

大型调相机的保护配置及其实现

潘仁秋,何其伟,陈 俊
(南京南瑞继保电气有限公司,江苏 南京 211102)

摘 要:介绍了 RCS-985R/S 微机发电机保护在北京安定变电站 160 Mvar 调相机上的成功应用,详细分析了北京安定变电站调相机的启动方式、保护配置和运行情况,重点介绍了调相机与常规发电机不同的几种保护功能。
关键词:调相机;微机保护;降压异步启动法

中图分类号:TM342 文献标志码:B 文章编号:1009-0665(2011)06-0045-03

调相机也称为同步补偿机,实质上是接在电力系统上的一种空载运行的同步电动机,它仅从电网吸收少量的有功功率(通常不超过其额定容量的 5%)供电机本身损耗,可向电网提供无极连续调节的容性或感性无功,改善功率因数,降低网络中的损耗,对调整电网电压和提高电网的稳定性具有较好的作用。此外,在电网电压下降的情况下,调相机的励磁系统能够自动调节实行强行励磁,保证调相机运行的稳定性,可继续向系统提供无功功率。目前,北京安定 500 kV 变电站的 160 Mvar 调相机为我国正式投入运行的容量最大的调相机,该调相机于 1996 年 7 月投入运行,原保护为晶体管型,运行已达十年,元器件严重老化,难以保证调相机的安全运行,对其进行微机化改造势在必行。调相机的保护配置与同容量、同类型的发电机保护类似,但因调相机的运行工况与发电机不尽相同,其保护也存在着一定的差异。目前国内系统介绍发电机保护配置的文献很详尽,但有关调相机保护配置及其应用的文献则较少。

1 调相机的启动方式及其对保护的影响

由于调相机没有启动力矩,不能自启动,必须借助其他措施。目前,调相机采用最多的是电抗器降压异步启动法,电抗器降压异步启动法是将系统电源经电抗器加到调相机定子出线端,在工频电压的作用下,借助异步转矩启动起来^[1]。为了保持系统电压在一定的数值并限制启动电流的数值,在保证调相机具有足够异步启动转矩的前提下,在其定子与系统之间串入电抗器。北京安定变电站 160 Mvar 调相机正是采用该启动方式,其接线方式如图 1 所示,图中 k1 为启动开关,k2 为主开关。

调相机的异步启动过程时间较短,北京安定变电站调相机的整个启动过程为:启动时励磁开关断开,调相机转子绕组经灭磁电阻短接。当启动开关

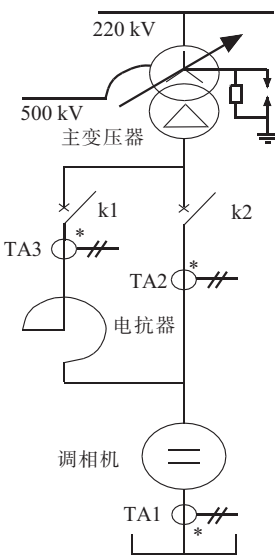


图 1 北京安定变电站调相机接线方式

k1 合上后,调相机立即经电抗器与系统相联而异步启动,当调相机转速接近同步转速(约 95% 同步转速,也称为亚同步转速),启动电流下降到接近稳态电流时投入主开关 k2,同时励磁开关闭合,调相机由轴励磁机加励磁后依靠同步励磁转矩将转子拖入同步,启动成功后约 1 s 断开启动开关,整个启动过程需时约 19 s。调相机启动过程中合启动开关瞬间,将有很大的冲击电流,虽然经过电抗器限制启动电流,但根据现场实测该冲击电流仍可达 2 倍额定电流以上,将对过负荷保护产生不利影响;此外冲击电流还会导致调相机差动保护两侧电流互感器(TA)传变特性不一致,影响差动保护的性能。

2 调相机的保护配置

2.1 保护功能配置

调相机配置以下保护功能:纵向差动保护、过负荷保护、负序过负荷保护、电抗器后保护、防直合主开关保护、转子一点接地保护、转子两点接地保护、启动开关非全相保护、同步鉴定功能、方向过流保护、定子接地保护、低电压保护、失磁保护、主开关非

全相保护、主开关失灵启动、油温高切机启动跳闸、油位低切机启动跳闸以及 2 号主变过流启动跳闸。

2.2 调相机区别于常规发电机的保护功能

同步调相机的保护与同容量、同类型的发电机保护功能配置类似,但因调相机的工况与发电机不尽相同,其保护功能也有差异。

(1) 差动保护。差动保护是调相机的快速主保护,其原理与发电机差动保护原理相同,所不同的是发电机差动保护为两侧差动,而调相机由于具有电抗器启动环节,在启动过程中差动范围包括三侧,因此调相机差动保护应按三侧差动设计,差动电流分别取自 TA1、TA2 和 TA3,差动范围内包括启动电抗器。此外,安定变调相机机端 TA2、TA3 与中性点 TA1 的变比不一致,因此差动保护必须具备软件自动调平衡功能。

(2) 失磁保护。调相机失磁的性质完全不同于同步发电机失磁,其性质只属于欠励范畴,调相机失磁不会导致失步,除了自身过流之外,不会给系统造成大的威胁。

调相机从系统吸收的有功功率始终是一个很小的恒定值,调相机机端测量阻抗的表达式为^[2]:

$$Z = \frac{-U_{xt}^2}{2P_h} + jX_{xt} - \frac{U_{xt}^2}{2P_h}(\cos 2\varphi_{xt} - j\sin 2\varphi_{xt}) \quad (1)$$

式(1)中: U_{xt} 为系统电压; X_{xt} 为系统等机电抗; φ_{xt} 为功率因数角。

机端测量阻抗轨迹落在第 II 和第 III 象限,如图 2 所示。

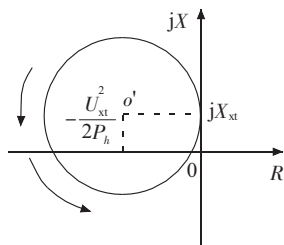


图 2 调相机的机端测量阻抗轨迹

调相机主要在过励状态下运行,正常过励状态下,机端测量阻抗 Z 的运行轨迹在第 II 象限靠近 X 轴处;而从过励状态过渡到欠励或失磁时,机端测量阻抗将沿着阻抗圆滑行,进入第 III 象限,如图 2 箭头所示。可见发电机失磁保护的阻抗判据,无论采用静稳阻抗圆或异步阻抗圆,均无法正确反映调相机的失磁故障。安定变电站调相机的失磁保护摒弃常规发电机失磁保护阻抗判据,而是由机端低电压判据和励磁装置故障信号共同组合来实现,失磁保护在调相机启动完成后自动投入,其逻辑如图 3 所示。

(3) 过负荷保护。调相机的过负荷保护是防止

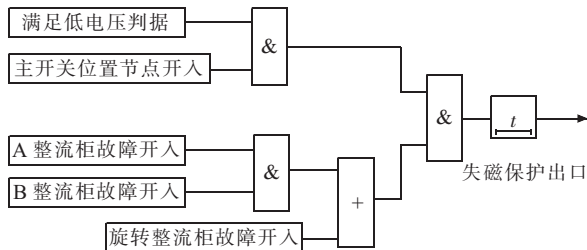


图 3 调相机失磁保护逻辑图

电压长期降低时,由于电压调整器和强行励磁装置的作用,使调相机可能出现持续过负荷而设置。调相机过负荷保护的定值通常按 1.4 倍额定电流整定^[3]。调相机启动时,虽然经过电抗器限制启动电流,但在启动开关合闸瞬间,冲击电流仍然很大,根据现场实测可达 2 倍额定电流以上,可能导致过负荷保护误动作,为了确保过负荷保护正确工作,应在调相机启动过程中将其退出运行,待调相机启动完毕后再自动投入。本工程过负荷反映 TA2 和 TA3 的和电流,以主开关处于合位作为调相机启动完成的标志。

(4) 低电压保护。当系统电压消失时,调相机转速下降,为防止系统再次出现电压后,调相机在无启动电抗器的情况下启动,导致系统电压降低,影响系统稳定性,要求低电压保护动作后,经时限将低速运行的调相机从电网中切除或使灭磁开关跳闸,同时投入启动电抗器,使其处于准备启动状态^[3],本工程采用前一种方式。低电压保护只在调相机启动完成后投入,经主开关的位置接点闭锁。为了防止调相机机端电压互感器(TV)二次小开关误跳导致低电压保护误动作,引入 TV 二次小开关的位置接点作为辅助判据,提高保护的可靠性。

(5) 方向过流保护。为了防止反应调相机内部故障的后备保护在外部故障时误动作,设置方向过流保护,方向元件采用 90° 接线方式,电压取自主变高压侧母线 TV,电流取自 TA2。

(6) 电抗器后保护。调相机启动完成后,启动开关跳开,TA3 与启动开关之间的电缆在纵差动保护的范围内,这段电缆一旦发生故障将没有保护来反映,电抗器后保护正是针对此而设置,保护反映 TA3 的电流大小,只在调相机启动完毕后投入。

(7) 防直合主开关保护。调相机的启动电流很大,为了防止未经电抗器启动,而直接误合主开关 k2,导致设备损坏而设置。保护直接反映 TA2 的过电流,保护动作于跳闸。防直合主开关保护只在调相机启动过程中投入,启动完毕后退出该保护。

(8) 同步鉴定功能。调相机启动过程中,合上启动开关后,当定子电流下降到一定值时,认为转速接近同步转速,保护发出同步信号接点,用于控制合主

开关。同步鉴定功能反映电抗器支路 TA3 的电流,在启动成功后自动退出运行。

3 保护投运和运行情况

2005 年 11 月 15 日 7:30 北京安定变电站调相机开机成功投入运行,保护运行至今一切正常,未出现任何异常情况。调相机启动过程中,启动开关合上瞬间,调相机差动保护 C 相启动,而 A,B 相差流略小于启动定值,这是因调相机两侧 TA 的三相剩磁存在差异。据录波数据分析启动时间约 120 ms,考虑机端 TA 和中性点 TA 变比不一致,机端 TA 变比 8 000/5,中性点 TA 变比 6 000/5,以中性点侧为基准,机端电流需进行校正。C 相差动电流相关波形如图 4—6 所示。图 4 中 I_{nC} 为中性点 C 相电流;图 5 中 I_{FC} 为机端校正电流;图 6 中 I_{dC} 为 C 相差流。

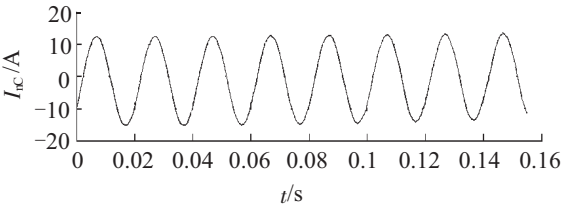


图 4 中性点 C 相电流波形

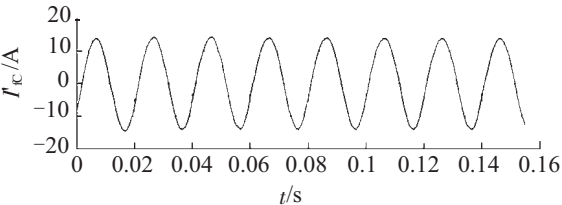


图 5 机端 C 相校正电流波形

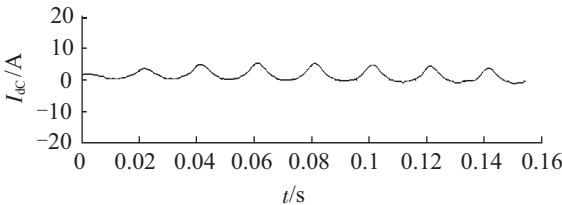


图 6 调相机差动 C 相差流波形

调相机启动时,反同步的转子旋转磁场在定子绕组中会感应出一个三相对称的电势,其频率为 $(1-2s)f_1$, s 为滑差, f_1 为工频。此时,定子电流中除了工频电流外,还有一个由上述频率为 $(1-2s)f_1$ 的电势所引起的电流^[4]。由于合闸瞬间冲击电流很大,据实测可达 2 倍额定电流以上,两侧 TA 暂态传变特性不一致,导致差流的产生。

4 结束语

调相机比同容量、同类型发电机的运行工况复杂,其保护也不尽相同,要保证调相机保护的可靠运行,需要处理好以下技术环节。

- (1) 调相机启动过程对保护的影响;
- (2) 失磁保护、过负荷保护、低电压保护等调相机特殊保护功能的正确配置和实现。

北京安定变电站 160 Mvar 调相机保护的成功改造,为国内相关工程提供了参考。

参考文献:

[1] 崔 刚. 对金昌变调相机运行的分析和探讨[J]. 甘肃电力, 1993(3):39-43.
[2] 周 鸢. 电机学[M]. 北京:中国电力出版社,1998.
[3] 能源部西北电力设计院. 电力工程电气设计手册 2(电气二次部分)[M]. 北京:中国电力出版社,1991.
[4] 林其煌. 调相机失磁保护的 analysis 研究[J]. 福建电力与电工, 1994,14(1):1-5.
[5] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京:中国电力出版社,2002.

作者简介:

潘仁秋(1972-),男,江苏南京人,工程师,从事电气主设备微机保护的设计和管理工
作;
何其伟(1976-),男,江西南昌人,工程师,从事电气主设备微机保护的设计工
作;
陈 俊(1978-),男,江苏姜堰人,工程师,从事电气主设备微机保护的研
发工作。

Implementation of Protection Configuration for Large-scale Synchronous Compensator

PAN Ren-qiu, HE Qi-wei, CHEN Jun

(Nanjing NARI-Relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract:The successful application of RCS-985R/S microprocessor-based protection in 160Mvar synchronous compensator in Anding substation was introduced in the paper. Besides, the start manner of synchronous compensator, the protection configuration and operation were analyzed in detail. And the protection functions which are different from that of conventional generator were described significantly.

Key words: synchronous compensator; microprocessor-based protection; configuration of the protection function