

浅谈《发电机变压器组断路器失灵保护改进意见》的体会

华中电业管理局调度局 唐克明

能源部电力司发出关于《发电机变压器组断路器失灵保护改进意见》的通知(以下简称《改进意见》),提出失灵保护的闭锁元件采用零序电流。有人曾对《改进意见》提出异议,认为采用负序电流做失灵保护的闭锁元件比采用零序电流好,能够解决发电机变压器组在变压器中性点不接地时断路器拒分,利用变压器中的负序电流做闭锁元件可以使失灵保护动作切除同一母线上有源元件断路器,能够防止发电机转子烧毁事故。若采用零序电流做闭锁元件,由于两相拒分变压器中没有零序电流,失灵保护会要拒动。

但是《改进意见》仍“确定采用零序电流做失灵保护的闭锁元件,并做为断路器是否断开的判据。对 220kV~500kV 侧分相操作的断路器,发电机变压器组可只考虑单相拒分”。这是根据 DL400-91 继电保护及安全自动装置技术规程(以下简称 DL400-91 规程)2.8.6.1 规定“对 220kV~500kV 分相操作的断路器,可只考虑断路器单相拒动的情况”确定的。

电力科学研究院对断路器非全相事故做过统计,收集从 80 年起至 1992 年 4 月止 220kV~500kV 断路器非全相运行 26 次事故。统计指出断路器非全相事故,全是单相拒动事故,进一步证实断路器非全相事故只是由单相拒动所产生。统计指出,断路器非全相中有三次因电气二次回路故障所造成;其它均为断路器机构故障所造成。如拉杆断裂、断路器油、汽泄漏,主触头分、合不到位等。在 26 次断路器非全相事故中华中电网占了两次。一次是 1984 年 3 月 12 日,姚孟电厂手动分闸 222 断路器,A 相拒分;另一次是 1990 年 6 月 12 日首阳山电厂,手动分闸 221 断路器,B 相拒分。这两次拒分都是断路器机构有问题引起的。后果是两台发电机转子遭到了严重烧毁。

统计指出断路器非全相事故的严重后果:不仅造成发电机转子和变压器的烧毁,以及断路器、避雷器爆炸,断路器断口闪络等重大设备损坏事故;还造成了系统振荡和系统解列的系统事故。

因此由事故教训提出了相应的反事故措施。除了断路器本身采取相应的措施外;要求继电保护要能正确反应断路器非全相事故,并能可靠消除断路器非全相事故。断路器失灵保护闭锁元件改用零序电流和增设断路器非全相保护就是有力的措施。

断路器非全相事故是什么原因引起的?断路器失灵保护和非全相保护能否消除断路器非全相事故,为了分析这些问题,不妨假设可能发生的断路器非全相事故列在表中进行分析。(见表 1)

手动合闸,断路器一相或两相拒合;无故障跳闸,断路器一相或两相偷跳。这两种断路器非全相事故完全可靠断路器非全相保护来断开断路器健全相达到消除断路器非全相事故的目的,根本用不着失灵保护。

保护(或手动)跳闸,断路器拒绝分闸,即使断路器非全相保护也能动作,但由于断路器拒分,根本切不开。必须要靠断路器失灵保护来完成使命。

本文 1993 年 7 月 5 日收稿

表 1 断路器非全相事故可能发生一览表

序号	断 产 路 生 器 的 原 因 非 全 相	断 全 路 相 器 状 非 态	变压器中性点接地					变压器中性点不接地				
			序 电 流	非 护 全 动 相 作 保 否	失 动 灵 作 保 否 护	本 能 断 否 路 断 器 开	非 有 全 相 影 响 事 故	序 电 流	非 护 全 动 相 作 保 否	失 动 灵 作 保 否 护	本 能 断 否 路 断 器 开	非 有 全 相 影 响 事 故
1	无故障 跳闸 (偷跳)	一相偷跳	$I_0 I_1 I_2$	\	\	\	\	$I_1 I_2$	\	×	\	\
2		二相偷跳	$I_0 I_1 I_2$	\	\	\	\	×	×	×	×	×
3	保护 或手分 跳闸	一相拒分	$I_0 I_1 I_2$	\	\	×	\	×	×	×	×	×
4		二相拒分	$I_0 I_1 I_2$	\	\	×	\	$I_1 I_2$	\	×	×	\
5	手 动 合 闸	一相拒合	$I_0 I_1 I_2$	\	\	\	\	本运行方式根本不存在				
6		二相拒合	$I_0 I_1 I_2$	\	\	\	\					

注:断路器二相拒绝分闸实际运行从未发生。断路器二相拒绝合闸实际运行从未发生。

由此可以看出:

(1)发电机变压器组断路器除了要改善失灵保护的闭锁元件外,还要有断路器非全相保护。DL400-91 规程 2.8.9 也规定“对 220kV~500kV……变压器断路器,……应在断路器上装设非全相保护”。

(2)变压器中性点直接地,采用零序电流做失灵保护的闭锁元件可以起到良好的作用。

(3)变压器中性点不接地,对发电机转子有危害和影响系统安全仅有两种情况。一种是一相偷跳,变压器没有零序电流,用不着的失灵保护虽然拒动,但可以靠断路器非全相保护(用负序电流做判据)动作,切除本断路器健全相来消除非全相事故。另一种是两相拒分,由于变压器没有零序电流,失灵保护根本不能动。由于断路器两相拒分,虽然断路器非全相保护可以动作,但仍然不能消除断路器非全相事故。但这只是假设可能出现,实际运行两相拒分并没有发生过。

下面就《改进意见》提出失灵保护采用零序电流做闭锁元件为什么要这样做?

1 断路器失灵保护采用零序或正序电压闭锁元件在运行中存在的问题。

1992年4月8日石景山电厂#3发电机(200MW)变压器组开机并网后,危急保安器误动作,关主汽门、联跳高压侧断路器,但A相拒分。由于接在220kV母线P.T的零序电压、正序电压闭锁元件均不动作。经计算 $U_0 = 1.7V - 4V < 10V$ (整定值),母线电压也未见明显降低。发电机变压器组一相带中性点运行长达六分钟,发电机 $I_A = -I_r = 6400A$,按发电机转子承受负序电流的能力,以 $I_{2XT} \leq A$ 为判据,实际值 $I_{2XT} = 61.5 \gg A = 8$,虽发电机反时限过流保护能动作跳闸,可A相已在拒分状态;再来起动失灵保护,但由于失灵保护的零序电压、正序电压闭锁元件根本没有灵敏度而致使失灵保护拒动,结果发电机转子严重烧毁。这就是零序、正序电压做失灵保护闭锁元件的致命缺点。

2 发电机变压器组断路器失灵保护闭锁元件为什么只用零序电流、而不用负序电流。

(1)发电机变压器组断路器手动合闸并网。规程规定:手动合闸前,变压器中性点必须接地。并网时断路器非全相,从表中看出一相拒合还是两相拒合,变压器中有零序和负序电流。这

种非全相事故,必须靠非全相保护短延时(0.2~0.5S)断开断路器健全相来消除断路器非全相事故,根本用不着失灵保护。假设没有装断路器非全相保护时,这时失灵保护也不能立即动作。原因是这种断路器非全相,并没有短路,而是靠纵向不对称故障产生的零序和负序电流足够大时才能去延时启动零序或负序电流保护发出断开断路器健全相的指令来消除断路器非全相事故。这种情况下,非全相运行可能引起电网其他保护越级跳闸,因而扩大了事故。因此要遵照 DL. 400—91 规程规定“……,应在断路器上装设非全相保护”。

(2)发电机变压器组断路器无故障跳闸,即偷跳引起断路器非全相事故。

偷跳引起的断路器非全相事故,与手动合闸一相或两相拒合性质完全相似;但有一点可能不一样,前者变压器中性点不一定接地,后者必须接地。

这种非全相事故,断路器并未拒动,必须靠断路器非全相保护来完成使命,根本用不上断路器失灵保护。

还有一种情况,变压器中性点不接地,二相偷跳,变压器中没有电流,当然也没有零序和负序电流,发电机转子不会受到危害,当然非全相保护及失灵保护都不能动作。只有靠人去处理。

(3)发电机变压器组断路器拒绝分闸。

(A)假设变压器中性点直接地,保护(或手动分闸)跳闸,断路器一相拒分或是假设两相拒分(这种假设实际没有发生过)。变压器中有零序和负序电流,由于是断路器拒分,非全相保护虽然也能动作,但还是不能消除断路器非全相事故。必须依靠失灵保护动作,来消除断路器非全相事故。用零序电流做失灵保护闭锁元件可以起到很好的作用。

但是手动分闸,断路器拒分引起的非全相事故,并没有短路,其序电流仍由纵向不对称故障而产生,一般靠发电机负序过电流保护动作,发出跳闸指令,实际上断路器拒动在先,负序电流保护只能启动失灵保护来完成使命,但应注意,从手动分闸,断路器一或两相拒分(这是假设)到启动失灵的时间可能很长,这种断路器非全相运行可能会引起其他保护越级跳闸而扩大事故。

(B)假设变压器中性点不接地,手动分闸断路器一相拒分,变压器中也没有电流,只能人工来处理。

(C)变压器中性点不接地,保护跳闸,接地短路相拒分。

发电机变压器组事故后为小电流接地系统单相接地短路方式。此时,变压器非故障相电压升高 $\sqrt{3}$ 倍,变压器中性点对地为相电压,中性点间隙应击穿,形成间隙电流。变压器零序保护动作停机、灭磁、还去启动失灵保护来消除断路器非全相事故。零序电流做失灵保护的闭锁元件也可以起作用。

(D)变压器中性点不接地,假设断路器两相拒分,变压器有负序电流,没有零序电流,在这种情况下采用负序电流做失灵保护的闭锁元件才能起作用。这种稀有故障实际运行中没有发生过,DL400—91 规程也只考虑单相拒分,为了规程的统一性,这种假设不予考虑。

3 采用发电机负序过流保护做失灵保护的闭锁元件在原理上是可以的,灵敏度也满足要求。

如果利用发电机灵敏度高的负序过流保护,瞬时动作去做失灵保护闭锁元件在原则上是可取的。

但是发电机过流保护不论是定时还是反限时,其动作时限都很长,一般大于 5s,用这种负序过流保护做失灵保护的闭锁元件就值得研究。

假如发电机变压器组断路器是由快速保护动作跳闸,引起断路器非全相事故,这已说明断

路器拒分,若断路器断开相正好是故障相,且变压器中性点直接地,这种非全相事故是纵向故障。变压器中有零序电流和负序电流。快速保护可能返回,那么必须靠负序电流长延时后动作来启动失灵保护来消除断路器非全相事故。当断路器非全相过程中,可能会引起电网中其它保护越级跳闸,扩大事故。这一做法似乎欠妥。

总之,《改进意见》提出零序电流做失灵保护的闭锁元件,原则上是可行的,而且有实用意义。理由是:

(1)我国已运行的 220~500kV 断路器只发生过单相拒动,两相拒分从来没有发生过。

(2)我国继电保护技术规程、反措、会议纪要对分相操作的断路器都只考虑一相拒动的可能性,为了保持规程的一致性,不考虑断路器两相拒分的情况。

(3)发电机变压器组中性点不接地在发电厂只是一部分,其它中性点都是直接地,330kV、500kV 变压器中性点全是直接地,变压器直接地占超高压电网的大多数。断路器出现一相拒动,变压器都有零序电流,采用零序电流做失灵保护闭锁元件完全可以满足要求。

(4)由于采用零序电流比负序电流,具有回路简单可靠,调试工作量少等特点,《改进意见》采用零序电流做失灵保护闭锁元件是有根据的。

(上接 36 页)

母差动元件动作后 2CZJ 随之动作,由于此时故障并未切除,故母联电流元件 $LJ_a \sim LJ_c$ 仍闭合。此时 2CZJ 即可通过该回路自保持,即使母联 CT 饱和后 2ZJ 返回,2CZJ 仍能保持到启动 I 母失灵,完全切除故障后, $LJ_a \sim LJ_c$ 才会返回,此时 2CZJ 才能随之返回。

4 结论

本文论述分析了双母线主接线方式中存在的几个保护死区。虽然这些区域内发生故障的机会不多,但一旦发生故障,造成的后果和危害是极其严重的;或不能使机组快速灭磁停机,或不能使线路快速跳闸,或不能启动失灵保护。而这些区域内的故障都相当于母线故障。如此严重的故障不能快速切除,对机组的损坏将是十分严重的,对系统稳定也十分不利。本文针对其特点所采取的一些消除保护死区的对策,具有改动接线少,易于实现等特点,其中许多改进措施经过实践检验是行之有效的。

参考文献

- 1 王维俭、候炳蕴. 大型机组继电保护理论基础. 水利电力出版社,1982
- 2 王伟华. 220kV 线路高频闭锁保护存在问题及改进措施. 继电器,1992. 1
- 3 许昌继电器研究所. BMH-2 型母差保护装置说明书