

微机短线路光纤纵差保护装置的研究

伍叶凯 郁惟镛 上海交通大学电力系(200240)

俞保记 李保恩 冯秋芳 张学圜 许昌继电器研究所(461000)

【摘要】 本文所介绍的 WXH—35 型微机短线路光纤纵差保护装置由上海交通大学与许昌继电器研究所联合研制,适用于 500kV 及以下的短距离输电线路。装置配备了光纤纵联差动、三段相间距离和三段接地距离,以及综合重合闸等保护功能。本文主要介绍这套保护装置的原理、构成和动模试验结果。

【关键词】 光纤 分相差动保护 阻抗元件

引言

长期以来,短距离输电线路一直采用以导引线为通道的纵联差动保护,但是导引线通道易受外界干扰,从而严重影响保护的安全可靠运行。随着电力工业的不断发展,出现了越来越多的高压和超高压短线路,各种电磁干扰也越来越大,传统的导引线纵差保护已难以满足技术和运行的要求,因此研制新型的短线路纵差保护已日趋必要。目前光纤通信技术已逐渐成熟,新型的利用光纤传输的微机短线路保护得到了重视和研究。以光纤作为继电保护通道主要有以下优点:光纤传输不受电磁干扰的影响,通信误码率低,工作稳定,具有很高的安全性和可靠性;光纤通道频带宽,容量大,可以缓解电力系统的通道拥挤问题。

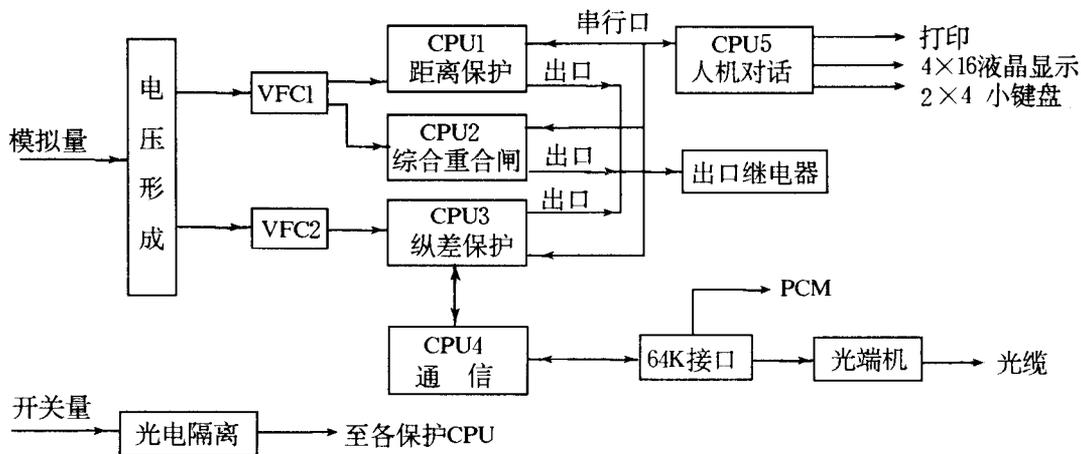


图1 装置的整体配置方案

1 装置的整体配置

装置的整体配置见图1所示。

收稿日期:1995-11-20

本装置各 CPU 均采用 8098 单片机, CPU1 为三段式相间距离和接地距离保护, CPU2 为综合重合闸, CPU3 为分相电流差动保护, 三个 CPU 并行工作。另外, 装置还配置了通信插件 (CPU4), 用来完成两侧数据的同步调整以及并行数据与串行数据的相互转换。人机对话插件 (CPU5) 用来完成对各前台 CPU 的巡检、人机对话和通信等功能。

装置设置了两个完全相同的 VFC 型模/数变换插件, 主保护分相差动使用一个 VFC 插件, 距离保护和综合重合闸共用一个 VFC 插件, 从而提高了主保护和后备保护的相互独立性, 增加了保护装置的可靠性。

64K 接口插件主要用于编码和解码: 把通信插件发送来的 64Kbit/s NRZ 码串行数据编码成 RZ 单极性码后, 送给光端机插件, 进行电/光转换, 以便能通过光纤送到对侧或通过光纤复用设备送到对侧; 反之, 将对侧光端机送来的保护信号解码成 64Kbit/s NRZ 码串行数据, 再送给通信插件。另外, 该插件上还设有单/双极性转换回路和锁相环回路, 用于同 PCM 设备通信。锁相环的作用是从接受到的数据中提取时钟, 供发送回路用。

光端机插件主要设有 LED 发光管和 PIN 光电管, 用于实现电/光和光/电转换。

出口继电器插件中, 设置了由距离保护、综合重合闸和差动保护的起动继电器触点构成的三取二闭锁回路, 用于开放出口继电器的正电源, 以防止由于硬件损坏而导致保护误动。

2 保护原理

2.1 分相差动保护(光纤)

作为整套装置的主保护, 分相电流差动保护设置了两块 CPU 插件, 即主 CPU 插件和通信 CPU 插件, 各 CPU 分别配有相应的软件。主 CPU 插件软件的主要功能是数据采样、数据交换、故障判断、跳闸逻辑判断和打印报告的整理等, 通信 CPU 插件软件的主要功能是完成数据的发送与接收, 以及两侧数据的同步调整等。

2.1.1 起动元件 DI1

对起动元件的基本要求是能够整定得非常灵敏, 以确保在区内任一点故障, 尤其是经较大的过渡电阻故障时能灵敏地起动, 同时又要保证在重负荷下不会频繁起动。考虑到短线路故障时不会有很大的过渡电阻, 因此采用相电流差突变量起动元件即可满足上述要求, 其判据如下:

$$\Delta i_{\varphi\varphi}(k) = |i_{\varphi\varphi}(k) - i_{\varphi\varphi}(k - N)| - |i_{\varphi\varphi}(k - N) - i_{\varphi\varphi}(k - 2N)| \quad (1)$$

其中 $\varphi\varphi$ 分别代表 AB、BC 和 CA 三个相间组别。只要有任一组别的突变量超过门槛, 起动元件即动作, 一方面投入差动元件进行故障判别, 另一方面通过三取二闭锁回路开放出口继电器的正电源, 准备好出口回路。

2.1.2 差动元件

差动元件采用全周差分付氏算法, 计算出电流量的实部和虚部, 再对两侧的电流相量进行比较, 以确定故障是否在区内。差动元件的动作方程为:

$$|I_M + I_N| > I_{CD} \quad (2)$$

$$|I_M + I_N| > k |I_M - I_N| \quad (3)$$

式 2 为基本判据, 用来防止差动元件在空载状态下误动, 一般按躲过线路的电容电流来整定 I_{CD} 值。式 3 为主判据, 其中的制动系数 k 可取 0.6 和 1 两档, 不需用户整定, 由程序在故障处理过程中自动切换。

与传统的差动保护动作判据相比, 在对外部故障具有相同制动能力的情况下, 式 2 和式 3

表示的判据在反应区内故障时具有很高的灵敏度。

2.1.3 同步调整

由于两侧保护的数据采样并不同步,故需对两侧数据进行同步调整。目前同步调整主要有两种方法:一种是时间调整法,另一种是数值调整法。由于时间调整法的调整过程长,对通道的要求高,故本装置采用数值调整法。

所谓数值调整法就是将对侧某一时刻的相量旋转一个 θ 角度,使之与本侧相近时刻的数据对齐, θ 角为两侧采样的角度差,可通过计算求得。数值调整法的优点是只需在收到对侧一帧信息后即可完成同步调整,对通道的依赖性不强。

2.1.4 提高差动保护安全性的措施

对于差动保护,应将防止误动放在首位,因为从数据采样、计算和通信,到故障判断的任一环节出错,都可能导致差动保护的误动作。本保护装置采取下列措施防止误动:

2.1.4.1 电流求和自检

在采样中断程序中设有求和自检:对每个采样点都检查判断三相电流之和同 $3I_0$ 的采样值是否相等。如果不等,则一方面闭锁起动元件DI1,另一方面通过控制字向对侧传送“本侧数据有错误”的信息,短时闭锁对侧保护。若求和出错持续20ms,则认为是CT断线,发出“CT断线”的报告并告警,差动保护退出运行。

2.1.4.2 两侧数据通信时的校验

两侧保护的数据在进行发送和接收过程中,为防止因干扰而引起数据出错,主要采取两种校验措施:一种是每发送或接收一个字节(8bit)时进行一次奇偶校验;另一种是每发送或接收一帧数据时进行一次CRC校验。只有当这两种校验均通过时,才认为这一帧数据是有效的,否则作无效处理。

2.1.4.3 两侧保护的相互闭锁

当本侧保护起动后,若两侧电流相量满足跳闸判据,还必须在收到“对侧保护也起动”的信息后,才能去跳闸。这种两侧保护相互闭锁可有效地防止CT断线引起的保护误动,因为在CT断线时,本侧保护可能误起动而对侧保护不会起动。本装置还设有控制字 $KG \cdot 2$,用于投入或退出这种相互闭锁功能:当 $KG \cdot 2=0$ 时退出相互闭锁功能,以适应单侧电源系统的情况;当 $KG \cdot 2=1$ 时,投入相互闭锁功能,以适于双端电源系统。

2.1.4.4 灵敏判据与保守判据的相互配合

差动元件的动作判据以2式和3式表示,式中的制动系数 k 取不同的值即对应不同的判据。本装置中设置两种判据: $k=0.6$ 的灵敏判据和 $k=1$ 的保守判据。由文献^[1]分析可知:灵敏判据在区外故障时,幅值误差裕度可达75%,相位误差裕度达62°,具有很强的防卫能力;区内故障时,在两侧电势夹角 δ 小于30°时,反应过渡电阻的能力为100 Ω 。保守判据在区外故障时,幅值误差裕度为100%,相位误差裕度为90°,因而具有极高的防卫度;对于大部分区内金属性或经小电阻的故障,保守判据均能可靠动作。

故障初始至数据窗结束之前,投入保守判据,大部分区内故障可以被切除。数据窗结束后,在CT未深度饱和之前,短时投入灵敏判据,以切除各种不利情况下的故障,从而提高整机动作的灵敏度。以后再投入保守判据,直至整组复归。

为安全起见,装置内没有设置灵敏度更高的判据,主要出于对下列因素的考虑:

- a. 线路较短,两侧电势的夹角不会很大。
- b. 线路较短,发生特大过渡电阻故障的可能性极小。

c. 区外出口短路时的短路电流很大,CT 可能出现深度饱和。

顺便指出,万一区内发生特大过渡电阻故障,差动保护拒动时,可通过后备距离保护的电抗继电器动作,瞬时或延时切除故障。

2.2 距离保护

作为整套装置的后备保护,距离保护设置了三段时间距离和三段接地距离。距离保护能够独立选相,不需经过重合闸的选相回路跳闸,其基本构成符合“四统一”的设计原则。为了满足不同系统的运行要求,本保护设置了相应的控制字,可选择距离Ⅱ、Ⅲ段是否驱动永跳与选跳(Ⅲ段为三跳)。

2.2.1 起动元件 DI1

对于距离保护,要求起动元件在阻抗Ⅲ段范围内发生任何故障时都应能可靠起动。本保护采用相电流差突变量起动元件,同差动保护的起动元件相似。

2.2.2 选相元件

微机距离保护故障处理的第一步是选相,只有判定了故障发生的种类和相别,才能投入相应的阻抗测量元件,这同模拟式保护有着本质的区别。

本装置采用传统的相电流差突变量选相元件进行选相。根据阻抗元件的需要,本选相元件可以选出单相故障、两相故障、两相接地故障和三相故障。

2.2.3 方向元件

本保护在选相程序结束后,在非手合线路的情况下,投入方向元件。经方向元件判别为正方向故障后,才投入阻抗测量元件;否则等待 0.3s 后进入振荡闭锁模块。

对于不对称故障,采用负序方向元件,其判据为 $\arg(U_2)/(I_2Z_d)$, U_2 可以看作是 I_2 在系统负序阻抗上的压降。只要取 Z_d 的阻抗角与系统的负序阻抗角相等,则在任何不对称故障下, U_2 与 I_2Z_d 的波形一致,只是在正方向故障时,两个波形相差 180° ,反方向故障时两波形相差 0° ,因此方向性十分明确。同时这种方向元件不受故障相别的过渡电阻的影响,也不存在死区,出口短路时的灵敏度最高。

对于三相对称故障,采用突变量方向元件,其判据为 $\arg(\Delta U_1)/(\Delta I_1Z_d)$,其中 ΔU_1 可以看作是 ΔI_1 在系统正序阻抗上的压降。只要取 Z_d 的阻抗角与系统的正序阻抗角相等,则在任何故障类型下(包括对称故障和不对称故障), ΔU_1 与 ΔI_1Z_d 的波形一致,在正方向故障时两个波形相差 180° ,反方向故障时则为 0° 。这种方向元件同样不受故障类型、故障相别和过渡电阻等因素的影响,即在任何故障情况下都保持最好的方向性。

虽然突变量方向元件适用于任何类型的故障,但是由于提取突变量的运算量相对较大,为了提高保护的動作速度,简化计算,本保护在选相元件判为不对称故障时投入负序方向元件,因为负序分量本身即为故障分量;当选相元件判为三相对称故障时才投入突变量方向元件。另外,在负序元件灵敏度不足的情况下,自动投入突变量方向元件。

2.2.4 阻抗元件

保护采用付氏差分算法,以比相原理构成阻抗元件,用来确定故障是否在区内。对于Ⅰ段和Ⅱ段阻抗继电器,采用Ⅰ类阻抗元件和Ⅱ类阻抗元件相互切换的方式:正常故障时(指 DI1 动作时)投入Ⅱ类阻抗元件;在系统振荡和非全相故障时,投入按欧姆计原理实现的Ⅰ类阻抗元件。对阻抗Ⅲ段,一律采用Ⅰ类阻抗元件。这两类阻抗元件在各种故障情况下的动作判据分述如下:

2.2.4.1 单相故障

这时阻抗元件的动作判据为:

Ⅱ 类阻抗元件:

$$\begin{cases} 3I_0 > I_{04} \\ 180^\circ \leq \arg \frac{\dot{U}_\varphi}{I_0 \angle -\theta} \leq 360^\circ \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{Ⅰ 类阻抗元件: } 90^\circ \leq \arg \frac{\dot{U}'_\varphi}{\dot{U}''_\varphi} \leq 270^\circ \quad (5)$$

上述式中, \dot{U}'_φ 为故障相的补偿电压, 式 5 表示以 I_0 极化的电抗继电器, θ 角为电抗线的下偏角, 用来防止在区外故障时发生稳态超越, 它与系统的零序网络参数有关。式 4 为辅助判据, 其中 I_{04} 为零序电流定值。式 4 满足时才投入式 5, 否则投入式 6, 以防正常负荷状态下, 由于 DI1 误动而引起式 5 误动。

式 6 中分母 \dot{U}''_φ 为极化电压, 对于距离 I 段和 II 段, 取 $\dot{U}''_\varphi = \dot{U}_\varphi + \alpha(I_\varphi + k3I_0)Z_Y$, 其中 α 为偏移系数, 本装置取 $\alpha = 0.125$, 使保护动作特性略带偏移, 以保证可靠切除出口故障。对于距离 III 段, 取 $\dot{U}''_\varphi = \dot{U}_\varphi$, 这时动作特性为方向阻抗特性。

2.2.4.2 两相接地故障

这时阻抗元件的动作判据为:

Ⅱ 类阻抗元件:

$$\begin{cases} 3I_0 > I_{04} \\ 180^\circ \leq \arg \frac{\dot{U}'_{\varphi\varphi'}}{I_0 \angle -\theta} \leq 360^\circ \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{Ⅰ 类阻抗元件: } 90^\circ \leq \arg \frac{\dot{U}'_{\varphi\varphi'}}{\dot{U}''_{\varphi\varphi'}} \leq 270^\circ \quad (8)$$

上述式中, $\dot{U}'_{\varphi\varphi'}$ 为故障超前相的补偿电压, $\dot{U}''_{\varphi\varphi'}$ 为故障相间的补偿电压。与 2.2.4.1 同理, 对于距离 I 段和 II 段, 取极化电压 $\dot{U}''_{\varphi\varphi'} = \dot{U}_{\varphi\varphi'} + \alpha I_{\varphi\varphi'} Z_Y$; 对于距离 III 段, 取 $\dot{U}''_{\varphi\varphi'} = \dot{U}_{\varphi\varphi'}$ 。

2.2.4.3 两相故障

这时阻抗元件的动作判据为:

$$\text{Ⅱ 类阻抗元件: } 180^\circ \leq \arg \frac{\dot{U}_{AB'}}{\dot{U}_{BC'}} \leq 360^\circ \quad (9)$$

$$\text{Ⅰ 类阻抗元件: } 90^\circ \leq \arg \frac{\dot{U}'_{\varphi\varphi'}}{\dot{U}''_{\varphi\varphi'}} \leq 270^\circ \quad (10)$$

其中 $\dot{U}_{AB'}$ 为 AB 相间的补偿电压, $\dot{U}_{BC'}$ 为 BC 相间的补偿电压, 式 1 同式 9。

2.2.4.4 三相故障

对于三相故障, 只能采用 I 类阻抗元件, 其动作判据为:

$$\text{Ⅰ 类阻抗元件: } 90^\circ \leq \arg \frac{\dot{U}'_{\varphi\varphi'}}{\dot{U}''_{\varphi\varphi'}} \leq 270^\circ \quad (11)$$

$\dot{U}'_{\varphi\varphi'}$ 为任意两相的补偿电压之差, 极化电压 $\dot{U}''_{\varphi\varphi'}$ 的取值同式 9。

2.2.5 出口故障的对策

出口故障时故障相电压为零, 由于方向元件原理上的先进性, 保证了反向故障时不会误动, 所以对于 I 类阻抗元件 (I 段和 II 段) 采用略带偏移的动作特性, 能够可靠切除出口故障。II 类阻抗元件不存在死区, 出口故障时的动作灵敏度最高。

2.2.6 发展性故障的对策

当保护判断发生单相接地故障后, 即投入用于判别两健全相的相电流差突变量元件 DI2。DI2 的判据为:

$$\Delta i(k) = |i_{\varphi\varphi}(k) + i_{\varphi\varphi}(k - N/2)| - |i_{\varphi\varphi}(k - N/2) + i_{\varphi\varphi}(k - N)|$$

其中 $i_{\varphi\varphi}$ 为两健全相的相电流之差, N 为一个周波内的采样点数。

如果 DI2 元件动作, 则投入两个健全相对地及两健全相相间的 I 类阻抗继电器, 若其中任一种在 II 段范围内动作, 则确认健全相已发生故障。此时如未发单跳令, 则立即改发三跳令; 如果已发单跳令, 则补发三跳令。

2.2.7 PT 断线

装置内设有专用于检测 PT 断线的软件模块, 能可靠检查出装置外部 PT 二次回路的一相断线、两相断线或三相断线, 并闭锁距离保护。

2.2.8 振荡闭锁

距离保护受系统振荡的影响比较突出, 为了防止系统振荡时引起误动, 本保护采用“四统一”的设计原则。

正常运行时设置静稳破坏检测元件, 在静稳破坏后进入振荡闭锁模块; 当系统发生短路故障后, 在动稳破坏之前短时开放 I 段和 II 段阻抗继电器, 然后进入振荡闭锁模块。

振荡闭锁模块中设有阻抗 III 段。由于差动保护不受系统振荡的影响, 本保护在振荡闭锁模块中就不再设置经延时的阻抗 I 段。

另外, 由于被保护线路较短, 电气联系较紧密, 因而某些系统可能不会因振荡而引起保护误动。为此, 在振荡闭锁模块中设有两个控制位, 分别控制 I 段不经振荡闭锁和 II 段不经振荡闭锁, 由用户选择。

2.3 综合重合闸

重合闸插件的功能包括综重部分以及外部不能选相的保护经本综重选跳出口部分。

2.3.1 综重部分

综重部分设有单跳起动重合闸、三跳起动重合闸和不对应起动重合闸回路, 可同本装置内各保护或其它外部保护配合, 另外还设有偷跳判别回路。单跳时不检同期合闸, 三跳时可按控制字的要求有以下三种合闸方式:

- a. 非同期方式
- b. 检同期方式
- c. 检无压方式

本综重设有一次合闸脉冲元件, 以防止多次重合。在一次合闸脉冲元件未充满电时, 禁止合闸; 当有手动、气压低及其它保护闭锁重合闸的开入时, 重合闸放电。

2.3.2 选相跳闸部分

选跳部分的内容主要是选相。为了同外部不能选相的保护配合, 本装置设有 N、M 和 P 三个开关量输入端子, 分别接至非全相不误动的保护(N)、本线路非全相要误动的保护(M)、以及相邻线路非全相可能误动, 需经阻抗选相元件闭锁的保护(P)。

3 动模试验

本装置在华东电管局总调所和上海市电力局的积极推动和协助下, 于 1995 年 10 月投入上海外高桥电厂至高东变一条 5.479 公里 220kV 输电线路试运行, 投运以来运行状况良好, 未发生过任何异常情况。

在投运前, 由华东总调、上海市调、华东电力设计院、上海超高压输变电公司和上海外高桥电厂等单位组成的动模考机小组, 在上海交通大学动模实验室对装置进行了全面严格的动模

试验。

系统原型如图 2 所示。

发电机 2FSW—300—2: $P=300\text{MW}$, $V=20\text{kV}$, $\cos\varphi=0.85$, $X_d=1.86$,
 $X_d'=0.223$, $X_d''=0.168$, $T_{do}=8.15$

升压变 SFP9—360000/220: $V=236\pm 2\times 2.5\%/20$

线路: L_1, L_2 和 L_3 (装置投运于 L_3 两侧)

L_1 和 L_3 为平行线路: LGJ—400/50×2 $l=5.479\text{km}$

$$r_1 + jx_1 = 0.207 + j1.695\Omega$$

$$r_0 + jx_0 = 1.216 + j4.81\Omega$$

$$C_0 = 0.0418355\mu\text{F}$$

L_2 线路: LGJ—400/50 $l=15\text{km}$

$$r_1 + jx_1 = 0.598 + j4.45\Omega$$

$$r_0 + jx_0 = 2.808 + j12.99\Omega$$

$$C_0 = 0.0989191\mu\text{F}$$

系统等值阻抗:

$$r_1 + jx_1 = 0.55545 + j9.71244\Omega$$

$$r_0 + jx_0 = 1.30134 + j10.66993\Omega$$

动模试验接线图如图 3 所示,其等值参数与系统原型参数相等。设置了 1GK、6GK、5GK、3GK 和 4GK 共五个短路点,其中 1GK 为发电机侧反向出口,6GK 为发电机侧正向出口,5GK 为线路 L_3 的中点,3GK 为系统侧正向出口,4GK 为系统侧反向出口。

保护装于 L_3 线路两侧。

3.1 试验项目

3.1.1 无故障时的异常工况

考虑如下无故障异常工况:纯振荡、空载合闸、反向开关投切、带负荷时拉合装置的直流电源。

3.1.2 简单的内外部故障

保护内部故障:6GK、5GK 和 3GK 的各种接地和相间故障,同时模拟了使一侧保护处于受端的工况,方法是由模拟发电机向系统发送有功,使接于系统侧的保护处于受端,接于发电机侧的保护处于送端。此外,还模拟了经过渡电阻接地的工况。

保护外部故障:1GK 和 4GK 的各种接地和相间故障。

3.1.3 转换性故障

同一地点的故障转换:在 5GK 点分别进行了单相接地转两相接地、单相接地转三相接地、两相接地转三相接地、两相故障转三相故障。转换时间分别设置为 150ms、50ms 和 10ms 三种。

不同地点的故障转换:分别模拟了 1GK 单相故障转 6GK 多相故障、5GK 单相故障转 4GK 多相故障。

3.1.4 方向性试验

反复在 1GK 和 4GK 进行了各种类型的故障试验,在 1GK 还进行了经小电阻(0.5Ω、1Ω 和 2Ω)发生的相间和三相故障。在做方向性试验时,将距离 I 段定值放大了四倍。

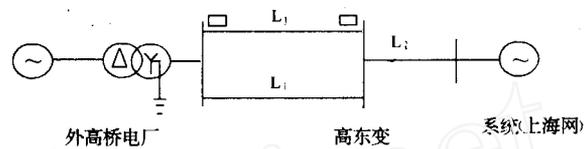


图 2 系统原型接线图

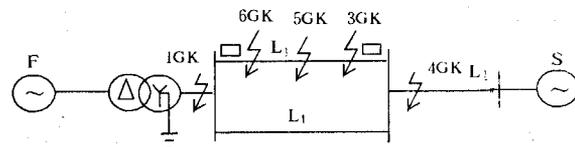


图 3 动模试验接线图

3.1.5 PT 断线试验

分别断开 PT 二次回路的一相、两相和三相。三相失压时,还考虑了空载和轻载两种工况。

3.1.6 振荡加故障

系统振荡时,分别在 5GK 和 4GK 进行了各种类型的故障试验。

3.1.7 考虑 CT 饱和的外部故障

将发电机和无穷大系统接在线路一侧,此时在线路另一侧出口(1GK)发生短路,线路 CT 将饱和。

3.1.8 合闸于故障线路

保护合闸于故障线路的情况分两种:一种是手合于故障线路,另一种是重合于永久性故障。

3.2 试验结果

在无故障的异常工况下,保护装置均不误动;振荡中发生外部故障时装置也不误动。

发生各种内部故障时,装置均能可靠动作,跳闸出口时间为差动保护小于 20ms,距离 I 段小于 25ms。外部故障时,对于差动保护,两侧均不动作;对于距离保护,反向侧可靠不动,正向侧 II 段动作。

在同一地点(5GK)的转换性故障试验中,单相接地转多相接地时,差动保护和距离保护均能先发单跳令,再发三跳令;两相接地转三相接地和两相故障转三相故障时,差动保护和距离保护均能可靠跳三相。

1GK 单相转 6GK 多相故障试验中,1GK 故障时装置可靠不动,转到 6GK 故障时,差动保护能可靠切除故障相。5GK 单相故障转 4GK 多相故障时,差动保护只切除单相,距离保护在发单跳令后感受到健全相故障在 II 段范围内,补发三跳令。

在 1GK 发生各种类型故障(包括经小电阻的相间和三相故障)时,发电机侧保护可靠不动;4GK 发生各种故障时,系统侧保护可靠不动。

PT 一相和两相断线时,距离保护告警并闭锁保护。三相失压时,若线路在负荷工况下,则距离保护报警并闭锁保护;若线路在空载状态下,则不告警,保护不退出,此时发生区外故障时,距离保护不误动。

振荡加各种区内故障时,差动保护能瞬时切除各种故障。差动保护还设有相应的控制位,用来控制振荡中发生故障时保护是否选跳。

大电流冲击下的区外故障,在 CT 饱和后,差动保护可靠不误动。

手合故障线路时,距离保护能加速切除故障;重合于永久性故障时,距离保护和差动保护均能加速切除故障。

在整个实验过程中,重合闸均能正确重合。

4 结论

本装置由于采用了多 CPU 并行处理结构和 VFC 模数转换技术,硬件系统工作可靠,抗干扰能力强,保护的原理先进,概念清晰,分析简单,软件设计中采取了一系列抗干扰措施,使得本装置具有高可靠性和高安全性。动模试验的结果证明了本文的结论。

参考文献

- 1 王绪昭、伍叶凯、杨奇逊. 一种适用于双端系统微机微波电流差动保护的跳闸判据. 继电器, 1991. 4
- 2 王安定. 反应模故障分量的微机超高压输电线路保护原理及装置研究. 西安交通大学博士论文. 1988
- 3 沈国荣. 工频变化量方向继电器原理的研究. 电力系统自动化, 1983. 1

