

WXH-1型微机线路保护装置的研制

许昌继电器研究所 张克元

WXH-1型微机线路保护装置自1984年至1987年,历时3年,在华北电力学院和许昌继电器研究所有关同志的努力下,完成了原理接线设计、样机制造、动模试验、试运行和产品型式试验,目前已进入批量生产阶段。

本装置是由微型计算机实现的新型成套线路保护装置,可用于110kV~500kV各种电压等级的输电线路。装置包括三段相间距离、二段接地距离、四段零序方向及综合重合闸。配合收发讯机还可构成高频闭锁距离和高频闭锁零序方向保护。

在研制过程中,充分地利用了微型计算机的特点,结合电力系统的实际情况,针对现有保护所存在的问题,采用了许多新原理、新措施同时吸取了常规保护的成功的经验,使得本装置性能比常规保护更优越、更可靠。

一 启动元件

相电流差突变量元件可以灵敏地反应各种类型的故障,不过当电网频率偏离50Hz时,可能引起误启动,为解决这个问题,本装置启动元件按式(1)计算。

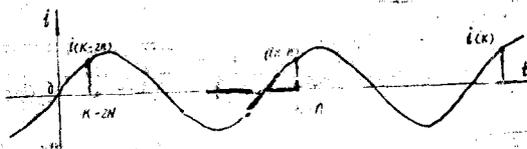


图 1

$$\Delta i = |i(k) - i(k-n)| - |i(k-n) - i(k-2n)| \quad (1)$$

式中 $i(k)$ 为某一瞬时 k 点的采样值, $i(k-n)$ 为20ms前同一相电流的采样值, $i(k-2n)$ 为40ms前同一相电流的采样值, n 为一个工频周期内采样的次数。

正常运行时 $i(k) - i(k-n)$ 可能不为零,但由于电网频率不可能突变,故 $i(k) - i(k-n)$ 应与 $i(k-n) - i(k-2n)$ 相近,因此按式(1)计算结果 Δi 应近似为零,从而防止了保护的误启动。

二 选相元件、相电流差突变量元件

装置采用相电流差突变量元件作选相元件,同时,在单相故障后两个非故障相电流差突变量超过定值即判为健全相又发生故障,如果此时装置已发过单跳命令,则立即三跳;如果未发单跳命令,则计算包括原故障相的二种相间故障,如果任意一种相间阻抗同原单相接地时相近,且认为是转换性故障,到达整定时间后保护不返回则跳三相。

但是在非全相振荡中，相电流差突变量可能误动，并且振荡周期越短，越容易误动，为此采用了和解决相电流突变量误动类似的措施，即：设A相故障，BC相为健全相。

$$\Delta i = |i_{bc}(-k) + i_{bc}(k - \frac{n}{2})| - |i_{bc}(k - \frac{n}{2}) + i_{bc}(k - n)| \quad \text{式(2)}$$

不过不是用20ms前相应采样点相减，而是同10ms前的值相加，这对于躲振荡更有利。

不过即使如此，当情况非常恶劣时，即振荡周期非常短时，该元件仍有可能误动，因此为用户提供了另一种选择，已发过单跳命令且相电流差突变量亦超过定值，要经过阻抗把关，即不断进行三种阻抗（二个非故障相单相对地及相间），在其中任一个阻抗值连续0.2s在I段内才确认在I段区内故障而跳三相。

三 阻抗元件

阻抗元件采用微分方程算法，算法依据如下：

相间（以A、B相间为例）

$$V_{ab} = L_1 \frac{di_{ab}}{dt} + i_{ab} \cdot R_1 \quad (3)$$

单相接地（以A相为例）

$$V_a = L_1 \frac{d(i_a + K_L 3i_0)}{dt} + (i_a + K_R 3i_0) R_1 \quad (4)$$

式中 K_L 和 K_R 分别为电抗、电阻分量的零序补偿系数

$$K_L = \frac{x_0 - x_1}{3x_1} \quad K_R = \frac{R_0 - R_1}{3R_1}$$

常规的接地距离存在一个重要问题即允许接地过渡电阻的能力差，为解决这一问题，装置采用了如下算法：

$$V_a = L \frac{d(i_a + K_L 3i_0)}{dt} + R_1 (i_a + K_R 3i_0) + R_f 3i_{0f} \quad (5)$$

式中： R_f —故障支路过渡电阻。

$3i_{0f}$ —故障支路电流。

实际上(5)式中 $R_1 (i_a + K_R 3i_0)$ 较小可以忽略不计，另外，在保护安装处测得 $3i_0$ 与 $3i_{0f}$ 之间相角一般小于 5° ，故：

$3i_{0f} \approx K 3i_0$ 令 $R_f' = K R_f$ ，则(5)式可变为：

$$V_a = L \frac{d(i_a + 3i_0 K_L)}{dt} + R_f' \cdot 3i_0 \quad (6)$$

从原理上了解了过渡电阻对阻抗测量的影响，但是由于(6)式是(5)式经近似后得来的，故当对侧零序助增很大的情况下，计算阻抗会有很大的误差。为解决由此引起的超越，装置内设计了当感受电阻 R_f' 很大时，适当减小 x 方向的动作值，从动模结果来看，经过这样处理，装置允许过渡电阻的能力比常规保护提高了许多。

阻抗元件的动作特性为静态型距离继电器较难实现的四边形特性，如图2所示。图

α 角一般取 2° 左右, R_s 可按躲负荷阻抗整定, 由此也可看出阻抗元件允许过渡电阻的能力是相当高的。

和常规保护的记忆作用类似, 为防止出口短路时由于装置感受电压为零而失去方向性, 当计算 X 、 R 值分别小于 X_s 、 R_s 的 $\frac{1}{8}$ 时, 利用故障前电压同故障后电流进行方向判别, 以保证装置的正确动作。

考虑到PT装于线路侧时, 手合或重合至出口故障时, 用记忆方法无法判别方向, 为保证装置的正确动作在图2动作特性上叠加上一个矩形特性, 如图3所示。从而避免装置在上述情况下拒动。

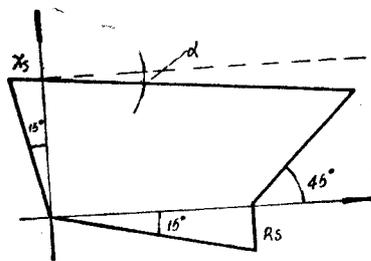


图 2

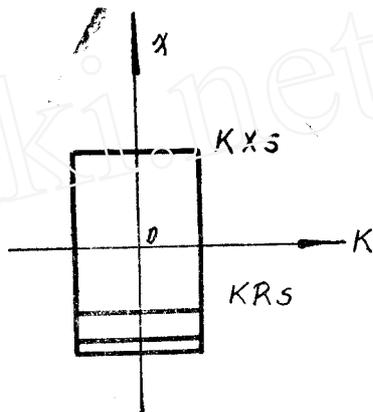


图 3

四 方向元件

采用经一次差分后的电流同电压比符号(异或)的方法, 即:

$$G = \sum_{k=1}^{10} [u(k) \nabla i(k-1)] \quad (7)$$

在 $G > 0$ 时为正方向, 反之为反方向, 由于电流向后差分一次后相位超前了 $90^\circ - \frac{\omega T}{2}$ (ωT 为

采样周期所对应工频相角), 本装置采样周期为 1ms , $\omega T = 18^\circ$, 所以式(7)的最大灵敏角为 81° , 如 $u(k) = -3u_0$, 则对 $3u_0$ 和 i_k 来说, 最大灵敏角为 99° , 满足正向故障时零序电压落后电流 $100^\circ \sim 110^\circ$ 。

五 振荡闭锁元件

本装置采用了和常规保护一样的短时开放距离 I, II 段的振荡闭锁方式, 但这种闭锁有一个缺陷, 即振荡中再发生故障不能快速动作。为了解决这个问题, 利用了微机可计算出阻抗的 X 、 R 分量的特点, 根据故障时 R 分量先有一个突变, 尔后变化率很小, 而振荡时 R 分量不断变化, 这一原理实现了振荡中发生区内故障以 0.2s 的短延时快速切除故障, 从而使得保护不论在何时均能快速切除区内故障。

六 提高装置的抗干扰能力

由于计算机使 5V 的直流电源, 电平较低易受干扰, 并且一旦受到干扰, 整机工作将紊乱, 很可能出现拒动和误动的情况, 为解决这样严重的问题, 从装置的软件、硬件各个角度考虑了各种各样的措施, 以提高装置的抗干扰能力, 这些措施可归纳为以下

几类。

1. 隔离

使装置计算机内部和外部完全没有电的联系。

(1) 电源采用逆变电源，反馈调整回路亦用光电隔离器加以隔离。

(2) 交流输入量用隔离变压器隔离。

(3) 输入开关量用光电隔离器隔离。

(4) 出口跳闸回路用光电隔离器隔离，跳闸回路使用电源也和计算机使用电源互为独立。

(5) 与打印机间也用光电隔离。

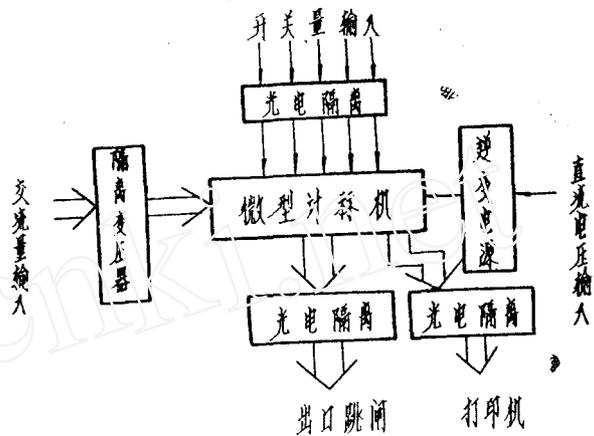


图4

2. 利用冗余量

例如，变流量引入装置中有 $u_a, u_b, u_c, 3u_0, i_a, i_b, i_c, 3i_0$ 计算机每采一组数据，先计算采样值是否满足 $u_a + u_b + u_c \approx 3u_0, i_a + i_b + i_c \approx 3i_0$ 如有干扰，则上式不成立，即可及时发现，避免引起装置误动。

3. 设置“看门狗”，当计算机受到干扰而引起工作紊乱时，能够自动复位，恢复正常工作。

4. 尽量做到计算机各电路的一点接地，并加粗公共地线如图5所示，以防止共模干扰引起计算机系统的不正常。对电源也做相同的考虑，并且在各元件电源和地的入口处加 $0.01\mu\text{F}$ 的小电容以降低电源的纹波，保证装置的正常工作。

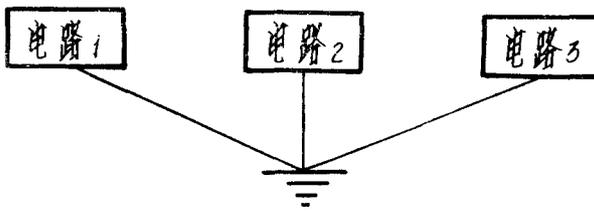


图5

5. 电路板走线时避免信号线间的互相干扰，特别是单稳、触发器等由上升沿或下降沿触发的器件的输入线以及模拟输入量引线及经常变动的信号线如时E、Q、R/W等之间的互相干扰，遇到这些信号必须并行时，尽量缩短前者的行线长度，必要时中间加地线加以隔离和屏蔽。

6. 对于相电流突变量元件和相电流差突变量元件，采用加小延时的办法躲过较大的干扰，即连续三次计算确认有突变量才动作。

另外还采取了其它一些抗干扰措施，从抗干扰实验和装置一年多的试运行结果来看，这些措施还是行之有效的，从未发现有由于干扰而引起装置的不正常动作的情况。

七 装置中还设计了强有力的自检功能

以避免装置在运行中由于元件损坏、程序及定值变化引起的误动作。当装置损坏时，能自动发现错误并闭锁。

例如，为防止由于出口回路元件损坏而引起的误动作设计图6所示的自检回路（图中以A相跳闸回路为例）。线路故障时QDJ动作，接通跳闸回路电源，如是A相区内故障，计算机发跳闸命令，使 TR_A 端由高电平变为低电平， T_1 管导通， TJ_A 动作，出口跳闸；正常时，QDJ断开， TJ_A 不可能动作，计算机定时向 TR_A 发一个低脉冲。 T_2 管导通，通过光电隔离 IC_2 在反馈端产生一个高脉冲，如计算机向 TR_A 端发低脉冲后，在反馈端收不到高脉冲，则认为跳闸回路故障，闭锁保护，发装置故障信号，并打BA DTRP等故障信息，装置设计时，对所有的跳闸、信号回路考虑了同样的自检措施，保证了装置的正确动作。

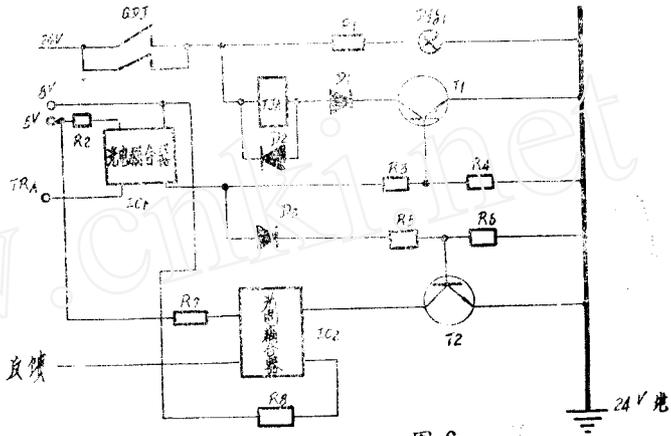


图 6

当然对于计算机的内部自检，就可以更简单、更可靠、更全面的实现，对于任何地方的芯片损坏，接触不可靠均可以及时发现。并在除了非常严重的情况下，例如中央处理器损坏等，均能打印出相应的故障信息，以便检修人员尽快地处理装置故障，缩短检修时间。

八 定 值

作为超高压线路成套保护，需要整定的项目相当多，而常规的整定方法不仅结构复杂，可靠性差，精度较难保证，并且调试起来也相当困难。在长期运行中由于元件老化等原因还会出现较大的变差，为了解决这个问题，该装置采用将全部定值固化到EPROM以及填写EPROM未使用区以修改定值的办法，并在装置内增设了固化EPROM的电路，这样需修改整定值时只需在键盘上操作即可。装置还可及时检查定值是否变化，如发现有这样的情况，即闭锁保护并报警。

有时系统的运行方式经常变化，装置的整定值就需频繁地修改整定，这不仅增加了维护人员的工作量，并且还增加了出错的可能。该装置中设计了将常用的几种运行方式下的定值预先固化到定值区，需修改定值时只需把连片打到相应的位置即可，从而完好的解决了这一问题。

此外，WXH—1型微机线路保护装置还具有故障测距、故障录波的功能。WXH—1型微机线路比常规保护更能满足电力系统的要求，满足电力系统不断发展的需要。