

# 300MW 大型发电机组保护出口方式的分析探讨

王怀智 宁夏大坝发电厂 (751607)

**摘要** 大型汽轮发电机组由于造价昂贵,如果发生故障,不仅机组本身受到损坏,而且对系统产生严重的影响,这些都要带来很大的社会及经济损失。为此,当发电机组发生故障时,其保护不但要能迅速地将故障切除,而且应当能够保证故障切除后,不会引起汽轮机超速。这样就对发电机组保护的出口方式提出了新的要求。本文将对此进行分析探讨,并提出了切实可行的改进措施。

**关键词** 发—变组保护 出口方式 汽轮机超速

电是最重要的能源,随着经济的发展,用电量持续增加,发电机容量增大,可以降低单位造价和发电成本,提高劳动生产率。但机组容量过大,也会出现新的问题,如可用率降低,事故停机率增高,事故后的影响增大。因此,采用大容量机组,更应注意提高运行可靠性,对继电保护及出口方式要提出更高和更新的要求。

## 1 问题的提出

大型发电机组,一般都采用发电机、变压器组单元接线方式,在发—变组发生故障时,现行配置的保护一般都能将故障切除。但是,保护动作的出口形式随保护的性质不同而不同,一般分为全停、解列灭磁、解列、母线解列、发信号等几种,这样的分组出口形式,对发—变组来说,能够根据事故性质的不同而动作于不同的出口,虽然能够有利于事故排除后尽快的使发—变组恢复运行,但是,对于与发电机息息相关的汽轮机来说,有时就要带来极大的运行困难,往往在发—变组故障切除后,随之带来的便是汽轮机的超速故障,给汽轮机带来严重危害,需要待汽轮机的超速保护动作后,才能将故障彻底切除。这样显然是使事故扩大,或者说是使事故转移。这种事故不仅有可能发生,而且有例可循。本文将以大坝发电厂#2机组发—变组故障切除后带来的汽轮机超速为例进行分析探讨。

大坝发电厂#2机组发电机容量为300MW,自1991年7月投运以来,曾四次由于发—变组故障切除使汽轮机超速,特别是1995年以来,从元月25日到4月5日在不到三个月的时间内,就有三次汽轮机超速,最严重的一次使汽轮机转速飞升至3477rpm。主要原因是发—变组保护出口没有动作于全停回路,也就是说没有启动电跳机横向保护,超速后又由汽轮机超速保护将主汽门关闭。因此,对发—变组的保护配置出口方式及电跳机横向保护问题,进行更进一步的探索是非常有必要的。

## 2 现状分析

大坝发电厂发电机一次接线采用单元接线,接线如图1所示,由于发电机和变压器的成组连接,相当于一个工作元件,因此,在考虑保护配置时,不仅要考虑发电机和变压器单独运行时可能发生的故障和不正常运行方式,而且要把发电机和变压器中某些性能相同的保护并成一个对全组公用的保护。

收稿日期:1995—06—08

## 2.1 瓦斯保护

瓦斯保护是反应变压器内部故障的一种保护。当变压器内部短路时,在电弧的作用下,部分变压器油将气化,或当变压器油面降低时,瓦斯保护将动作。瓦斯保护动作后一般不能使变压器在短时间内投入运行,因此,在主变压器(主变)或厂用高压变压器(厂高变)内部发生故障时,对应的瓦斯保护动作后,应瞬时将使发一变组从电网解列,并灭磁停机。

## 2.2 纵联差动保护

纵联差动保护是利用比较被保护元件各端电流的幅值和相位原理构成,它是反应变压器(或发电机)内部及引出线故障的一种保护,在发一变组接线中,一般有主变差动、厂高变差动、发电机差动以及发一变组差动。这些保护动作后一般说明变压器(或发电机)内部故障,也应当瞬时解列并停机。

## 2.3 发电机定子匝间短路保护

发电机定子同一相绕组的匝间短路中,匝数很少的匝间短路是一种很难发现的故障,此时故障匝中短路电流很大,而相电流却没有很大变化,若不及时切除发电机,将会使定子铁芯和绕组严重损坏。因此在发生匝间短路时,应瞬时解列并停机。

## 2.4 发电机转子接地保护

发电机转子励磁绕组的接地故障包括一点接地和两点接地。转子一点接地时,由于没有形成闭合通路,励磁绕组参数没有改变,所以并不造成直接的危险。然而如果再发生第二点接地,即形成两点接地。此时一部分励磁绕组被短接,便会烧坏绕组绝缘及转子,而且由于绕组短接的磁极磁势减小,而其它磁极的磁势则未改变,转子磁通的对称性受到破坏,转子上出现了径向的电磁力,因此引起机组的振动。所以,分别装置了一点接地保护和两点接地保护。一般情况下,在转子一点接地时发出信号,应立即投入两点接地保护,在两点接地时,应瞬时解列并停机。一点接地保护还可以直接接入解列灭磁出口,在发生一点接地时,延时 1.5s 解列灭磁。

## 2.5 发电机的逆功率保护

逆功率运行对发电机并无危害,但由于残留在汽轮机尾部的蒸汽与长叶片摩擦会使叶片过热。当发电机出现逆功率时,瞬时给出信号,以防止发电机并列或失步时误动作,逆功率运行 60s 动作于解列,120s 动作于停机。

## 2.6 发一变组的后备保护

发电机的定子接地、定子过电压、励磁回路过负荷、断水等保护;主变的过激磁,零序 I 段、阻抗 II 段、通风等保护;厂高变的过流、通风等保护;整流柜故障保护等均延时动作于解列灭磁。

发电机的失磁;主变的零序 II 段、阻抗 II 段、过负荷、非全相等保护均延时动作于解列。

作为发电机、主变压器及母线保护后备的主变零序 I 段及阻抗 I 段保护,分别以 1s 及 6s 动作于母线解列,以 1.5s 及 6.5s 动作于解列灭磁。

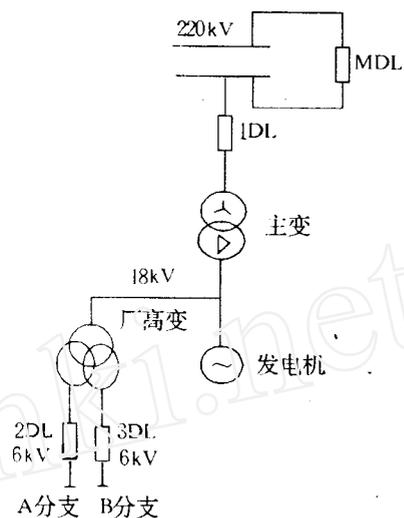


图 1 大坝发电厂发电机—变压器组接线

## 2.7 出口方式

大坝发电厂#2 机组发一变保护的出口方式如图 2 所示。

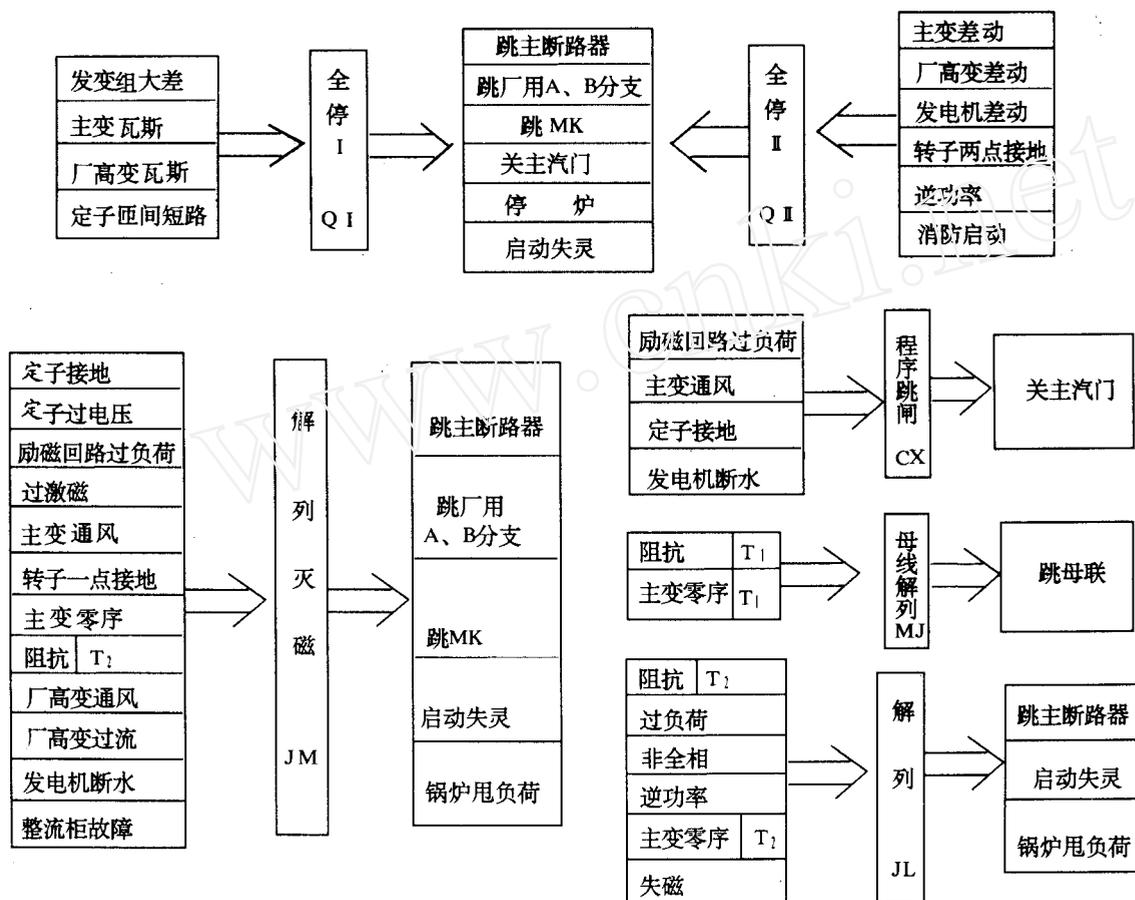


图 2 大坝发电厂发一变组保护的出口图

### 3 发一变组保护动作引起汽轮机超速的原因分析

为了使发一变组在各种故障形式下都能从电网中解列,而不使发电机和主变烧坏,根据故障现象配置了错综复杂的继电保护,从上述分析可知,在所有保护中只有 9 种主保护能够动作于停机,即启动发电机联跳汽轮机的横向保护,而其它的 18 种后备保护只能动作于解列或解列灭磁,并不能启动发电机联跳汽轮机的横向保护。这些后备保护又是针对发一变组的某些特殊的故障和不正常运行方式而设置的,在后备保护动作的同时不一定能够启动主保护的同时动作。因此,后备保护动作后,只能出口于解列或解列灭磁,而不能使汽轮机的主汽门关闭。

对于汽轮机来说,运行经验表明,当发电机所带负荷超过额定容量的 25% 时,发一变组突然跳闸,将会引起汽轮机超速。为了防止汽轮发电机组的超速运行,一般装设了下列超速保护。

- ① 加速器(调速保安系统):当转速大于 3360rpm 时关调门。
- ② 危急遮断装置(纯机械式):当转速大于 3300~3360rpm 时动作。

③ 热工飞利浦保护:当转速大于 3360rpm 时停机。

④ 热工 14%超速保护:当转速达到 3420rpm 且一次油压为 0.2819MPa,主油泵出口油压为 2.55MPa 时停机。

⑤ 电超速保护:当机组所带负荷为额定容量的 60%及以上时投入,甩负荷至额定容量的 25%以下及中联门后压力大于 1.7MPa 时,关闭中联门及高调门。

⑥ 发电机联跳汽轮机(横向保护):当发一变组发生故障跳闸时关闭主汽门。

从汽轮机的超速保护可以看出,当发电机所带负荷超过额定容量的 25%,发一变组发生故障跳闸时,应同时将汽轮机的主汽门关闭,否则将会引起超速。

大坝发电厂#2 机组的四次超速,却是在发电机满负荷情况下故障跳闸,且没有关闭汽轮机主汽门而引起。其中,有三次使汽轮机转速达到 3384rpm,一次使汽轮机转速达到 3477rpm。这样无疑对汽轮机的寿命要产生不良影响,分析其原因可以看出,发一变组保护的出口选择是引起汽轮机超速的主要原因。因为在四次超速中,除一次是厂高变故障,厂高变瓦斯、差动及发一变组差动保护同时动作,属其它原因导致未关闭汽轮机主汽门外,其余三次中有两次是发电机定子接地保护动作,一次是发电机失磁保护动作,这些保护的出口均未接入停机回路。

#### 4 发一变组保护动作引起汽轮机超速的后果分析

从以上的分析可知,电气方面引起汽机超速的主要原因,是在某种情况下,发一变组故障,跳闸后不能关闭主汽门所致。汽轮发电机组超速运行时,将会使转动件强度的寿命受影响;缩短轴瓦寿命;严重的还能引起飞车。当然,在发一变组故障跳闸后引起汽轮机超速时,一般情况下依靠汽轮机的超速保护是可以得到控制的。但是,单纯依靠汽轮机的超速保护来防止超速显然是不妥的。因为新的《电业生产事故调查规程》明确指出:当汽轮机转速达到额定转速的 1.12 倍及 3360rpm 以上时,将对汽轮机造成危害,应认定为事故。在发一变组发生故障后,由它本身的保护将故障切除,这是正确的,但是,发一变组的保护不能启动横向保护联跳汽轮机,这势必要在发一变组故障切除的同时,再次引起汽轮机的超速故障,这样无疑是将事故扩大或者说是将事故转移,显然不利于电业生产的安全运行。因此提出合理的改进措施加以改进,不仅很有必要,而且势在必行。

#### 5 发一变组保护出口回路的改进探讨

对于 300MW 的大型发电机组来说,在发一变组正常运行的情况下突然与系统解列,要想维持发电机的空载运行,由于汽轮机调速系统的限制,不仅很困难,而且可以说根本没有可能。在上述大坝发电厂#2 机组的四次故障中,当发电机与系统解列后,均在不到 5s 时间内,汽轮机的转速就飞升到 3384rpm 及以上,因此,在这种情况下,单靠汽轮机的调速系统来防止超速是根本不可能的。这就说明,以前发一变组保护中的许多保护出口接入解列或解列灭磁是不科学的,很有必要予以改进。

为了能够使发一变组在正常运行情况下,无论发生什么故障保护动作使机组突然解列时,都不引起汽轮机的超速运行,就应当将所有的保护出口回路全部接入全停回路。但是,往往有些故障是在发电机并列之前或刚刚并列时发生的机率较多。如:检修后的机组由于工作不慎造成的故障;或由于工作马虎在某些安全措施尚未拆除之前就急于开机,这些故障往往在发电机升压到某一值尚未并列之前保护就要动作;再如:变压器的通风保护、非全相保护等,往往在发电机刚刚并列时容易动作。这时如果发电机从电网解列,依靠汽轮机的调速系统是可以对汽轮发电机组的转速进行调整,不致于使转速达到 3360rpm 的,况且这时发生的故障往往是在短时间内可以消除的,如变压器通风故障、非全相运行等。如果故障在短时间内不能消除,人为停

机也不会对设备造成危害。

由于发电机所带负荷在不超过额定负荷的 25% 时发一变组突然解列,一般不会引起汽轮机超速。因此提出:将发一变组保护的出口回路分为两个步骤投入:

①将发一变组所有的保护出口回路按照被保护性质的不同可分为解列或解列灭磁两部分,分别对应接入;

②分别将解列或解列灭磁出口回路与全停出口回路通过压板连接。

这样,可以在发电机所带负荷不超过额定负荷的 25% 时将压板打开,使所有的保护分别出口于解列或解列灭磁;当负荷超过额定负荷的 25% 时将压板投入,直接出口于全停。当然,对于某些重要的保护来说,也可以直接接入全停出口。

顺便指出:对作用于 300MW 大型发电机组出口主断路器跳闸的其它保护,如母线保护、失灵保护的出口回路,也应接入全停出口回路。

## 6 结论

从大坝发电厂#2 机组的发一变组保护动作引起的汽轮机超速来看,300MW 大型发电机组的发一变组保护中的许多保护出口接入解列或解列灭磁是不科学的。对此,大坝发电厂曾于 1991 年将#1 机组发一变组保护中解列和解列灭磁出口分别与全停出口短接。这样在以后的几次发一变组保护动作后,都将汽轮机的主汽门关闭,不但没有引起汽轮机的超速运行,而且都使机组顺利停机,确保了设备的安全。事实证明,将发一变组所有保护的出口全部接于全停回路,是防止发一变组保护动作后引起汽轮机超速的有效措施。对于发一变组保护的出口回路的改进不但势在必行,而且本文提出的改进方案也确实可行,应当提倡采用。

## 参考文献

- 1 电力部. 电业生产事故调查规程. 水利电力出版社, 1995 年 2 月
- 2 大坝发电厂. 1.25 事故汽轮机超速分析专题会议纪要. 1995 年 2 月
- 3 大坝发电厂. 4.25 事故追忆报告. 1995 年 4 月
- 4 大坝发电厂. 5.4 事故追忆报告. 1995 年 5 月
- 5 大坝发电厂. 电气运行规程. 1990 年 12 月
- 6 大坝发电厂. 汽机运行规程. 1990 年 12 月

---

## 《1994 年国际电力系统保护和控制会议论文译文集》征订启事

为了拓宽工程技术人员的视野,广泛了解世界各国保护技术的现状及发展趋势,我们编译了这本译文集,它图文并茂,其中既有深刻的理论研究,又有实际的运行经验,集中反映世界各国在继电保护领域近几年来取得的重大进展,具有较高的学术水平和参考价值。

这本译文集先收译文 11 篇,约 14 万字,印量有限,欲订从速,工本费 28.00 元(含邮费)。

订购者请在 1996 年 4 月底前将现金从邮局信汇至河南许昌市建设路 183 号许昌继电器研究所信息处,必须注明“订购译文集”、“数量、订购人和单位的详细地址及邮政编码。

联系人:郑永霞 电话:0374—3314554 转 2254