

从加强主保护简化后备保护论变压器微机型继电保护装置

毛锦庆¹, 屠黎明², 邹卫华², 聂娟红²

(1. 东北电网有限公司, 辽宁省沈阳市 110006; 2. 北京四方继保自动化股份有限公司, 北京市 100085)

摘要:从加强主保护、简化后备保护的观点出发,论述了变压器的比率制动差动保护、标积制动差动保护、零序差动保护等主保护在使用中应注意的技术问题,指出差动保护灵敏度和快速性的提高必须建立在安全、可靠的基础上,提出了因电流互感器饱和与区外故障切除的暂态误差导致差动保护误动的具体措施。指出 220 kV 电压等级以下的变压器可不装设零序差动保护,330 kV 和 500 kV 自耦变压器可将零序差动保护作为接地故障主保护的辅助保护。在加强主保护的基础上,提出了简化后备保护的具体措施,着重讨论了各侧的短路后备保护、接地保护和各时间段的保护跳闸,以及地区小电源、并列运行变压器的后备保护配置、中性点间隙接地保护等问题。

关键词:变压器;微机保护;保护配置;主保护;后备保护

中图分类号: TM774

0 引言

运行单位广泛应用微机型继电保护装置,在调试、运行维护方面已取得显著成果,但在保护配置和整定计算上,由于制造厂商过于强调微机型继电保护装置的灵活性,个别运行单位亦起到了推助作用,以致造成了配置复杂,保护装置定值表及运行方式控制字达几十个,一台三绕组的变压器仅高、中、低压侧后备保护达 15 段保护,38 段时限,15 个复压、方向的运行方式控制字。大量的定值和运行方式控制字非常不利于运行单位的选用,需要复杂、庞大的整定计算。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。

本文从变压器保护应该强调“加强主保护、简化后备保护”的论点提出一些有效的简化措施。

1 关于变压器差动保护的几个观点

1.1 加强主保护,应使差动保护更完善和简化整定计算

加强主保护的目的是,为了简化后备保护,使变压器发生故障时能够瞬时切除故障。目前 220 kV 及以上电压等级的变压器纵联差动保护双重化,这是加强主保护的必要措施。差动保护应在安全可靠的基础上使之完善。

在简化整定计算方面,差动保护应多设置自动的辅助定值和固定的输入定值,使用户需要整定的保护定值减到最少,以发挥微机型继电保护装置的

优越性。不需要系统参数,不需要校核灵敏度,可以根据变压器的参数独立完成保护的整定,整定方法简单清晰。

1.2 用于差动保护的电流互感器的基本要求

用于差动保护的电流互感器(TA)需要满足 2 个条件:一是稳态误差必须控制在 10% 误差范围内,因为整定计算中采用的不平衡稳态电流是按 10% 误差条件计算。二是暂态误差,影响 TA 暂态特性的参数主要有:短路电流及其非周期分量、一次回路时间常数、TA 工作循环及经历时间、二次回路时间常数等。TA 剩磁对于饱和影响很大,由于铁心中存在剩磁,TA 可能在一次电流远低于正常饱和值时即过早饱和。差动保护的暂态不平衡电流比稳态时大得多,仅在整定计算时将稳态不平衡电流增大 2 倍是不够安全的。采取抗 TA 饱和的办法是使用带有气隙的 TPY 级 TA。但是差动保护广泛使用的是 P 级 TA,对 P 级 TA 规定允许稳态误差不超过 10%,暂态误差必然要超过稳态误差,在实用上可在按稳态误差选出的技术规范基础上通过“增容”以限制暂态误差。

目前 110 kV 及以下电压等级均采用 P 级 TA,220 kV 变压器亦采用 P 级 TA 或 5P 级、PR 级(剩磁系数小于 10%)TA,因此差动保护需采取抗 TA 饱和措施。500 kV 变压器在 500 kV 侧、220 kV 侧均用 TPY 级 TA,对于 600 MW 大型发电机-变压器组保护,500 kV 侧均采用 TPY 级 TA,在发电机侧已有 TPY 级 TA 可选用。

1.3 安全、可靠是差动保护高灵敏度和快速性前提
差动保护应具有高灵敏度和快速性,轻微匝间

短路能快速跳闸,但是提高灵敏度和快速性必须建立在安全、可靠的基础上。运行实践说明:使用较低的启动电流值在区外故障或区外故障切除时易引起差动保护误动,因此对于灵敏度和快速性不要因追求过高的指标而忽视可靠性。

提高灵敏度虽对反应轻微故障是有效的,但灵敏度的提高必然降低安全性。变压器的严重故障并不都是由轻微故障发展而来的,故障发生的瞬间仍会发生烧毁设备的事故,同时轻微故障发展为严重故障也需要时间,因此轻微故障时延长一些时间切除故障也是允许的,长时间的运行实践证明,变压器气体保护是动作时间稍长地切除轻微的匝间故障。

轻微匝间故障时产生的机械应力和热效应不大,在 200 ms 内切除故障不会危及铁心,从检修的角度看,只要铁心不损坏,轻微和严重的匝间故障都需要更换线圈,因此只要差动保护在铁心损坏之前动作,就可以满足检修要求,不需要追求减少线圈的烧损程度而牺牲保护的安全性。

2 新研制的比率制动差动保护

2.1 比率制动差动保护的工作特性

比率制动差动保护提供差动电流速断保护、比率制动差动保护,其保护特性如图 1 所示。

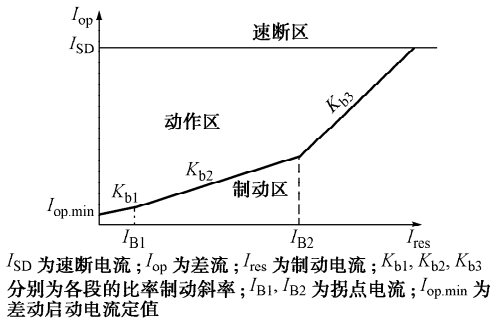


图 1 比率制动的差动保护特性

Fig. 1 Characteristics of ratio restraint differential protection

差动速断主要是防止内部故障当短路电流很大时使 TA 饱和,由于涌流的判据而导致比率制动保护拒动,用差动速断电流躲过涌流。

比率制动差动保护主要设置励磁涌流鉴别(2 次谐波制动或波形对称原理识别)、过励磁鉴别(5 次谐波制动)、TA 饱和和检测等功能。

差动保护制动电流将多侧差动保护等效为两侧差动,以指向变压器为电流正方向,则对应的 I_{op} 和 I_{res} 为:

$$\begin{cases} I_{op} = \sum_{i=1}^N \dot{I}_i \\ I_{res} = \frac{1}{2} |\dot{I}_{max} - \sum \dot{I}_i| \end{cases} \quad (1)$$

无论被保护元件是否为多侧元件,都有 $\dot{I}_{max}$ 为各侧同相的最大电流, $\sum \dot{I}_i$ 为其他侧同相电流之和。其特点是对于区外故障 I_{res} 值不变,对区内故障 I_{res} 将减少 1/2,提高了区内故障的灵敏度,可以设置更大的制动系数以保证区外故障不误动。

动作方程为:

$$\begin{cases} I_{op} > K_{b1} I_{res} + I_{op.min} & I_{res} \leq I_{B1} \\ I_{op} > K_{b2} (I_{res} - I_{B1}) + K_{b1} I_{B1} + I_{op.min} & I_{B1} < I_{res} \leq I_{B2} \\ I_{op} > K_{b3} (I_{res} - I_{B2}) + K_{b2} (I_{B2} - I_{B1}) + K_{b1} I_{B1} + I_{op.min} & I_{res} > I_{B2} \end{cases} \quad (2)$$

式中: K_{b1} 固定为 0.2; K_{b3} 固定为 0.7; 设 I_e 为基准侧(高压侧)的二次额定电流; I_{B1} 为第 1 拐点电流,固定为 $0.6I_e$,国外差动保护认为 TA 在 $6I_e$ 下不会饱和; I_{B2} 为第 2 拐点电流,为了更安全可靠,固定为 $5I_e$ 。

2.2 抗 TA 饱和及区外故障切除的防止误动措施

2.2.1 抗 TA 饱和措施

通过理论分析和实验得知,TA 饱和时将出现大量谐波,暂态过程中电流的波形除直流分量外,含有 2 次谐波和 3 次谐波,暂态饱和和主要是 2 次谐波,稳态饱和和主要是 3 次谐波,利用 2 次谐波鉴别差动不平衡电流肯定是有效的,区内故障的初期在短路电流中也会有 2 次谐波,但不会很大,存在时间很短,不会导致保护拒动,但会带来保护延时动作。利用各侧相电流的 2 次和 3 次谐波对基波的比值判断 TA 饱和。

由于电感中电流不能突变,短路后 TA 的励磁电流上升达到铁心饱和需要一定的时间,在此之前 TA 能无误差地准确传变,即区外故障差动不平衡电流的出现较短路电流滞后一段时间,若差动保护能在这段时间内完成测量,可判出区外故障或区内故障。故障发生时,差动保护可利用 TA 未饱和时,差流达到动作值即认为区内故障,当差动还未动作,经过 3 ms 差动电流才动作,此时判为区外故障,投入 TA 饱和判据,将差动保护自动延时 40 ms 才动作。

2.2.2 区外故障切除防止差动保护误动的措施

当通过变压器的区外故障切除时,一次回路电流发生突变并不为 0,此电流将引起铁心饱和,同时

变压器两侧 TA 暂态特性不一致,穿越性的暂态电流在二次侧可能出现较大的差流,根据多次事故分析,切除区外故障时的误动特点是保护的動作点均落在差动无制动特性的拐点附近,其原因是区外故障时制动电流较大,故動作点落在非動作区;在区外故障切除时,制动电流下降得较多,而差动电流下降得少,造成動作点落在動作区而误动。

解决的措施可以通过识别差动电流和制动电流的变化轨迹,正确识别区内故障和区外故障后电压恢复过程中差流的大小,当比率制动差动保护的動作点由制动区转到動作区时,差动保护经几十毫秒延时動作,而且動作时限根据差流自适应调整,差流越大则延时越短。

抗区外故障 TA 饱和和区外故障切除时,差动保护误动的措施均不采取闭锁而是延时動作,其目的是为了防止变压器轻微故障拒动的问题,虽然当区外故障转变为区内故障时,差动保护带一些延时動作,这对于轻微故障而言也是允许的,用时间换安全。

2.3 简化差动保护的整定计算工作

差动保护各定值的整定如下。

1)差动速断定值: $6I_e \sim 8I_e$ 。

2)最小启动电流值: $I_{op.min} = 0.3I_e + K_{rel}(\Delta U + \Delta m)I_e$ 。其中, K_{rel} 为可靠系数; ΔU 为变压器调压引起的误差,取调压范围中偏离额定值的最大值; Δm 为 TA 变比未完全匹配产生的误差,微机保护可以完全匹配为 0。一般 $I_{op.min}$ 取 $0.4I_e$ 。

3)比率制动斜率 $K_{b2}: K_{b2} = K_{rel}(K_{ap}K_{cc}K_{er} + \Delta U + \Delta m)$ 。其中, K_{rel} 取 1.5; K_{ap} 为非周期分量系数,两侧同为 P 级 TA 时取 2.0; K_{cc} 为 TA 的同型系数,取 1.0; K_{er} 为 TA 比误差,取 0.1。一般 K_{b2} 取 0.5。

4)二次谐波制动比:0.12~0.15,一般取 0.15。

5)TA 断线是否闭锁差动保护和 5 次谐波制动是否投入可通过控制字选用。220 kV 及以下电压等级的变压器一般不投 5 次谐波制动,远离负荷中心的大型水电站,在其附近的 220 kV,110 kV 变压器,有可能导致变压器过激磁,为防止误动,可投入 5 次谐波制动。

按上述整定,均能满足选择性和灵敏系数,不需要校验灵敏系数。

3 标积制动式差动保护^[1]

标积制动式差动保护较比率制动式差动保护灵敏,因设有工作特性开关点(固定为 $1.5I_e$),对于区外故障不会误动,区内故障能保证足够的灵敏度,整

定计算也非常简单。

4 装设变压器零序差动保护的问题

变压器接地故障与匝间故障对纵联差动保护性质上完全相同,只有轻微的匝间故障如发生在靠近中性点附近的接地故障,由于差动保护有一定的启动值而不能動作,此时零序差动回路反应接地处与中性点接地点的短路匝内的电流而灵敏動作,因此零序差动的优点是在近中性点处发生接地故障,且接地电阻又不可忽略的情况下才能显示其优越性,但是零序差动既然有启动值,当接地电阻达到一定数值时仍是有死区的。

目前国内的保护配置已使用双重化的差动保护,由于微机型差动保护的启动电流下降到 $0.5I_e$ 以下,对于接地故障有足够灵敏度,变压器气体保护对于变压器内部接地故障(相当于匝间故障)也很灵敏,其動作时间较差动保护略长,由于是轻微故障,带一定延时動作也是允许的。几十年来的实践证明,变压器匝间、接地故障(包括 500 kV 变压器)造成差动、气体保护均拒动而由后备保护切除尚无一例(由于熔断器及二次回路问题除外)。

零序差动保护不应使用中性点的 TA,因特性易饱和且极性难判断,导致零序差动保护误动的事例是很多的。若发生区外相间故障,则中性点的 TA 无电流,而引出侧三相 TA 的自产零序电流可能较大,相似于内部接地故障而导致误动。

综上所述,作者认为 220 kV 电压等级以下的变压器不必增设零序差动保护,多一套保护也是误动概率增加的根源。

330 kV 和 500 kV 自耦变压器容量较大,均为单相变压器组成,接地故障概率较相间故障概率高,可以将零序差动保护作为接地故障主保护的辅助保护。

多侧 TA 同型号、同变比,负载阻抗亦相同,则差动的不平衡电流可以减到最小,对于变压器各侧的 TA 不可能做到这一点,而分侧差动保护和零序差动保护原则上可以做到,由于零序差动保护是 3 个 TA 的相量和组成,从不平衡电流的数值而言,分侧差动保护优于零序差动保护,因此设有分侧差动保护的变压器就更不需要装设零序差动保护。

变压器零序差动保护应使用高压、中压、中性点侧三相 TA 的自产零序电流,使用同型号、同变比的 TPY 级 TA。

从简化保护和降低启动值而言,对于零序差动保护没有必要设零序差动速断。比率制动差动只设二段式的经过原点的制动特性,为了降低启动值可

略带 40 ms 延时,启动电流取 $0.3I_e \sim 0.4I_e$,制动系数取 $0.4 \sim 0.5$ 。如果各侧 TA 不是同一变比,是经过补偿取得一致变比,则定值可取上限值。

为避免区外相间故障等因素导致 TA 暂态特性差异与饱和等所产生的自产零序电流不平衡电流,可采用下列措施:当各侧的三相电流中有 2 个相电流值大于 $1.5I_e$,即判为相间故障,则将制动电流 $I_{0, \text{res}} = \max(I_{0, \text{H}}, I_{0, \text{M}}, I_{0, \text{T}})$ (其中 $I_{0, \text{H}}, I_{0, \text{M}}, I_{0, \text{T}}$ 分别为自耦变压器高压侧、中压侧、中性点侧的自产零序电流)自动切换为 $I_{0, \text{res}} = \max(|I_{\text{AH}}|, |I_{\text{BH}}|, |I_{\text{CH}}|, |I_{\text{AM}}|, |I_{\text{BM}}|, |I_{\text{CM}}|)$,使制动电流增加为故障相的最大相电流,如果变压器内部单相接地故障时误切换,则灵敏度可能降低,也能正确动作。

5 简化后备保护

后备保护作用主要是为了变压器区外故障,特别是考虑在其联接的母线发生故障未被切除的保护,当然也可以兼作变压器主保护的后备(尤其 110 kV 及以下电压等级的变压器)和其联接的线路保护的后备(尤其 110 kV 及以下电压等级的线路)。当加强主保护以后,差动保护双重化配置,气体保护采用独立直流电源,因此主保护非常可靠、灵敏、快速,理应简化后备保护。后备保护只要具备在 220 kV 及以上电压系统是近后备,在 110 kV 及以下电压系统是远后备的基础,不需要仿照线路保护设几段后备保护,线路保护有距离保护,基本不受短路电流的影响,保护范围较固定,配合比较简单。变压器后备保护主要是母线的近后备和 110 kV 及以下电压等级线路的远后备,只要系统内故障能由保护动作切除不至于拒动就满足要求。如果后备保护要从电流保护来解决多段式配合,这是既复杂又困难的问题。变压器后备保护不需做多段配合、定值校核的工作,我们要摆脱整定计算中难以配合的困扰。目前,微机型保护各侧设置相间和接地保护各设 3 段 8 时限的复杂保护是作茧自缚,没有好处。

简化后备保护的原则,作者认为变压器高压侧只设置复合电压过电流保护,中、低压侧设复合电压过电流保护作为远后备,电流限时速断作为母线近后备。

5.1 复合电压过电流保护

复合电压过电流保护是最主要的后备保护,因为是按变压器额定电流整定,故保护范围较长,可以兼作和其联接的线路的后备保护,但是需要与线路的后备段最长时间相配合。虽然时限较长,但它是防止系统内保护拒动最优的措施,避免造成系统电源的根部各发电厂相应发电机的跳闸,是防止大面

积停电、保证系统安全的措施,也是最后一道防线。

复合电压过电流保护设有各侧(高、中、低)复合电压闭锁,无电源端的复合电压闭锁只取本侧复合电压闭锁。双绕组变压器低压侧无电源,则高压侧过流可不设高压侧复合电压闭锁,只需低压侧复合电压闭锁,就能满足各侧故障的电压灵敏度要求。

当各侧复合电压闭锁的任一侧电压断线时,不能解除该侧电压闭锁,宁可使之变成无电压闭锁的过电流保护也不能导致失去最后防线的作用。如果失去电压闭锁,能够造成过负荷跳闸,则自动抬高电流定值。

多侧电源的各侧复合电压闭锁过电流不宜设方向闭锁,尤其高压侧复合电压闭锁过电流不应设方向闭锁。

过流定值为:

$$I_{\text{op}} = \frac{K_{\text{rel}}}{K_{\text{r}}} I_e = (1.2 \sim 1.3) I_e$$

式中: K_{rel} 为可靠系数; K_{r} 为返回系数。

对于大容量小负荷的变压器也可按照最大负荷电流整定。

低电压定值为:

$$U_{\text{op}} = \frac{U_{\text{min}}}{K_{\text{rel}} K_{\text{r}}} = 0.8 U_e$$

式中: U_e 为额定相间电压; U_{min} 为最低工作电压。

U_{op} 按躲过电动机自启动时的电压整定,可整定为 $0.7 U_e$ 。

负序电压定值为: $U_{2, \text{op}} = (0.06 \sim 0.08) U_e$ 。 U_e 为额定相电压。

动作时间与同侧相邻线路距离段最长的时间相配合,增加一个 Δt 。

5.2 电流限时速断保护

在变压器中、低压侧均可装设电流限时速断保护作为母线的快速后备保护,其电流可按照保护本侧母线的灵敏度整定,取灵敏系数 $1.2 \sim 1.3$ 。动作时间与电流伸到相邻同侧线路保护的配合段的时间相配合,增加一个 Δt 。如中压侧有电源则加方向闭锁,方向固定指向母线。

5.3 500 kV 和 220 kV 变压器接地保护

500 kV(220 kV)和 220 kV(110 kV)的各侧接地保护设 2 段。

第 1 段为方向接地保护,方向固定指向母线,整定与同侧相邻线路的接地距离或接地电流保护配合整定。一般要求母线接地故障有一定的灵敏度,时限一般为 1.5 s。

第 2 段为接地保护,不带方向的接地电流应按被保护母线,考虑适当的弧光电阻后的灵敏度整定,

并与同侧相邻线路保证灵敏度段的最长段配合。一般与接地故障最末一段(如一次值为 300 A)配合是困难的,可以不考虑。

双绕组变压器,高压侧中性点接地,低压侧为不接地系统,在高压侧中性点 TA 设置接地保护一段。对于自耦变压器,为增加切除单相接地短路的可靠性,在中性点 TA 设置零序过电流保护。

5.4 500 kV 变压器设阻抗保护问题

阻抗保护不能作为变压器的后备保护,变压器内部故障所测的阻抗是一个很复杂的问题^[2],对于自耦变压器,经过仿真计算,高压侧、中压侧单相接地、匝间短路,低压侧匝间短路几乎全部位于变压器短路阻抗为半径的圆以外,有一部分测量的阻抗还落到负荷阻抗之外,因此阻抗元件不能作为变压器各侧绕组内部短路的近后备保护,从简化的原则考虑取消变压器的阻抗保护是正确的。

目前 500 kV 变压器的 500 kV 侧极大部分是 1 $\frac{1}{2}$ 断路器接线,母线保护都是双重化,因此作为母线故障的近后备功能大为降低,设立复合电压闭锁的过电流保护作为最后一道防线,也无可非议。220 kV 侧极大部分是双母线三分段、四分段接线,过去只有一套母线差动保护。当母线故障,母差拒动或者母差未投则需要变压器增设阻抗保护作为母线的近后备保护,作者认为 500 kV 自耦变压器的 220 kV 侧设一段方向固定指向 220 kV 母线的带偏移特性的方向阻抗保护还是有必要的。同样的理由,在 220 kV 侧用接地距离代替方向零序电流保护也是合适的,接地距离特性使用对原点对称的长方形特性的接地距离比较适合,在满足振荡不误动的条件下,使时限缩短到 0.5 s~1.0 s。当母差停用,可用更短的时限投入,允许在较小范围内无选择动作。

为简化距离保护可用电流闭锁的阻抗元件,不带振荡闭锁。当电压断线时,可将时间元件自动切换到 1.5 s~2.0 s。

5.5 后备保护段多段时间的跳闸问题

后备保护各时间段除了切除被保护设备外,增加了缩小故障影响范围,因此设计了程序式跳闸,第一时限切两分段断路器,第二时限切本侧母联断路器,第三时限切本侧断路器,第四时限全切。这在理论上时间程序很合理,但在实际运行时没有必要。从运行实践得知:

1)用多级分段时间来缩小故障范围没有实际意义,对于母线上单电源的线路有效果,对于双电源的线路不起作用。例如,后备保护的时限是 1.5 s,当

采用程序式跳闸,则线路对端的断路器均由线路保护跳闸,因此切母联断路器仅在 110 kV 及以下等级的单电源线路起作用。对于目前 220 kV 环网连接的线路没有效果,这样做的结果延长了保护切除故障的时间。

2)当后备保护动作来切除母线故障,系统稳定已破坏,这样按时间程序跳闸只能造成更严重的破坏。

3)实践经验由后备保护动作来保证母线的选择性,成功的概率是非常小的。

4)本设备的保护最好只切本设备的断路器,如果切运行中的其他断路器,在运行维护、保护试验中造成误切,这样的事例较多。

5)不符合加强主保护和简化后备保护的原则,造成接线非常复杂,增加保护误动的概率。

6)当母差保护停用时,只能加快后备保护的动作时间,不允许再考虑母线的选择性。

综合如上所述,属于最后防线的过电流保护只设 1 个时间段,可以全切,如高压侧的过流保护、接地保护等,其他保护最多设两个时间段,如对于单侧电源的变压器的低压侧第一时限切母联,第二时限切本侧。高压侧后备段对于本侧灵敏度不足的本侧后备段,第一时限切本侧,第二时限全切。四分段的母线,同时母线上的线路多数是单电源线路,第一时限切母线两个断路器(分段、母联),第二时限切本侧。

5.6 特殊问题的处理

5.6.1 地区小电源的问题

全国电网中,随着 500 kV 电网的形成与发展,110 kV 及以下电压等级电网是开环运行,但是尚存在很多的地区小电源经过 110 kV 及以下电压等级线路与系统联网。

220 kV 及以下电压等级的变压器,中、低压侧有地区小电源,当高压侧故障,小电源不能供给足够的故障电流,或者故障电流小于变压器的负荷电流,则无法使用方向电流保护,应采取小电源联络线路的小电源专用解列装置,在高压侧故障,将小电源解列。而变压器中、低压侧后备保护可按无电源整定。专用解列装置可利用变压器本侧的方向(指向变压器)和地区小电源联络线的电流构成方向电流解列装置,或者用频率解列装置,根据负荷平衡,动作于母联或小电源联络线。

5.6.2 2 台变压器并列运行问题

110 kV 及以下电压等级的变压器和线路均是一套微机保护,因此变压器高压侧的电源线应作为变压器的远后备,而变压器低压侧复合电压过电流

保护应作为低压侧线路的远后备。若 2 台变压器并列运行,将使上、下级电流保护配合困难,要满足远后备的灵敏度更困难,为此需采取下述措施:

1) 2 台变压器在低压侧解列运行,用母联设置备用电源自动投入装置,这是最安全的措施。

2) 2 台变压器必须并列运行,则在母联上设置解列装置,并设母线差动保护。解列装置由复合电压过电流保护组成,当高压侧 220 kV 线路保护后备段伸不到并列后的低压母线,则电流按 $0.5I_e$ 整定,时间较变压器同侧母线的复合电压过流保护降低一个 Δt ,其缺点是切除故障的时间增大 1 倍,这也是允许的。另外,再增设限时电流速断解列,电流按变压器限时速断的 0.5 倍整定,时限降低一个 Δt 。当高压侧 110 kV 及以下电压等级的线路保护作为远后备作用时,为了上、下级保护配合,只设复合电压过流保护解列,电流按 $0.5I_e$ 整定,时间按 $0.5\text{ s} \sim 1.0\text{ s}$ 整定,要求在故障时母联解列,以保证起远后备作用。

3) 2 台三绕组的变压器不允许三侧并列运行,低压侧必须解列运行。

5.6.3 变压器双侧电源的等值阻抗相差不多的独立电网

变压器双侧均加设一段方向限时过流保护,方向均指向变压器。由于这种独立电网已比较少见,因此保护的配置可以特殊处理。

6 变压器中性点间隙接地保护问题

220 kV 侧电压的中性点间隙接地保护采用中性点经放电间隙的专用零序 TA 的零序电流与母线零序电压并列方式启动时间元件(略带延时返回)构成,采取并联方式的目的是保证当发生间隙性弧光接地时能可靠动作。电流整定值为一次电流 100 A,开口三角绕组的电压为 180 V(每相额定电压 100 V),时间为 $0.3\text{ s} \sim 0.5\text{ s}$,动作于全切。

110 kV 侧电压的中性点直接接地的电网,分级绝缘的变压器中性点不装设放电间隙,只能用于中性点直接接地运行。

当有 2 组及以上变压器并列运行,不考虑零序电流电压保护先切除不接地变压器,后切除接地变压器的保护方式,应采用变压器中性点装设放电间隙的间隙接地保护。根据运行实践,110 kV 的放电间隙的间距短,由于周围环境的污染,在接地故障时误击穿,造成变压器误动跳闸事故。为此采用间隙零序电流和零序电压分别启动时间的方案。零序电压按 $150\text{ V} \sim 180\text{ V}$ 整定,时间 $0.3\text{ s} \sim 0.5\text{ s}$;零序电流按一次电流为 100 A 整定,延时可与相邻线路

的零序电流保护配合整定,选用 $0.5\text{ s} \sim 2.0\text{ s}$ 。虽然间隙在接地故障时误击穿,间隙零序电流与相邻线路零序电流不配合,但时间上配合,亦能防止较多的误动跳闸事故。

7 结语

微机型变压器保护必须遵循加强主保护、简化后备保护的原则,简化保护装置定值达到简化整定计算工作的目的。拥有优良完善的性能并具有最少量的定值表是最优的微机型保护装置。

变压器差动保护提高灵敏度和快速性必须建立在安全可靠的基础上,应采取防止因 TA 饱和和区外故障切除的暂态误差造成误动的措施。

加强主保护应简化后备保护,变压器后备保护主要是作为母线的近后备,110 kV 及以下电压等级线路的远后备,要摆脱整定计算中难以配合的困扰,不做定值校核,为此高压侧后备保护仅设复合电压过流保护,中、低压侧后备保护设复合电压过流保护和电流限时速断保护,前者按变压器额定电流整定,后者按同侧母线的最低灵敏度要求整定,时间应与同侧相邻线路的相应时间相配合。

变压器中、低压侧联网的地区小电源,应装设小电源的专用解列装置,变压器中、低压侧后备保护可按无电源考虑整定。

500 kV 自耦变压器可考虑装设变压器零序差动保护作为接地故障主保护的辅助保护。220 kV 侧由于双母线接线只有一套母差保护,可装设一段阻抗保护作为母线的近后备保护。

参考文献

- [1] 毛锦庆. 电力系统继电保护实用技术问答. 第 2 版. 北京: 中国电力出版社, 2003.
MAO Jin-qing. Answers to Practical Relay Protection Technology of Electric System. 2nd ed. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [2] 王维俭. 电气主设备继电保护原理和应用. 北京: 中国电力出版社, 1996.
WANG Wei-jian. Principle and Application of Main Electrical Equipment Relay Protection. Beijing: China Electric Power Press, 1996.

毛锦庆(1933—),男,教授级高级工程师,长期从事继电保护的运行管理和研究工作。

屠黎明(1972—),男,博士,高级工程师,主要从事元件保护的研究和开发工作。E-mail: Tulm@sf-auto.com

邹卫华(1974—),女,工程师,主要从事元件保护的设计和开发工作。

(下转第 18 页 continued on page 18)

