信号，为了与逻辑回路配合加 10 ms 展宽电路，此电路如图11所示。它与一般分立元件展宽电路有不同之处，为了简单起见，分立元件构成展

宽电路从输入脉冲消失算起点，实际为延时返回电路，而本保护实用CC4098双单稳触发器构成展宽电路，从输入脉冲出现算起点，这有利于提高保护的返回时间。图中4号端子为输入端正脉冲触发，6号端子为正信号输出端，调整 C_1 、 R_1 的时间常数，可以改变展宽时间 ($t \approx 0.5RC$)， C_2 、 R_2 时间常数大于 C_1 、 R_1 时间常数，避免合直流电源时误动作。

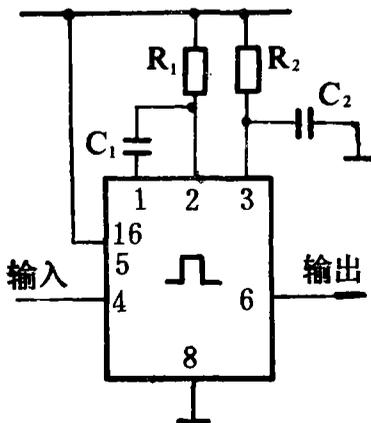


图11

5. 移相方波：

配合双频率收发信机时，为了补偿高频信号传输延时，操作方波需经一定延时后再输入比相元件。一般方波移相采用延时动作，延时返回两个相等的时间将操作方波向后移，调整延时大小可以改变电气角度。但两个时间分别调整比较麻烦，很难达到要求，现将两个时间统一为一个时间，即一个时间当两个时间使用，这就不存在调整上的困难。移相回路由正、负半周两部份组成，每一部分又由反相器、倍频器、移相延时，输出回路组成，如图12所示。

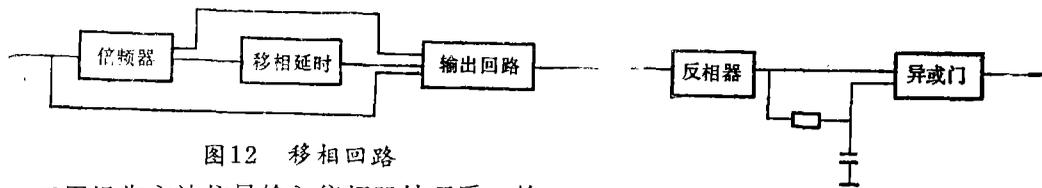


图12 移相回路

50周操作方波信号输入倍频器处理后，输出100周脉冲信号，即对应于操作方波前后沿的正脉冲信号，再用此前后沿脉冲信号去起动一个单稳态触发器构成的移相延时电路，这样可使操作方波前后沿往后移动同一时间，克服了传统移相方波需要两个延时回路的缺点。

倍频器采用反相器和异或门构成，如图13所示，方波先输入反相器，反相器输出方波再分两路输入异或门，一路直接输入异或门，一路经R、C电阻、电容短延时回路输入异或门，工作情况如图14所示。

图13 倍频器

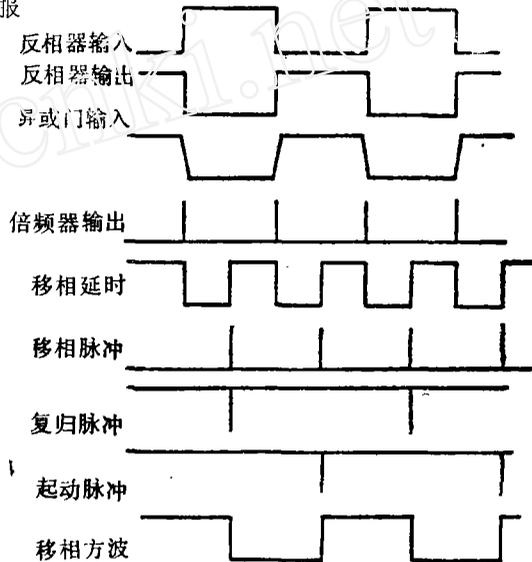


图14 方波移相

三 起动元件

1. 起动因素：

起动元件由 I_2 负序电流元件、 $3I_0$ 零序电流元件、 $1I_x$ 、 $2I_x$ 相电流元件、 $\Delta \dot{I}_x$ 相电流差突变量元件、Z阻抗元件组成。

不对称短路采用 I_2 、 $3I_0$ 作为起动量，

对称短路采用 $\Delta \dot{I}_x$ 和 $2I_x$ 或Z共同作为起动量。

各种类型的电流元件原理接线基本上与前开关位置继电器相同，不重述。仅将反应三相故障的阻抗元件和相电流差突变量元件说明如下：

2. 相电流差突变量元件

相电流差突变量元件动作特性如图15所示。图中 \dot{I}_{x0} 为短路前的电流， \dot{I}_{x1} 为短路后的电流， $\Delta \dot{I}_x$ 为两者矢量差， \dot{I}_{x1} 落于圆外时， $\Delta \dot{I}_x$ 大于起动值，圆外为动作区。

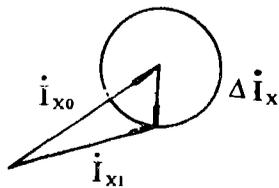


图15 突变量元件特性

该元件按图16构成，由减法器、带通滤波器、双T陷波器、整流、微分、比较器、延时等部份组成。除双T陷波器外，其余部分同前述有关部分，不重述。

双T陷波器为50Hz有源带阻滤波器，原理接线如图17所示。具有暂态记忆作用。稳态下IC1运算放大器无工频信号输出；当电力系统发生故障，输入状态发生变



图16 突变量元件

化, 无论幅值突增、突减或者相位发生变化均有突变量信号输出, 此信号经整流后再经微分电容器输入比较器。

图17中 C_1 、 C_2 、 C_3 电容器, R_1 、 R_2 、 R_3 电阻构成双T网络。 C_3 、 R_3 公共点一般是接地的, 现接到IC2运算放大器构成的跟随器的输出端, 以获得自举作用, 形成高Q值的双T陷波器。Q值随反馈至 C_3 、 R_3 的总信号或比例增长, 调节 R_4 、 R_5 的比值,

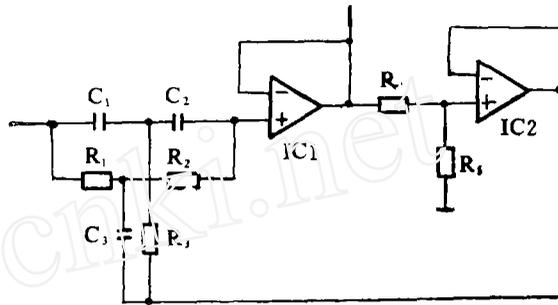


图17 双T滤波器

可以改变反馈量, 即改变Q值。有关元器件参数符合下列关系式要求:

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$Q = \frac{1}{4(1-\beta)}$$

式中Q为品质因数

$$\beta \text{ 为反馈系数 } (\beta = \frac{R_5}{R_4 + R_5})$$

2. 阻抗元件

阻抗元件带偏移特性, 动作特性向第三象限偏移值为 $0.3 \sim 0.4 \Omega$ ($I_e = 5$), 特性图如图18所示, 采用相位比较原理构成, 动作条件为 $(Z_d - Z_r)$ 和 $(0.15Z_d + Z_r)$ 两向量之间的夹角Q满足如下条件:

$$-90^\circ \leq Q \leq 90^\circ$$

两向量均乘以电流 \dot{I} , 变成比较电压的相位, 两电压为:

$$\dot{U}_1 = 0.15 \dot{I} Z_d + \dot{U}_r \text{ —— 极化电压 } U_{bc}$$

$$\dot{U}_2 = \dot{I} Z_d - \dot{U}_r \text{ —— 工作电压}$$

该元件由极化电压、工作电压形成回路和比相回路两部分组成。

a. 电压形成回路:

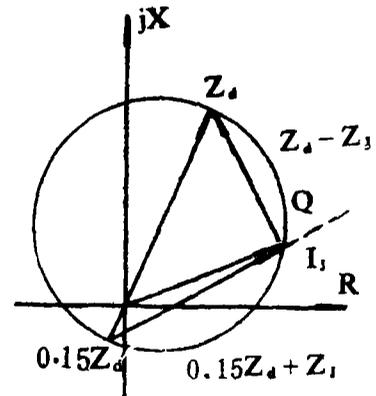


图18 特性圆

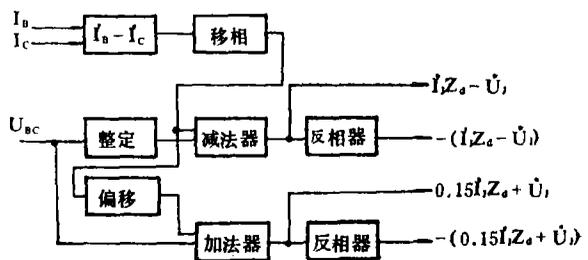


图19 电压形成回路

电压形成回路如图19所示。“ $\dot{I}_B - \dot{I}_C$ ”减法器输入移相回路以便调整转移阻抗角，移相回路输出信号即为 $\dot{I}_1 Z_d$ ，然后再与 \dot{U}_1 电压整定回路输出电压相减，输出为 $\dot{I}_1 Z_d - \dot{U}_1$ ，并经反相放大器后输出为 $-(\dot{I}_1 Z_d - \dot{U}_1)$ ，同时移相回路输出信号 $\dot{I}_1 Z_d$ 经反相放大器后输出为 $0.15 \dot{I}_1 Z_d$ ，并与 \dot{U}_1 反相整定回路输出电压相加，输出为 $0.15 \dot{I}_1 Z_d + \dot{U}_1$ ，反相放大为 $-(0.15 \dot{I}_1 Z_d + \dot{U}_1)$ 。

b. 比相回路：

相位比较回路采用双半波比相的工作原理，如图20所示。即测量 \dot{U}_1 、 \dot{U}_2 两个电压正负半周同时为正或负的时间来构成，当两个电压的相位差角为 θ 时，如图21中的阴影部份就是它们同时为正或负的时间（ $180^\circ - \theta$ ），因此比较 U_1 和 U_2 的相位差就转化为测量 \dot{U}_1 和 \dot{U}_2 瞬时值同时为正或负的时间来代替。当同时为正或负的时间 $\geq 5 \text{ ms}$ （ 90° ）时，比相回路动作。

工作电压和极化电压输入比相回路的四个方波形成器放大整形成方波信号后再分别输入两与门。电力系统正常运行时，两电压反相，与门二输入信号反相，故与门不开放，比相回路不动作；当电力系统发生故障时， \dot{U}_1 、 \dot{U}_2 两电压同相，与门二输入信号同相，正负半周5ms积分回路动作输出脉冲信号，并经10ms展宽电路展成连续信号与有关元件配合使用。

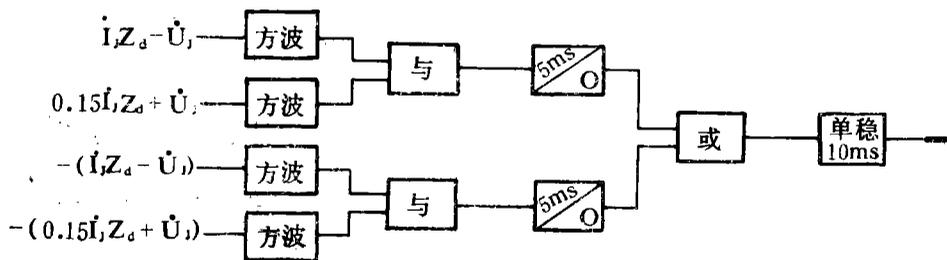


图20 比相回路

四 相位比较元件

保证相差高频保护正确动作，相位比较元件的可靠性占有重要的地位。相位比较元件在外部故障不误动作靠闭锁角保证，而闭锁角是在稳态条件下相位的最大误差决定的。在暂态过程中，例如外部短路的发生及切除和外部故障转换，有可能短时出现相位差大于闭锁角的现象，所以该元件采用两次比相法进一步防止误动作。

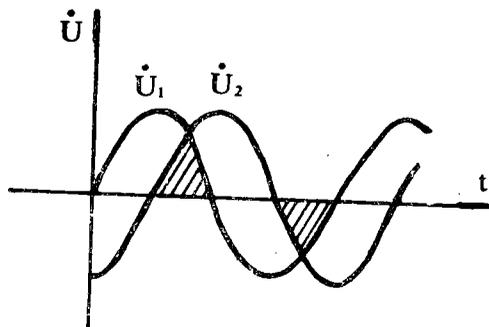


图21 双半波比相

现采用数字时间比相元件，由振荡器和相位判别回路组成，正负半周各用一个相位

判别回路，可实现正负半周比相工作方式或半周比相工作方式。

数字时间元件的构成原理是用振荡器产生一个标准的时钟脉冲，再根据时间元件要求的时间，利用计数器来计脉冲的个数。如比相元件闭锁角整定延时为 T_B ，时钟脉冲的周期为 t ，时钟脉冲的数量 $n = \frac{T_B}{t}$ ，即 n 个时钟脉冲对应的时间为 T_B 。

1. 振荡器

时钟脉冲振荡器原理接线如图22所示。由反相器及电阻、电容构成二门多谐振荡器。C电容器充放电造成反相器输入端电压上下浮动而产生振荡，振荡频率 $f \approx 0.45R_1C$ ，调整 R_1 电位器可以改变输出方波频率， R_1 限制电流，起保护稳定作用。该元件振荡频率 $f \approx 10000\text{Hz}$ ，周期 $t = 0.1\text{ms}$ ，并经IC3计数器分频以后从6号端子输出周期为 1ms 的方波信号，这两种不同频率的方波信号供数字时间电路作时钟脉冲用。IC3采用双2—10进制同步加法计数器，为8421编码。1和9号端为两计数器上升沿时钟脉冲输入端，2和10号端子为两计数器下降沿时钟脉冲输入端。振荡器输出方波信号输入计数器1号端子，2号端子接+15V，6和10号端子短接，即两计数器串联使用。9号端子接0V，7和15号端子为清零端，加高电平时，各输出端为零电平，加零电平时计数器处于工作状态。6、5、4、3输出端子输出脉冲的周期为输入1号端子时钟脉冲周期的8、4、2、1倍，14、13、2、11号输出端子输出脉冲周期为输入1号端子时钟脉冲周期的80、40、20、10倍。

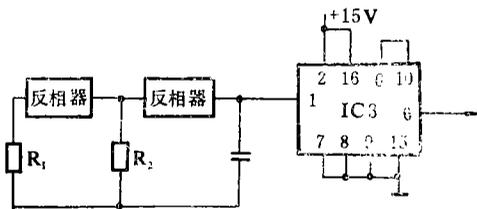


图22 振荡器分频器

2. 相位判别回路

相位判别回路如图23所示。采用半周比相工作方式时， Y_3 与非门三输入端一端接逻辑回路，反应高，低定值起动元件动作情况；一端接收发信机输出，反应两侧电流的相位；一端接高电平。正常情况，起动元件未动作，输出低电平闭锁 Y_3 门，

比相元件不工作。发生外部故障，起动元件动作时，允许 Y_3 门开放，但两侧故障电流反相，综合高频信号为连续信号，收信输出为零电位将 Y_3 门闭锁，比相元件仍然不工作。如被保护线路发生内部故障（工作情况如图24所示），起动元件动作，综合高频信号不连续，收信输出为方波信号。出现正方波时 Y_3 门开放， Y_3 门关闭， T_{11} 、 T_{13} 时间回路动作，动作一次表示比相成功一次，闭锁角整定分 60° 、 70° 、 80° 三档，也就是 T_{11} 延时分对应三档；收信输出正方波消失时， Y_3 门重新关闭， Y_3 门开放， T_{11} 延时回路返回，但 T_{13} 延时返回电路继续保持动作状态 $12 \sim 13\text{ms}$ ， T_{14} 延时回路可以工作， $8 \sim 9\text{ms}$ ，延时以判别收信输出零电位的时间（发信时间），紧接着收信输出第二个正方波信号时， Y_3 门第二次开放， Y_3 门关闭， T_{11} 、 T_{13} 延时回路第二次动作，表示第二次比相成功， T_{11} 输出信号至 Y_4 与门， $8 \sim 9\text{ms}$ 延时电路虽返回，但 T_{14} 中 $10 \sim 11\text{ms}$ 延时返回电路继续保持动作，所以 Y_4 与门开放，两次比相成功，但输出为断续信号，再经 T_{15} 延时返回电路展成连续信号，去推动XBJ比相继电器，并反馈到 H_{10} 或门作三相跳闸停讯时

的自保持信号。一般情况正弦波不会超过10ms，用12ms延时回路作正方形信号的鉴宽用。T₁₃回路动作，表示收信输出方波异常，将T₁₃复归，T₁₂带返回延时以提高可靠性。

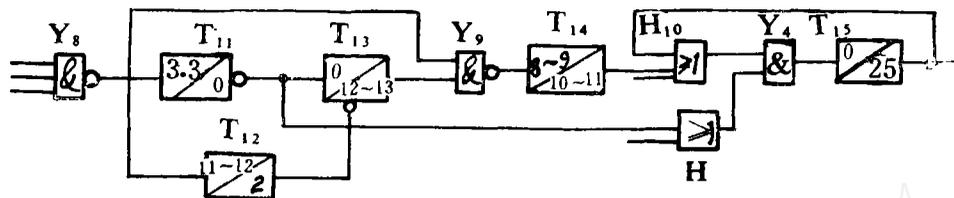


图23 相位判别回路

采用正负半周比相工作方式时，再增加另一半用的相位判别回路，原理接线，工作情况相同，只是 Y₈ 输入门三条输入回路接线略有不同而已。一路仍接逻辑回路，一路接移相方波，一路接收信输出方波。两相位判别回路接线相同，另一半周相位判别回路输出信号，从 H₁₀、H₀ 或门输入，Y₄ 门、T₁₅ 时间回路两相位判别回路公用。

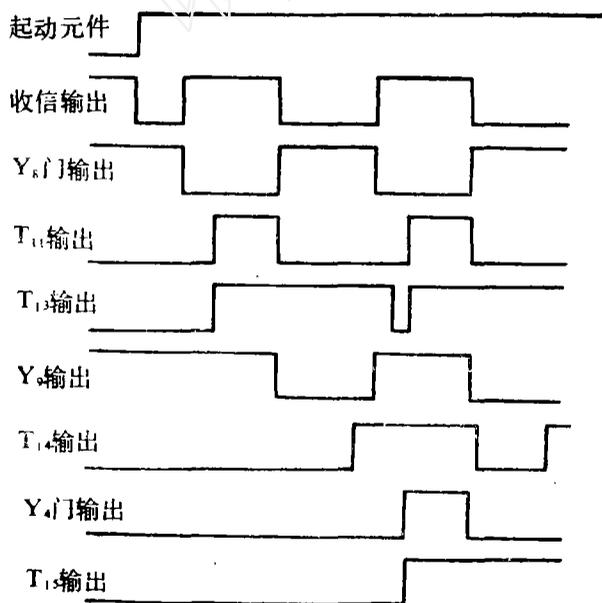


图24

相位判别回路中各时间回路均为数字时间，时钟脉冲公用一个振荡器，各个时间元件的工作情况相同，以 T₁₁ 闭锁角整定延时说明如下：

闭锁角整定延时如图25所示。IC1 计数器同前分频器，2号端子输入周期为0.1ms的时钟脉冲，7和15号清零端子作时间元件的起动控制端，接 Y₈ 门的输出，正常为高电平，计数器不工作，3、4、5、6、11、12、13、14号输出端子为零电平，接计数器不同输出端的三个与门输出端也为零电平，并经闭锁角整定插针接计数器的1号端子，即时间元件的停止控制端子，当被保护线路发生内部故障，Y₈ 门输出50周方波信号，当低电平输入计数器7和15号端子时，计数器开始工作，即时间回路起动，由于计数器为2~10进制8421编码，6、5、4、3、14、13、12、11等输出端子输出高电平时间应分别为0.8、0.4、0.2、0.1、8、4、2、1ms，IC2三输入端接计数器12和6号输出端，所以该门输出高电平，时间为2.8ms，此高电平输入计数器1号端子关闭时钟脉冲，计数器停止工作。计数器开始工作到计数器停止工作这段时间为2.8ms，计时脉冲数量为 $2.8\text{ms} / 0.1\text{ms} = 28$ ，2.8ms作为闭锁角 60° (3.3ms) 的整定延时，考虑到

子，即时间元件的停止控制端子，当被保护线路发生内部故障，Y₈ 门输出50周方波信号，当低电平输入计数器7和15号端子时，计数器开始工作，即时间回路起动，由于计数器为2~10进制8421编码，6、5、4、3、14、13、12、11等输出端子输出高电平时间应分别为0.8、0.4、0.2、0.1、8、4、2、1ms，IC2三输入端接计数器12和6号输出端，所以该门输出高电平，时间为2.8ms，此高电平输入计数器1号端子关闭时钟脉冲，计数器停止工作。计数器开始工作到计数器停止工作这段时间为2.8ms，计时脉冲数量为 $2.8\text{ms} / 0.1\text{ms} = 28$ ，2.8ms作为闭锁角 60° (3.3ms) 的整定延时，考虑到

收信滤波器有延时及高频方块波有重迭角的影响,所以比理论时间 3.3ms 略小。同理 IC_3 与门三输入端接计数器11、12、5号输出端子,为 70° 闭锁角整定时间 3.4ms ; IC_4 与门三输入端接计数器13号输出端子,为 80° 闭锁角整定时间 4ms , C_1 、 C_2 为抗干扰电容器。

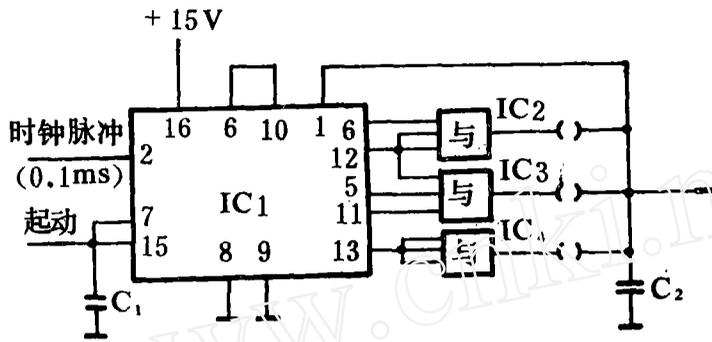


图25 闭锁角整定时间

比相元件用数字时间元件构成的优点可使电路集成化,定时精度高,调整方便,克服了积分时间元件调整更换R、C电阻、电容的困难。

五 保护的動作行为

保护在内外部故障、空载合闸,线路非全相运行,系统振荡等情况时的动作行为正确,动作时间配单频率收发信机一般为40余毫秒,配双频率收发信机一般为30余毫秒。起动元件返回时间不大于 20ms ,作到快速动作,快速返回,满足电力系统的要求。

参考文献

- [1] 葛耀中.《高压输电线路高频保护》.水利电力出版社
- [2] 金建源.《输电线路高频保护》.水利电力出版社
- [3] 王梅义主编.《四统一高压线路继电保护装置设计原理》.水利电力出版社
- [4] 郑本荣.《集成电路高频相差保护》.天津大学发电教研室