

内桥接线变电站主变差动保护误动和死区问题分析

何 育

(盐城供电公司, 江苏 盐城 224000)

摘 要: 内桥接线变电站作为国网公司 110kV 变电站的典型设计, 在电力系统中的应用日益广泛。根据内桥接线变电站的特点, 系统地阐述了内桥接线变电站的运行方式、差动内桥 CT 装设的个数以及位置之间相互配合出现的保护误动和死区的问题, 提出了消除内桥接线变电站主变差动保护误动和死区的建议, 最大程度上避免 110kV 全站失电, 有效提高了内桥接线变电站的经济性和供电可靠性。

关键词: 内桥接线; 主变差动保护; CT; 误动和死区

0 引言

随着电网网架的不断完善, 220kV 已经成为城市供电的主网架, 110kV 线路已是辐射性供电的主要通道, 110kV 变电站多数成为城市终端变电站, 其要求既节约资源, 又满足供电可靠性^[1]。而内桥接线变电站中使用的一次设备少, 占地少, 具有一定的运行灵活性, 能满足供电可靠性的要求, 所以, 在盐城市区终端变电站中, 内桥接线被广泛采用, 内桥接线变电站一共有 6 座, 占市区总变电站的 30%。由于内桥接线的特殊性, 在实际运行中, 内桥接线变电站的主变差动保护存在误动和死区的问题, 成为电网的安全隐患, 可靠性较差。而盐城市区变电站负荷虽然不重, 但重要性很高, 所以, 提高供电可靠性成为重中之重。内桥接线变电站的主变差动保护存在误动和死区的问题, 可能由多方面的原因引起, 而本文从变电站的原始设计着手, 从调度运行人员的角度, 系统地阐述了内桥接线变电站的运行方式、差动内桥电流互感器 (CT) 装设的个数以及位置之间相互配合问题, 提出了解决主变差动保护死区和误动问题的建议, 帮助调度运行人员迅速判断、和隔离故障点, 减少负荷停电时间, 提高了供电可靠性。

1 内桥接线变电站运行方式简述

内桥接线变电站接线图如图 1 所示, 变压器高压侧没有开关 (断路器), 仅仅设置了闸刀 (隔离开关), 即 QS1、QS2。

内桥接线变电站常见的运行方式主要有两种, 一种是高压侧分列运行, 即两条进线, I、II 线主供,

QF1 和 QF2 运行, 母联断路器 QF3 热备用, 各自投方式为母联备自投, 两台变压器 T1、T2 分列运行, 称之为 MD 方式; 另一种是高压侧并列运行, 即, 一条线路主供, 一条线路备用, 即 QF1 或 QF2 和 QF3 运行, 各自投方式为进线备自投, 两台变压器并列 T1、T2 运行。其中把并列运行又分为两种, 一种是左半边运行, 右半边备有, 即 QF1 和 QF3 运行, QF2 备用, 称为 LT 方式, 与之相反的, 即 QF2 和 QF3 运行, QF1 备用, 称为 RT 方式。

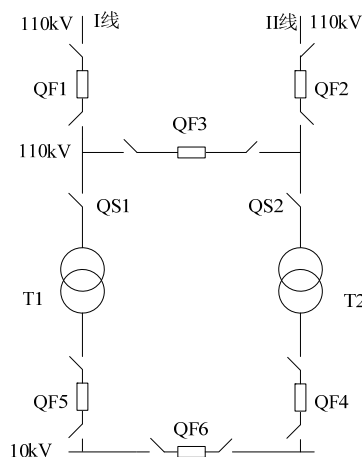


图 1 内桥接线变电站接线图

由于盐城市区负荷相对较轻, 相对于高压侧分列运行, 并列运行是一种经济的运行方式, 且任一线路投入、断开、检修或故障时, 不会影响其他回路的正常运行, 方式较灵活, 所以, 盐城市区 6 座内桥接线变电站全部采用的是高压侧并列运行, 即 LT 或 RT 方式。

2 内桥主变差动 CT 装设的个数和位置对差动保护的影响

对于内桥接线方式，主变压器差动保护应将高压侧的桥开关CT、进线CT、以及中低压侧CT分别接入差动保护装置，即主变压器差动保护CT回路采用主变压器绕组+1的配置原则，从而保证在内桥通过较大励磁涌流或短路电流时，正常运行的主变压器差动保护制动电流很大，差动保护不会误动^[2]。盐城地区的内桥接线变电站主变压器的绕组都为双绕组，应接入3组CT的二次侧电流，即，进线CT、内桥CT、低压侧CT。而对于三绕组的主变压器，应接入4组CT的二次侧电流。

2.1 内桥主变差动 CT 装设的个数和位置

110kV 内桥接线变电站的电气主接线设计中，内桥主变差动 CT 安装的个数和位置不尽相同，而内桥主变差动 CT 安装的个数和位置不同，直接导致主变差动保护动作结果不同，从而引起了保护误动和死区的问题。内桥主变差动 CT 安装的个数和位置如图 2。

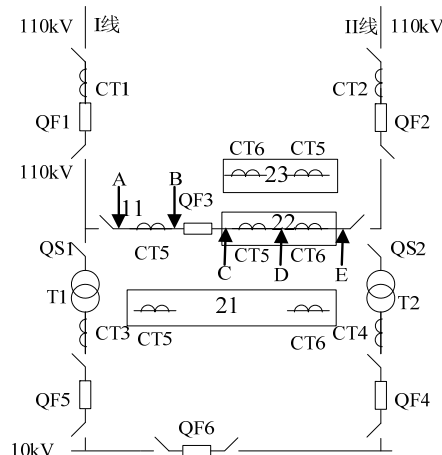


图2 内桥接线变电站差动CT装设的不同个数和位置

从图2中可以看出，有四种不同的差动CT安装组合。（11）代表内桥接线方式中只安装一个差动CT，即T1差动保护回路取CT1、CT5和CT3的二次侧电流，T2差动保护回路取CT2、CT5和CT4的二次侧电流；（21）、（22）、（23）代表内桥接线方式中安装两个差动CT，即T1差动保护回路取CT1、CT6和CT3的二次侧电流，T2差动保护回路取CT2、CT5和CT4的二次侧电流，其中，（21）代表两个CT分布在内桥断路器QF3两侧，与隔离开关之间；（22）代表两个CT分布在内桥断路器QF3一侧，与隔离开关之间，且差动CT接线方式为交叉接线，这种方式在内桥接线中比较常见；（23）代表两个CT分布在内桥断路器QF3一侧，与隔离开关之间，且差动CT接线方式为平行接线。

设定的故障点分别在A、B、C、D和E点。

2.2 不同运行方式下5个故障点差动保护情况分析

图3、图4和图5分别为MD、LT和RT方式下内桥主变差动CT安装的个数和位置。图中高压侧黑色断路器为运行断路器。下面分析在MD¹¹，MD²¹，MD²²，MD²³方式、LT¹¹，LT²¹，LT²²，LT²³方式和RT¹¹，RT²¹，RT²²，RT²³方式下，5个故障点T1和T2差动保护动作情况，分别见表1、表2和表3。

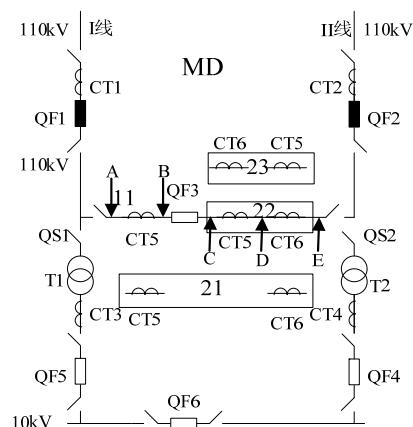


图3 MD方式

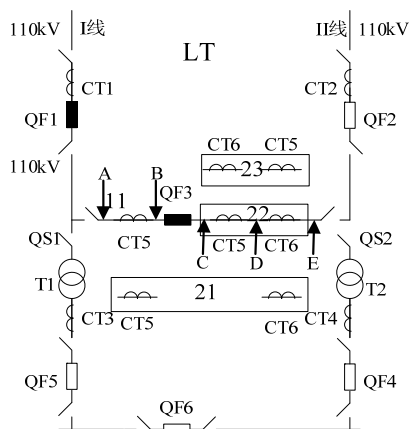


图4 LT方式

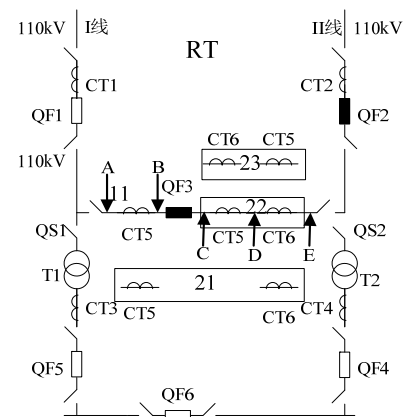


图5 RT方式

表1 MD方式在5个故障点差动保护动作情况

故障点	MD ¹¹	MD ²¹	MD ²²	MD ²³
A	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障
B	T2 动作, 未切除故障	T1、T2 均动作	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障
C	T2 动作, 切除故障	T1、T2 均动作	T1 动作, 未切除故障	T1 动作, 未切除故障
D	T2 动作, 切除故障	同 C 点	T1、T2 均动作	T1、T2 均未动作
E	T2 动作, 切除故障	T2 动作, 切除故障	T2 动作, 切除故障	T2 动作, 切除故障
评价	B 点死区	B、C 点误动	C 点死区, D 点误动	C、D 点死区

表2 LT方式在5个故障点差动保护动作情况

故障点	LT ¹¹	LT ²¹	LT ²²	LT ²³
A	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障
B	T2 动作, 未切除故障	T1、T2 均动作	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障
C	T2 动作, 切除故障	T1、T2 均动作	T1 动作, 未切除故障	T1 动作, 切除故障
D	T2 动作, 切除故障	同 C 点	T1、T2 均动作	T1、T2 均未动作
E	T2 动作, 切除故障	T2 动作, 切除故障	T2 动作, 切除故障	T2 动作, 切除故障
评价	B 点死区	B、C 点误动	C 点死区, D 点误动	D 点死区

表3 RT方式在5个故障点差动保护动作情况

故障点	RT ¹¹	RT ²¹	RT ²²	RT ²³
A	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障
B	T2 动作, 切除故障	T1、T2 均动作	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 切除故障
C	T2 动作, 切除故障	T1、T2 均动作	T1 动作, 切除故障	T1 动作, 未切除故障
D	T2 动作, 切除故障	同 C 点	T1、T2 均动作	T1、T2 均未动作
E	T2 动作, 切除故障	T2 动作, 切除故障	T2 动作, 切除故障	T2 动作, 切除故障
评价	正常	B、C 点误动	D 点误动	C、D 点死区

在分析时, 先分析在MD、LT、RT方式下, 较常见的(22)位置的T1和T2主变差动保护动作情况, 再分析两个比较特殊的MD²¹、RT¹¹方式下, T1和T2主变差动保护动作情况。

2.2.1 MD22、LT22、RT22方式下T1和T2主变差动保护动作情况

从图3中可以看出, 在MD²²方式下, T1主变差动保护CT回路由CT1、CT6和CT3组成, 在A、B点故障时, CT1中存在故障电流, T1主变差动保护正确正常动作; T2主变差动保护CT回路由CT2、CT5和CT4组成, E点故障时, CT2中存在故障电流, T2主变差动保护正确正常动作; C点故障时, CT2、CT5和CT6中都存在故障电流, T1主变差动保护动作, 跳开QF1和QF5, 但故障未切除, 由II

线对侧断路器跳闸, 差动保护上出现了死区问题; D点故障时, CT2和CT6中存在故障电流, 导致T1和T2差动保护均动作跳闸, 扩大了停电范围, 影响了供电可靠性。虽然T1和T2主变差动保护动作时间均是0s, 但在动作原理上分析存在这个问题^[3]。

从图4中可以看出, A、B和C点故障时, T1主变差动保护正确正常动作跳闸, 切除故障; D点故障时, T1和T2差动保护均动作跳闸。从原理上分析应该为T1主变差动保护误动, 扩大了停电范围, 影响了供电可靠性; E点故障时, T2主变差动保护正确正常动作跳闸。

从图5中可以看出, A、B点故障时, T1主变差动保护正确正常动作跳闸, 切除故障; C点故障时, T1主变差动保护动作, 但故障未切除, 由II线对侧断路器跳闸, 差动保护上也出现了死区问题; D点故障时, T1和T2差动保护均动作跳闸, 出现了误动的问题, 扩大了停电范围, 影响了供电可靠性。

(22)这种差动CT安装的方法, 在盐城地区内桥接线方式中是常见的, 从上述的分析中可以看出, (22)位置下, MD和RT方式均会出现死区和误动的问题, LT方式只会出现误动的问题。

2.2.2 MD21、RT11方式下T1和T2主变差动保护动作情况

从图3中可以看出, A点故障时, T1主变差动保护正确正常动作跳闸, 切除故障; B、C和D点故障时, T1和T2差动保护均动作跳闸; E点故障时, T2主变差动保护正确正常动作跳闸。其他(21)位置一样, 两个CT之间是误动区域。有研究者提出了一种解决方案, 在主变差动保护中增加低电压闭锁的功能, 且让主变差动保护分两个阶段跳闸。低电压可以取自110kV母线电压互感器PT, 也可取自10kV母线PT; 两个阶段为: 第一阶段跳母联, 第二阶段跳进线开关和低压侧开关^[4]。这种方案在某种条件下, 可以有效地消除误动故障。对于这种方案, 当高压侧在MD方式下时, 可以只采取其低电压闭锁的功能, 电压取自110kV母线PT。当在B点故障时, T1和T2的差动CT均启动, 但只有T1的差动保护满足低电压闭锁的条件, 所以, T1差动保护动作跳闸, 切除故障。当内桥接线变电站高压侧采用的是LT或RT方式, 而10kV侧多采用的是分列运行, 所以, 上述方案中, 其低电压取自10kV侧母线电压, 就可以解决(22)差动CT位置的误动问题。

对于RT^{II}方式,从图5中可以看出,T1主变差动保护CT回路由CT1、CT5和CT3组成,T2主变差动保护CT回路由CT2、CT5和CT4组成,T1和T2差动保护公用一个内桥差动CT5。这种方式下,经分析,A、B、C、D和E点故障时,两台主变的差动保护均能正常正确动作跳闸。

3 减少内桥差动 CT 安装位置对差动保护影响的建议

内桥接线变电站中影响主变差动保护产生死区和误动问题的因素很多,许多研究者已经针对CT暂态传变特性、励磁涌流以及并列运行的变压器和应涌流等方面的因素作了比较详细的研究和仿真^[5],但主变差动保护CT二次回路的接线方式也是其中一个重要的因素。从上述的分析中可知,结合内桥接线变电站的运行方式,很多种CT安装的方式都存在死区和误动的问题,有些却可以避免死区或误动问题,如表4所示。

表4 不同方式下在5个故障点差动保护动作情况

CT位置	11	21	22	23
MD	1个死区	2个误动	1个死区,1个误动	2个死区
LT	1个死区	2个误动	1个误动	1个死区
RT	正常	2个误动	1个死区,1个误动	2个死区

(1) 根据表4,建议厂站设计人员在设计内桥变电站的时候,如果根据实际需要,必须安排两个差动CT,就尽可能地把内桥差动CT装设在内桥母联的两侧,并尽量缩短两个CT间的物理距离,减少误动的区域,因为,(21)位置在三种运行方式MD、LT、RT下,不存在死区的问题。可以根据上文提出的差动保护+低电压闭锁的方案来解决误动问题。其实在设计内桥接线变电站的时候,一定要结合其合理正常运行方式,最大限度减少差动CT安装位置对差动保护的影响。

(2) 根据上述的分析,从调度运行人员的角度,建议调度运行人员根据内桥差动CT安装的个数和位置合理安排正常运行方式,如盐城市区(含县区)内桥变电站一般采用LT或RT的方式,此时采用LT还是RT,可以根据表4中的结论加以判别,

尽量避免死区问题。调度运方人员应当尽量缩短特殊方式的检修时间,如(22)位置下,正常方式为LT方式,一旦I线需要检修,这时,方式变为RT方式,就增加了一个死区故障点,降低了供电可靠性,这是尽量要避免的。

(3) 从表4中可以看出,在RT^{II}方式下,主变差动保护是正常的,不存在死区和误动的问题,这种方式就解决了内桥差动CT安装位置对差动保护的影响。

4 结论

内桥接线作为市区变电站中的重要形式,越来越受到关注。为了保证城区用户的供电可靠性,加强优质服务,有必要认真研究内桥接线的特点,合理安排一、二次方式,从变电站的设计着手,结合电网的实际情况,合理安排内桥差动保护CT安装的个数和位置,最大限度减少其可能对差动保护的不利影响,确保电网的安全稳定运行。

参考文献:

- [1] 陆振芬,王徐延. 110kV 内桥接线变电站的安全运行分析[J]. 江苏电机工程, 2009, 28(6): 37-39.
- [2] 李斌,马超,商汉军等. 内桥接线主变压器差动保护误动原因分析[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(1): 99-102.
- [3] 刘亚玉. 内桥差动CT装设位置对主变差动保护的影响[J]. 电力安全技术, 2010, 12(8): 15-17.
- [4] 叶志刚. 两种差动保护中的死区问题及其解决[J]. 供用电, 2008, 25(5): 32-34.
- [5] 孔晨羽. 浅析 110kV 内桥接线主变保护TA配置及备自投逻辑设置[A]. 江苏省电力公司, 中国电机工程学会 技术专委会, 江苏省电机工程学会. 第二届电力安全论坛论文集[C]. 2006.

作者简介:

何育(1984-),男,江苏盐城人,汉族,硕士,主要从事电力调度工作, Email: heyu_seu@163.com。