

220~500kV 变压器微机保护的应用

毛锦庆 东北电管局调度通信中心 (110006)

摘要 本文根据东北电网变压器保护装置的运行实践,贯彻保护装置配置少而精,提高可靠性的原则,综述 220~500kV 变压器微机保护的配置和微机保护装置的信息要求。同时提出比率制动纵差保护的简易整定法及比率制动特性曲线的测试方法。

关键词 变压器 微机保护 应用

前言

东北电网超高压线路自广泛应用线路微机保护装置以来,受到继电保护和运行人员的欢迎,较常规保护有下述特点。

- 1)性能稳定,技术指标先进,功能全,体积小。
- 2)可靠性高,自检功能强。
- 3)灵活性高,硬件规范化、模块化,互换性好,软件编制可标准化、模块化,便于功能的扩充。
- 4)调试、整定、运行维护简便。
- 5)具有可靠的通讯接口,接入厂、站的微机,可使信息分析处理后集中显示和打印。

电力系统的发展,使变压器向大容量、高电压方向发展。随着技术进步,促进继电保护装置的发展,采用微机保护装置较现有的模拟式保护装置实现更完善的功能,提高电力系统安全运行水平。

东北电网 500kV 变压器微机保护装置于 1992 年 6 月 6 日在辽阳地区 500kV 变压器上投入试运行,经过不断改进,增加 5 次谐波制动量,装置的硬件由 STD 标准总线 V40 工业控制机实现,并于 1993 年 10 月投入运行。东北电网今后新建的 500kV 变压器将推广使用 500kV 变压器微机保护装置。

220kV 变压器微机保护装置的硬件结构是采用行之有效的 15 型高压线路成套微机保护装置的硬件,于 1993 年 7 月 15 日在沈阳地区 220kV 变压器上投入试运行,1994 年 12 月在繁荣变电所投入跳闸运行。

变压器微机保护装置的设计原则:

- 1)220kV 及以上电压等级变压器配置两套独立完整的保护(主保护及后备保护),以满足双重化的原则。
- 2)变压器微机保护所用的电流互感器二次采用 Y 接线,其相位补偿和电流补偿系数由软件实现,在正常运行中显示差流值,防止极性、变比、相别等错误接线,并具有差流超限报警功能。
- 3)气体继电器保护跳闸回路不进入微机保护装置,直接作用于跳闸,以保证可靠性,但用触点向微机保护装置输入动作信息显示和打印。

收稿日期:1995-10-04

《继电器》1996 年第 1 期 29

- 4) 设有液晶显示,便于整定、调试、运行监视和故障、异常显示。
- 5) 具备高速数据通讯网接口及打印功能。

1 500kV 自耦变压器微机保护装置的配置

1.1 启动方式

a. 主保护启动方式

各侧相电流突变量及零序电流稳态量

b. 后备保护启动方式

各侧相电流突变量及零序电流稳态量

c. 过激磁和低压侧零序过电压保护可强制出口

1.2 主保护

a. 差流速断

b. 比率差动

具有电流回路断线闭锁(控制字)、二次谐波制动(高、中压侧)、五次谐波制动(高、中压侧,控制字)

1.3 高压侧后备保护

a. 相间阻抗保护,具有电压回路断线闭锁,方向阻抗元件略带偏移特性,偏移度 $\leq 3\%$ 。

一段阻抗保护设二段时限,方向指向变压器,第一时限切中压侧断路器,第二时限切各侧断路器。

b. 接地保护,设二段零序电流保护。

第一段零序方向电流保护,方向指向本侧母线,零序电流取自零序变送器,零序电压取软件自产,设一段时限,切本侧断路器。

第二段零序电流保护,设一段时限,切各侧断路器。

c. 反时限过激磁保护,高值切各侧断路器,低值发动作信号。

d. 过负荷发动作信号。

1.4 中压侧后备保护

a. 相间阻抗保护,具有电压回路断线闭锁,方向阻抗元件略带偏移特性,偏移度 $\leq 3\%$ 。

一段阻抗保护设二段时限,方向指向变压器,第一时限切高压侧断路器,第二时限切各侧断路器。

b. 接地保护,设二段零序电流保护

第一段零序方向电流保护,方向指向本侧母线,零序电流取自零序变送器,零序电压取软件自产,设一段时限,切本侧断路器。

第二段零序电流保护,设一段时限,切各侧断路器。

c. 公共绕组零序过电流保护,设一段时限,切各侧断路器。

d. 过负荷发动作信号。

e. 公共绕组过负荷发动作信号。

1.5 低压侧后备保护

a. 过流保护设二段时限,第一时限切本侧断路器,第二时限切各侧断路器。

b. 零序过电压保护,作用信号,必要时也可切本侧断路器。

2 220kV 变压器微机保护装置配置

东北电网 220kV 变压器低压侧电压是 66kV 中性点非直接接地电网,220kV 变压器微机保护装置为了便于统一管理、运行维护及设计,简化保护提高变压器保护正确动作率,根据运行实践,提出下述配置:

2.1 主保护

a. 差流速断

b. 比率差动:二次谐波制动,具有电流回路断线闭锁(控制字)

2.2 简化后备保护,缩短动作时间

a. 双绕组变压器:高压侧设复合电压过电流保护,设一段时限切各侧断路器。

b. 三绕组变压器:高压侧设复合电压过电流保护,设二段时限,第一时限切中压侧断路器,第二时限切各侧断路器。低压侧设过流保护,切低压侧断路器。

c. 双分裂三绕组变压器:高压侧设复合电压过电流保护,电压取高压侧电压,设一段时限,切各侧断路器。两个低压侧均各设过流保护,切本侧断路器。

2.3 变压器中性点直接接地的零序电流保护和中性点间隙接地的零序电流、零序电压保护,切各侧断路器。

2.4 过负荷信号

2.5 220kV 断路器非全相保护

一个半断路器接线方式,非全相保护按断路器配置,应设置在该断路器操作屏上。

2.6 有关几个问题的说明:

(1)根据运行实践经验,为保证安全可靠,后备保护和变压器中性点直接接地的零序电流保护均不设切 220kV 母联断路器的时限段。

(2)220kV 变压器各侧均不设重合闸

a. 运行实践说明,220kV 变压器区外故障造成变压器后备保护误动几率非常小,而变压器差动保护误动较多,但差动保护动作是不允许重合。

b. 变压器容量愈大,其经受外部故障的裕度系数相应降低,目前系统短路水平增大,靠变压器过流保护切除故障,时限长,使用重合闸对变压器非常不利,在全国已发生多次变压器在母线故障时遭到损坏,为此母线故障时,也不允许变压器使用重合闸。

c. 设置重合闸,将引起保护装置回路复杂化,运行维护量增加。

d. 220kV 变压器一般是双侧电源,因此不宜装设重合闸。为解决单侧电源的变压器断开后使重要用户供电,应广泛使用备用电源自动投入装置,以减轻变压器受到多次外部故障冲击而损坏。

(3)220kV 变压器中压侧(66kV 侧)不设方向过流保护装置

变压器高、中压侧均有电源,经过运行实践证明,中压侧方向过流保护没有正确动作过,且发生多次误动,原因是中压侧一般均是小电源,方向指向 220kV 侧,电流元件为满足灵敏度,在正常时动作,使之变成纯方向保护,当电压回路异常时,保护将误动。

中压侧有小电源可设特殊的解列装置使之解列。

(4)变压器 220kV 侧复合电压过电流保护的电压元件接 66kV 侧电压。

复合电压过电流保护的电压元件一般整定为 0.7 额定电压,负序电压整定为 0.06 额定电压,当使用 220kV 侧电压,由于 220kV 侧是大电源,则保证 66kV 侧故障的灵敏度是很困难

的,相反,66kV 侧一般是小电源,当使用 66kV 侧电压,能满足 220kV 侧故障的灵敏度,经分析,既使三绕组变压器,一般也能满足 10kV 侧故障的灵敏度。

3 220kV 自耦变压器微机保护装置配置

3.1 主保护

- a. 差流速断
- b. 比率差动

3.2 高压侧后备保护

- a. 复合电压过电流保护,设二段时限,第一时限切中压侧断路器,第二时限切各侧断路器。
- b. 接地保护,设二段零序电流保护。

第一段零序方向电流保护,方向指向本侧母线,零序电压取软件自产,设一段时限,切本侧断路器。

第二段零序电流保护,设一段时限,切各侧断路器。

- c. 过负荷信号

3.3 中压侧后备保护

- a. 复合电压方向过电流保护,方向指向变压器,设一段对限,切中压侧断路器。
- b. 接地保护,设二段零序电流保护。

第一段零序方向电流保护,方向指向本侧母线,零序电压取软件自产,设一段时限,切本侧断路器。

第二段零序电流保护,设一段时限,切各侧断路器。

- c. 公共绕组零序过电流保护,设一段时限,切各侧断路器。
- d. 过负荷信号,公共绕组过负荷信号

3.4 低压侧后备保护

- a. 过流保护设一段时限,切本侧断路器。
- b. 零序过电压保护,作用信号。

4 微机保护装置的信息

4.1 液晶显示

微机保护装置应有液晶显示信息,显示简洁、明了和规范化,显示分两部分,其一为表示显示内容的符号,其二为显示数值。

显示的目的是便于运行监视、整定和调试,显示内容分以下几类:

- a. 正常监视类,如变压器各侧电流,差电流等监测。
- b. 装置异常信号类,如电流、电压回路断线信号,差流超限报警信号,装置内部某插件的故障信号等。

c. 保护动作信号类,如显示各种保护动作及跳闸信号,外接装置动作信号(气体、温度、压力释放等),故障类型及相别。

d. 保护调试、整定类,如调整及检验零漂,软件版本号(校验码),电流互感器变比,软件控制字,各种保护的整定值,并能进行保护定值的整定。

当保护动作或装置异常时,立即显示。

4.2 打印报告

停用段应统一整定符号(T),如过流停用,电流、时间参数整定输入为(T)。

4.4 输入整定参数及软件控制字

为了便于运行管理及简化整定计算,应简化输入整定参数量,能固定的输入整定参数,最好固定,不再输入定值,实践证明,过多的灵活性必将导致复杂化,从而降低可靠性,不利于运行管理和整定计算。

软件控制字的选择尽量统一,数量愈少愈好,使用原则如下:

a. 保护装置的闭锁量:可投可不投的方式由软件控制字控制,如变压器纵差保护5次谐波制动量,电流回路断线闭锁……等等。

b. 各保护装置均备有独立的跳闸连片,要求断开跳闸连片仍可投入试运行而不跳闸。为防止不用的保护误投跳闸,故对于某些在特殊情况下投入的保护再经过第二道防线,由软件控制字控制,如过激磁保护,自耦变压器公共线圈零序过电流保护、低压侧零序过电压保护等。

c. 需要的其他选择控制,如变压器的组别,不同的软件计算程序等。

4.5 变压器微机保护所用的电流互感器二次采用Y接线,差动保护的相位补偿和电流补偿系数由软件实现,为此要求:

a. 微机保护的整定值一律按电流互感器二次侧通入的电流为标准。试验保护动作值时,由于用单相电流试验,经过软件相位补偿后保护动作试验值与整定值并不相等,需要考虑相位补偿系数(一般通AN电流时为 $\sqrt{3}$,通AB电流时为 $\sqrt{3}/2$)。

b. 微机保护装置为适应运行单位选择与便于特性试验,设置变压器结线组别软件控制字。

两绕组变压器的组别:Y₀/Δ-11, Y/Y-12。

三绕组变压器的组别:Y₀/Δ/Δ-11-11, Y₀/Y/Δ-12-11, Y₀/Δ/Y-11-12。

5 比率制动纵差保护的简易整定法

纵差保护为防止区外故障引起不平衡的差动电流造成误动作,采取了比率制动特性。

理想的制动特性曲线为通过原点,且斜率为制动系数 K_B 的一条直线,如图1 OBC的直线。

在变压器内部短路,当短路电流较小时,具有无制动作用,使之灵敏动作,为此制动特性是具有一段水平线的比率制动特性如图ABC折线。水平线的动作电流称最小动作电流 $I_{D,\min}$,继电器开始具有制动作用的最小制动电流称拐点电流 I_{Br} ,由于制动特性曲线中折线不一定通过原点O,如图ABD折线,只有斜率

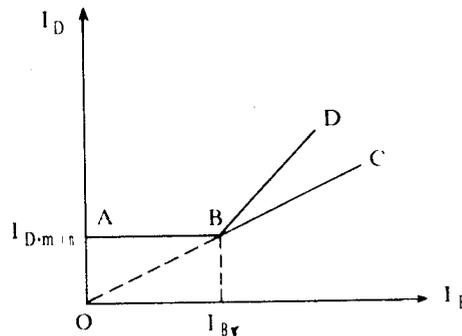


图 1

$m = \frac{I_D - I_{D,\min}}{I_B - I_{Br}}$ 为常数,而制动系数

$K = \frac{I_D}{I_B}$ 却随制动电流不断变化,故整定的比率制动系数 K_B 实质上是折线的斜率 m 。

为防止区外故障时误动,依靠的是制动系数 K ,而不是斜率 m ,因此必须使各点的 K 值均满足选择性及灵敏性,使继电器的制动特性曲线位于理想的制动特性曲线上部。

制动特性曲线由下述三个定值决定:

① 比率制动系数 K_B

② 拐点电流 I_{Br}

③ 最小动作电流 $I_{D,min}$

5.1 比率制动系数 K_B 的整定

$$K_B = K_K(K_{st}f_i + \Delta V + \Delta f)$$

式中 K_k ——可靠系数,取 1.3 ~ 1.5

K_{st} ——电流互感器同型系数,取 1.0

f_i ——电流互感器的最大相对误差,满足 10% 误差,取 1.0

ΔV ——变压器由于调压所引起的相对误差,取调压范围的一半

Δf ——变压器经过电流互感器(包括自耦变流)变比,不能完全补偿所产生的相对误差。微机保护软件可以完全补偿, $\Delta f = 0$ 。

K_B 一般在 0.3 ~ 0.5 中选取。

5.2 拐点电流 I_{Br} 的整定

一般在(0.8 ~ 1.2)倍变压器额定电流整定,微机保护整定为变压器额定电流。

5.3 最小动作电流 $I_{D,min}$ 的整定

按满足制动特性的要求整定,使制动系数不随制动电流而变化,则最小动作电流与拐点电流相互关系如下:

设变压器额定电流 I_e 的标么值为 1.0,当拐点电流为 1.0,则 $I_{D,min} = K_B$

当拐点电流为 KI_e 值时,则 $I_{D,min} = KK_B$

按上述整定,均能满足选择性和灵敏系数,可不再校验灵敏系数。

6 变压器微机差动保护的比率制动特性曲线测试方法

常规保护测试制动特性曲线可在差动绕组与制动绕组分别通动作电流及制动电流,但微机差动保护只能在高、低压侧模拟区外故障通入电流测试,因此需要经过计算求得动作电流和制动电流。

试验接线如图 2 所示:

为简化计算,在变压器结线组别为 Y/Y-12,电流互感器变比的电流补偿系数为 1 的条件下测试。

第一类两绕组制动特性纵差,设高压侧电流为 I_A ,低压侧电流为 I_a ,模拟区外故障,首先调整 R_1 及 R_2 使 $I_A = I_a$,即 $I_D = 0$,然后固定 I_a ,调整 R_1 使 I_A 改变以增大差电流 I_D ,冲击加电流,使继电器动作。

此时 动作电流 $I_D = I_A - I_a$

制动电流 $I_B = I_A + I_a$

则 制动系数(斜率) $K_B = \frac{I_D - I_{D,min}}{I_B - I_{B,min}}$

式中 $I_{D,min}$ ——最小动作电流($I_a = 0$)

I_{Br} ——拐点电流

$I_{D,min}, I_{Br}$ 实为拐点坐标。

重复上述调整,固定不同的 I_a 值,然后调整不同的 I_A ,冲击加电流使继电器

器动作,计算 I_D 和 I_B ,可得出折线,在折线上各点的制动系数 K_B 是相同的,当 $I_a \leq I_{Br}$,则 $I_A =$

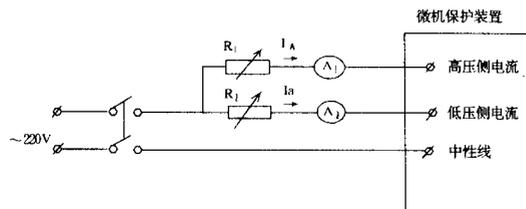


图 2

$I_{D\cdot\min}$ 。

要求测试的 K_B 与整定的 K_B 相符。

第二类多绕组制动特性纵差,各侧电流同极性相加组成动作电流,取各侧电流中的最大值电流为制动电流,区外故障,差电流为不平衡电流,制动电流为最大侧的故障电流。

设高压侧电流为 I_A , 低压侧电流为 I_a , 模拟区外故障, 制动曲线测试方法与第一类差动继电器相同, 此时减少 I_A 电流以增大差电流 I_D , 但计算方法不同。

此时 动作电流 $I_D = I_a - I_A$

制动电流 $I_B = I_a$

7 结论

7.1 变压器微机保护装置的运行实践说明微机保护较常规保护优越,在电网 220kV 及以上电压等级变压器大规模使用微机保护是必然趋势。

7.2 220kV 及以上电压等级变压器使用微机保护有利于简化保护及接线,适合双重化保护配置。本文提出的 220~500kV 变压器微机保护的配置是根据东北电网变压器保护的运行实践,贯彻继电保护装置配置少而精的原则,从而提高了可靠性。

7.3 本文提出的微机保护比率制动级差保护简易整定法和比率制动曲线测试方法,经过实践证明是简单可行的。

7.4 微机保护在运行中,今后要不断地改进和完善,以推动电网继电保护技术向前发展。

(上接 14 页) 当不发生接地时,无论励磁电压怎么波动,电桥始终是平衡的,即 $U_0' = 0$,故一点接地电阻的大小和位置的计算不受励磁电压波动的影响。

从 34、35 两式可以看出,在进行两点接地判断时,即使直流励磁电压发生波动,即 $\Delta U_0'(t) \neq 0$,而外加交流电压可以认为是稳定不变的,即 $\Delta U_0''(t) = 0$,故计算出的 β 仍为 0,也即直流励磁电压的波动不会对两点接地计算造成影响。

微机软件简单框图如图 19。

6 结论

本保护方案可同时实现发电机转子一点接地保护和两点接地保护,因采用两电桥的互相监视,当一点接地时,可求出接地电阻的大小,并定位接地点,而且没有任何死区,同时也不受励磁电压波动的影响;当两点接地时,可计算出励磁绕组的短路匝数百分比,且不受励磁电压波动的影响。当一点接地时,可瞬时动作于跳闸或发信号,而当两点接地时,可瞬时动作于灭磁及跳闸。

当然,本方案不适用于无刷励磁系统及两点同时接地的情况。