

集成电路馈线保护装置

许昌继电器研究所 姚致清

摘要 本文论述了一种集成电路馈线保护装置。该装置包含了全部传统的高压柜保护功能,适用于1~110kV等各种不同电压等级线路的各种故障保护,也可用于电动机的故障保护。

该装置采用CJ—4壹号短壳体。采用集成电路原理,将“定时限特性”与“反时限特性”集中一起,反时限回路采用“差分放大——压频变换器——计数器”式的元件回路;定时限回路以及三相一次重合闸部分的延时回路采用“触发——压频变换器——计数器”式的元件回路,摒弃了传统的阻容式的延时方法,其特点是精度高,可靠性强。

经过一段时间的研制,该装置已通过了中国继电器检测中心进行的全面性能试验。该装置的研制成功,将取消传统的保护方式,节约大量的原材料,体积小,成本低,功能强,可靠性高,安装方便,该装置的推广使用将带来巨大的社会效益。

关键词 反时限 定时限 三相一次重合闸。

1 概述

目前,我国的10kV高压系统的二次保护大部分仍然是由电磁式继电器的分立元件构成。这种保护方式的缺点是:配线复杂、占屏面积大,技术性能指标较低、功能少,耗费很多金属材料,且规格品种繁多,给设计单位选型带来很多麻烦。为了解决以上保护方式中存在的缺陷,许昌继电器研究所研制了ZGB—10系列馈线保护装置,该保护装置是参照传统的高压开关柜的继电保护功能而设计的,且其功能又多于传统的高压柜保护,可代替四台电流继电器、两台时间继电器、一台接地继电器、一台电压继电器、两台反时限过流继电器、信号继电器、一台三相一次重合闸装置。

该装置采用集成电路元件构成。用集成电路元件构成的装置,具有体积小、重量轻、功耗低、可靠性高、抗干扰能力强等特点,并可节约大量原材料,减少安装调试工作量,大大降低了劳动强度,性能价格比较高,该装置的推广使用具有重大的经济效益和社会效益。

该装置适用于1~110kV等各种电压等级线路的各种故障保护,也可用于电动机的保护。特别适用于电力、石油、化工、冶金、煤炭等工矿企业配电线路的继电保护。

根据用户需求,按以下主要功能可构成不同品种的装置:

- a. 两相过电流保护,过流保护的延时特性,或者是反时限特性,或者是定时限特性(由面板上的开关选择时限特性,由面板上的开关选择是否跳闸);
- b. 两相速断保护;
- c. 具有速断保持信号(可以手动复归)

- d. 接地保护（由面板上的开关选择是否跳闸），接地保护延时为定时限；
- e. 欠电压保护；

该装置采用许昌继电器厂标准的CJ—4短壳体（其体积只有同类组合装置的76%），前盖为透明有机玻璃罩，可以清楚地观察到装置的整定位置和信号灯的显示，取下有机玻璃罩，调节各整定旋钮可以方便地改变动作整定值。面板上设置了各种数字开关，可以方便地改变延时整定值，拔出机芯可以方便地进行维修。

2 原理分析

作为线路相间短路的过电流保护，其电流保护装置与电流互感器的联接方式，主要有以下三种：

- a. 三相式的完全星形接线；
- b. 两相式的不完全星形接线；
- c. 两相式的两相电流差接线。

上述三种接线方式，都能反应三相短路和任何两相（A、B；B、C；C、A）的相间短路。

在小接地电流电网中，当发生不同相两点接地短路时，只需要切除一个接地点。因为在这种电网中单相接地时，还可以继续运行。

如图1所示的小接地电流电网中，假设在线路 L_1 的V（B）相和线路 L_2 的W（C）相发生两点接地短路，则线路 L_1 的V（B）相流过短路电流 I_{DV} ，线路 L_2 的W（C）相流过短路电流 I_{DW} 。

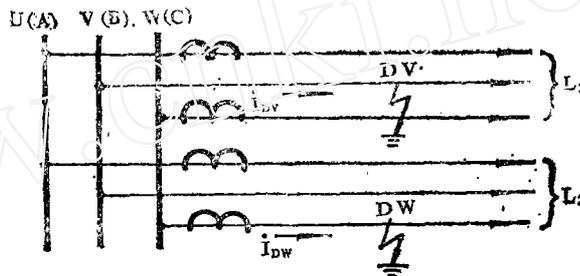


图1 小接地电流电网中的两点接地短路

a 如果采用三相式完全星形接线方式，则线路 L_1 和 L_2 可能同时被切除。因此这种接线方式不适用于小接地电流电网。

b 如果采用两相式的不完全星形接线方式，而且两条线路的过电流保护都装在同名的两相上，例如U（A）相和W（C）相上。这样，线路 L_2 的短路电流 I_{DW} 将流过保护装置，将该线路切除；在 L_2 被切除后，线路 L_1 可以继续运行。对于故障相可能的不同组合来说，该接线方式可以保证有三分之二的机会只切除一个故障点，有三分之一的机会切除两个故障点。

c 如果采用两相式的两相差电流接线方式，对于实际可能的故障类型，其保护装置的灵敏度是不同的。

综上所述，采用两相式的不完全星形的接线方式，是最佳的选择。因此，在进行馈线保

注：①如果需要，用户可以分别单独使用某一种保护功能（或者单独使用两相过电流速断保护，或者单独使用接地保护，或者单独使用欠电压保护，或者单独使用三相一次重合闸）；

②如果辅助电源接反，不会损坏本装置。

护装置的研制时，对以上的分析，进行了充分的考虑。下面对馈线保护装置作简要的分析。

2.1 两相过电流（反时限或者定时限）速断保护部分

原理框图如图 2 所示

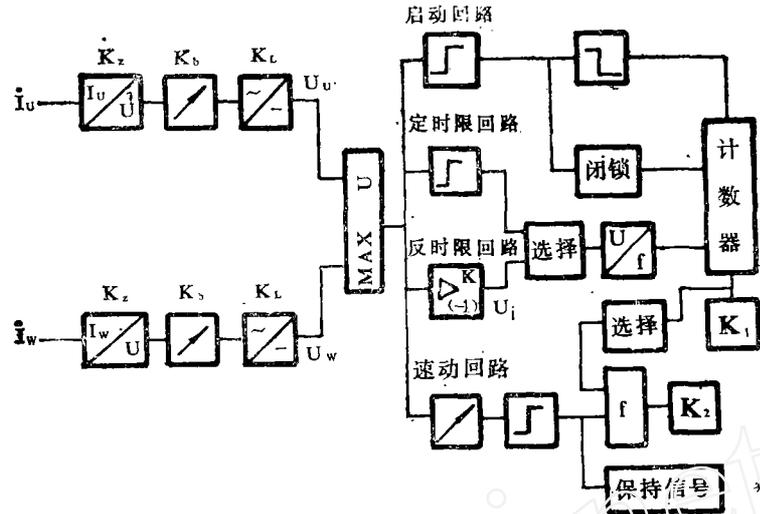


图 2 两相过电流速断保护原理框图

2.1.1.1 电流输入回路

两相电流 I_U (A相电流)、 I_W (C相电流) 通过端子输入，经电流—电压变换，整流滤波，然后进入最大值选通器，由选通器自动选择两相中故障较严重（即故障电流较大）的一相，作为本装置的动作依据。

$$U_U = K_Z \cdot K_L \cdot K_b \cdot I_U$$

$$U_W = K_Z \cdot K_L \cdot K_b \cdot I_W$$

由选通器选择出其中的最大值：

$$U_{max} = \text{MAX} [U_U, U_W] = K_Z \cdot K_L \cdot K_b \cdot \text{MAX} [I_U, I_W]$$

令 I (有效值) 为 I_U 、 I_W 两相电流中最大者。

$$\text{则 } U_{max} = K_Z \cdot K_L \cdot K_b \cdot I$$

$$= K_Z \cdot K_L \cdot K_b \cdot I \cdot \frac{1}{I_s}$$

$$\text{令 } I_s = \frac{I_d}{0.72} \quad (I_d \text{—动作电流整定值})$$

$$\text{则 } U_{max} = K_Z \cdot K_L \cdot \frac{K_b \cdot I_d}{0.72} \cdot \frac{0.72}{I_s}$$

$$\text{令 } \frac{K_b \cdot I_d}{0.72} = \frac{1}{K_Z \cdot K_L}$$

$$\text{则 } U_{max} = \frac{0.72}{I_s} = I_s$$

此式说明，无论输入的电流是多少，经过整定的输出电压的幅值总是等于输入电流的标么值，即当输入电流为整定电流时，输出电压的幅值总是 0.72V。

2.1.2 反时限实现回路

装置的反时限延时特性的数学模型如公式 1 所示

$$t = \frac{K_1}{\frac{I}{I_b} - 1} \quad (1)$$

式中:

K_1 —常数; I_d —动作电流整定值; t —延时动作时间;

I_b —电流的基本值 $I_b = \frac{I_d}{1.2}$; I —装置的实际输入电流(故障电流);

该回路采用“差分放大—压频变换器—计数器”方式来实现延时,比以往采用的阻容式延时方法更精确,更易于调节,而且可靠性也大大提高了。

差分放大后的电压为:

$$U_i = K(U_{max} - 0.6) = K(I_s - 0.6) = K\left(\frac{0.72I}{I_d} - 0.6\right) = K'\left(\frac{1.2I}{I_d} - 1\right)$$

电压 U_i 进入专用的集成压频变换器,其输出频率 f 为:

$$f = K_f \cdot U_i = K_f \cdot K' \left(\frac{1.2I}{I_d} - 1\right) \quad (2)$$

压频变换器的输出频率与输入电压成正比,而且它具有快速跟踪反应能力,即使输入电压有一个小小的间隔(或者波动),输出的频率 f 也能立即反映出来。

由压频变换器输出频率为 f 的脉冲链信号进入计数器,计数器也是由专用的集成块组成。输入电流达到并超过动作电流整定值时,启动回路启动,允许计数器按照频率 f 进行加计数。因而得出延时时间:

$$t = \frac{K_0}{f} \quad (3)$$

式中: K_0 —计数器的可变系数

上式表明,频率越高,达到脉冲总数的时间就越短,而频率是随输入信号同时增加或减少的。

将式(2)代入式(3)得:

$$t = \frac{K_0}{K_f \cdot K' \cdot \left(\frac{1.2I}{I_d} - 1\right)} = \frac{K_0 / K_f \cdot K'}{\frac{1.2I}{I_d} - 1} \quad (4)$$

$$\text{令式中的 } \frac{K_0}{K_f \cdot K'} = K_1, \quad I_b = \frac{I_d}{1.2}$$

则(4)式变成

$$t = \frac{K_1}{\frac{I}{I_b} - 1} \quad (5)$$

很显然式(5)与前面所建立的数学模型式(1)完全一样。这就是说,该保护装置的反时限实现回路完全能够精确地做出式(1)的曲线特性。实际试验中,由于出口继电器的动作时间及滤波电容等的影响,在式(5)的基础上还附加有一个较小的时间。

2.1.3 定时限实现回路

该回路采用“比较触发——压频变换器——计数器方式来实现的，比以往采用的阻容式延时方法更精确，更易于调节，而且可靠性也大大提高了。

定时限特性与反时限特性的选用是由用户根据实际情况通过保护装置面板上的开关进行选择的，或者选用定时限特性，或者选用反时限特性，用户不能同时选用两种时限特性。

比较触发后的电压为高电平，该电平进入采用专用的集成压频变换器，输出一个固定频率 $f = 10^3 \text{ Hz}$ 的脉冲链信号。当输入电流达到并超过动作电流整定值时，启动回路起动，允许计数器按照频率 $f = 10^3 \text{ Hz}$ 的脉冲链信号进行加计数。因而得出延时时间：

$$t = \frac{N}{f} = \frac{N}{10^3}$$

$$\text{即 } t = 10^{-3} \cdot N$$

(6)

式中 N ——为计数器计满所规定的总数

从(6)式可以看出，频率固定，达到脉冲总数的时间就一定，当输入信号达到启动值后，频率 f （或者时间 t ）就与输入信号是否增大无关。

2.1.4 速动实现回路

对于过大的输入信号（即输入电流），如果还依据于反时限特性（或者定时限特性）来动作，显然不能保护被保护的设备。本装置设立了大输入信号的无延时跳闸回路（即速断回路）。该回路有单独的整定，当大输入信号达到整定的速动值，立即出口跳闸。

2.2 接地保护部分

原理框图如图3所示

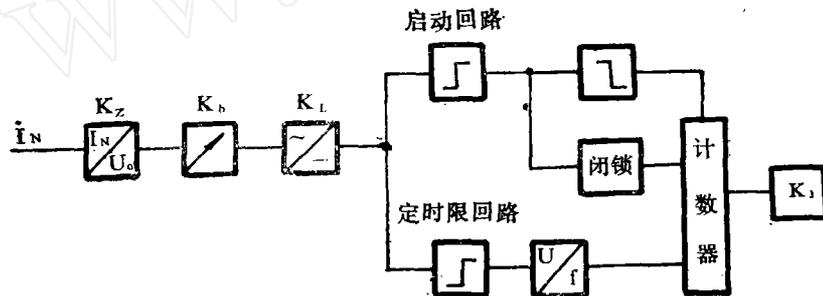


图3 接地保护原理框图

零序电流 I_N 经电流互感器 T_N 接到该装置的输入端子（ZGB—12），经过电流变换器、整流滤波后，将信号送到启动回路、定时限回路。如果输入电流大于动作电流整定值，则启动回路动作，定时限回路起作用。定时限特性由触发回路、振荡及计数回路组成，电流信号经触发回路送到振荡器，变换成固定频率的方波脉冲，经计数器计数以实现延时。达到预定的延时后，立即出口（是否跳闸由面板上的开关进行选择）。

该部分的电流输入回路、定时限实现回路的原理分析方法与第1.1节、第1.3节相同。

2.3 欠电压保护部分

电压信号经电压变换器，加到电压比较器进行比较触发驱动，并出口。

原理框图如图4所示

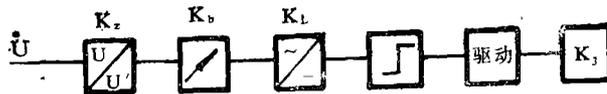


图4 欠电压保护部分的原理框图

2.4 三相一次重合闸部分原理框图如图5所示

输电线路在正常工作情况下，断路器在合闸位置，重合闸装置中的电容器C已经充满电，并准备着动作。当保护动作或者其它原因使断路器跳闸，重合闸的延时启动回路2K接通并延时，当达到规定的延时后，使电容器C与中间继电器6K接通，即电容器C对6K线圈放电，6K动作后，接通了断路器合闸电路，实现一次重合闸。由于保持回路的作用，使6K₂能保持到断路器完成合闸为止。如果线路上发生的是暂时性故障，则合闸成功后，线路恢复送电，电容器自行充电，装置重新处于准备动作的状态。如果线路上存在永久性故障，此时，由于故障依然存在，保护将再次起动，断路器第2次跳闸，重合闸的延时启动回路2K接通并延时，但是这一段时间是远远小于电容器C充电到6K动作所必需的时间（15~25s），此时，电容器C与6K线圈接通，但电容器C未充好电，即电容器C不能再继续充电到使6K动作所需的电压值，6K不会再次起动，因而保证了装置只动作一次。

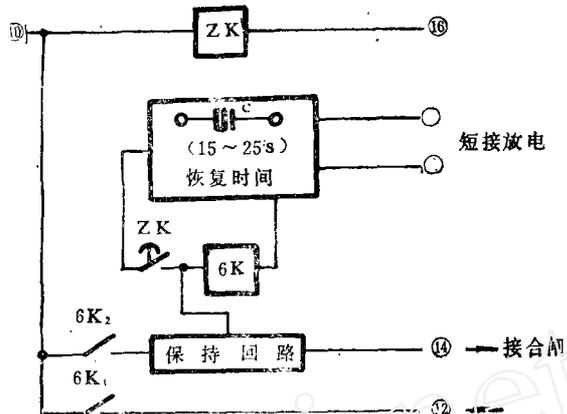


图5 三相一次重合闸原理框图

参考文献

- [1] 电力系统继电保护。电力工业出版社，1981年
- [2] 集成运算放大器电路。职工教育出版社，1989年
- [3] 3~10kV高压开关柜二次接线。GKZI全国通用电气装置标准图集
- [4] CMOS集成电路原理及应用。光明日报出版社，1986年

会议信息

由国家十八个部委组织编写的《电机工程手册》（二版）是我们国家“八五”期间十大出版工程之一。许昌继电器研究所负责组织编写的第四卷第七篇《保护继电器与继电保护装置》的审稿会于1993年3月2日~6日在许昌召开。会议由主编方文档同志主持，能源部南京自动化研究所朱声石教授及清华大学王维俭教授主审参加并与主编通力合作，同时还邀请了本学科领域中水平较高的专家学者参加了审查，编委会及分编委会的领导也出席并作了指导。本篇审稿会经过各位专家、领导的认真审查，逐字逐句认真推敲，为下一步定稿工作打下良好基础。