

交直流互串导致灭磁开关误动原因分析及防范措施

周国平¹, 张炯², 李辰龙¹, 蒋琛¹

(1.江苏方天电力技术有限公司,江苏南京 211102;2.上虞市电力公司,浙江上虞 312300)

摘要: 继电保护装置误动给电力系统的安全稳定运行造成了严重的影响,其中交直流电源串扰是造成保护误动的主要原因之一。介绍了某发电厂一起因交流串入直流导致灭磁开关跳闸,从而造成机组停机的事故,分析了交流电串入直流控制回路是造成该次灭磁开关误动的主要原因,并从设计、施工、试验等环节提出了防范措施。

关键词: 直流控制回路;交直流串扰;开关误动;防范措施

中图分类号: TM773

文献标志码 B

文章编号: 1009-0665(2013)05-0010-03

直流系统是电力系统控制保护的重要组成部分,直流系统的正常运行是继电保护正确动作的基本保证。然而实际运行中,直流系统的故障时有发生,直流电源的主要故障有直流接地、短路,交流串入直流等,这些都对继电保护的正常运行造成了很大的影响,给系统的安全运行带来威胁。随着大型电厂(变电站)容量的不断扩大,各个保护控制室之间的距离也越来越大,相互间的控制电缆很长,电缆对地的分布电容也不断增大。一旦发生直流系统接地或交流电源串入直流系统,将会引起保护误动作。如何防止交流窜入直流及减少其给系统带来的危险,是各运行生产单位需要解决的实际问题。某电厂就发生了一起交流窜入直流回路导致灭磁开关误跳闸的事故。

1 事故情况介绍

2012年12月,某电厂1号机组跳闸,发变组保护跳出口开关5011、5021,机组停机,中央信号显示为灭磁开关跳闸全停机组。电厂主接线图见图1。

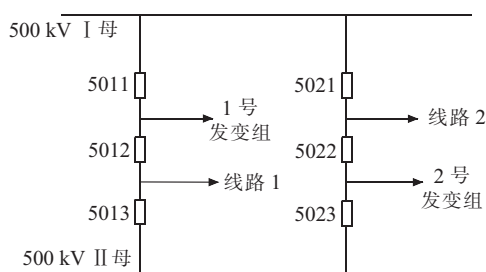


图1 电厂电气主接线

2 事故原因分析

2.1 现场检查情况

事故发生后,保护人员迅速对1号发变组二次设备进行检查。电厂电气监控系统ECS动作记录如下:13:07:35.732,灭磁开关分闸;13:07:35:733,C循泵跳

闸;13:07:35.774,发变组保护“灭磁开关跳闸全停机组”动作;13:07:35.830,主变高压侧开关5011、5012跳闸。

灭磁开关与发变组保护的逻辑如图2所示。灭磁开关动作后,其常闭接点闭合,使发变组保护“灭磁开关跳闸全停机组”直跳回路动作,只要此直跳回路动作,发电机将停机。由此可知,灭磁开关跳闸是造成该次事故的最直接原因。而灭磁开关跳闸之前保护并没有任何动作信号。

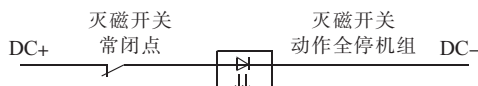


图2 灭磁开关与保护动作逻辑

通过励磁调节器报文,发现灭磁开关跳闸原因为调节器收到了“外部跳闸”命令,此信号只有保护至励磁调节器的跳闸回路导通后才会发,而同一时间保护没有任何动作信号。

对保护至励磁调节器的跳闸回路进行了绝缘测试,结果正常,绝缘满足要求。考虑到保护至励磁调节器的跳闸回路控制电缆较长,而且在停机的同一时间,C循泵在没有任何保护的情况下也发生了跳闸,由此重点怀疑是直流电源发生了瞬时正接地或交流串入了直流,从而引起了灭磁开关跳闸。

2.2 开关跳闸原因分析

该次灭磁开关误跳事故可从以下2种情况分析。

(1) 直流正接地,由于保护室至励磁小室电缆较长,电缆对地有一定分布电容。如图3所示,正常情况下,励磁调节器中励磁跳闸回路A点对地电位为-55V,对地电容电流也较小。当+KM接地时(即直流正接地),则+KM对地电位变为0,-KM对地电位变为-110V,由于电容两端的电压是不能突变的,因此A点对地电位不能突变,在刚开始接地的瞬间仍为-55V。这样刚开始接地的瞬间在继电器线圈的两端就产生了55V的电压,此时会有较大的充电电容电流流过继电器线圈,当继电器的动作功率较小时,有可能会误动。

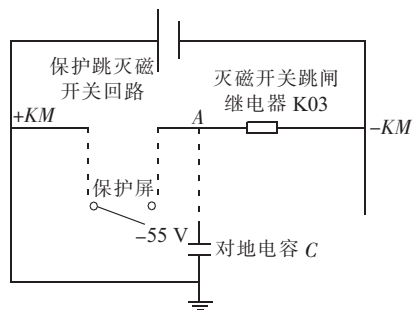


图3 灭磁开关控制回路接线

(2) 交流电源串接到直流电源母线上,如图4所示,串入交流电源流向如图中虚线所示,当交流电源串接到直流电源母线上时,流过出口继电器的电流 I 如式(1)所示:

$$I=U \times / (R+1/j\omega C) \quad (1)$$

式中: U 为串入交流电电压; R 为出口继电器 K03 在交流等效回路中的电阻值; C 为电缆对地分布电容。电缆越长,电容值 C 越大,流过出口继电器线圈的电流就越大,当其大于继电器动作电流时,继电器就会动作^[1]。

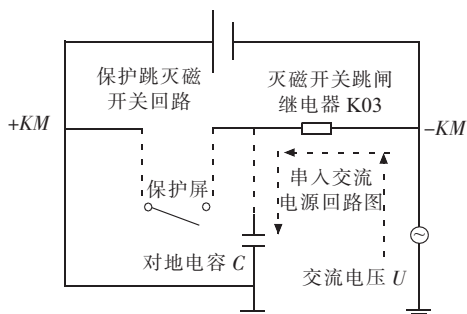


图4 直流电源串入交流电

检查相关设备发现,发电机运动装置电源模块被击穿,可初步确认该次事故原因是交流串入了直流。进一步检查发现,400 V 厂用电源测控屏直流空开处于跳闸位置,测量其直流空开回路中含有交流分量,经检查,此交流分量来自 400 V 电源配电柜的事故音响小母线,为报警接点碰到了交流电(原因为报警接点与交流电端子排距离过近,后将此报警接点与交流电源进行隔离。发电机组再次并网后,运行良好,没再出现过该类事故),交流电串入直流后测控屏直流空开跳闸,交流串入电源随即从直流中被切除,所以当时在励磁跳闸回路中并没有测量到交流分量。

由以上分析可知,灭磁开关跳闸的原因是,交流电压通过 400 V 测控装置直流回路叠加到直流母线上,又经励磁系统直流空开 QFK11 及灭磁开关跳闸继电器 K03、电缆对地电容 C 与地连接,构成交流电源的闭环回路,如图5所示。由于保护至灭磁开关的跳闸电缆较长,电缆对地分布电容比较大,由式(1)可知,分布电容 C 越大,则产生的电流也越大,一旦大于继电器 K03 的动作电流,将导致 K03 动作,灭磁开关跳闸。经现场

检测,灭磁开关跳闸继电器 K03 动作功率仅为 0.5 W (动作电流约为 8 mA),远低于反措所规定大于 5 W 的要求^[2]。循泵跳闸原因同灭磁开关一样,同样存在着电缆过长、继电器动作功率偏小的问题。

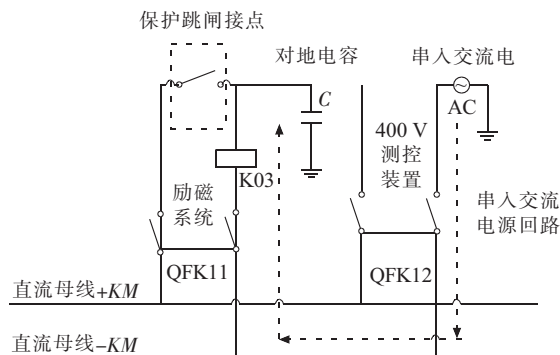


图5 直流串交流后继电器误动电路

3 防范措施

交流电源串入直流电源,此类事件的随机性强,涉及全厂几乎所有的交直流二次系统,造成的后果往往很严重。针对此类事故采取下列措施。

3.1 提高中间继电器 K03 动作功率

在励磁柜跳闸继电器 K03 线圈上并联接入 2 组 1.5 k Ω 、功率为 10 W 的电阻,经校验,继电器动作功率大于 5 W,达到了反措要求。对于 6 kV 循泵,更换中间跳闸继电器,使其功率大于 5 W。

3.2 其他措施及探讨

(1) 在设计制造环节上,防止交直流辅助接点混用;规范刀闸、断路器辅助接点的使用,将保护用直流辅助接点和交流电气闭锁回路用辅助接点适当隔离,电气防误与母差、线路保护用切换回路所用辅助接点之间以空端子隔离;开关端子箱中的交、直流端子分区布置;取消保护屏内的交流照明、加热器回路,打印机电源独立布置;二次设备禁止采用交、直流混合模式供电。对于变压器保护启动风冷回路,禁止将保护出口接点直接接入变压器风冷交流回路,需加一中间继电器,由中间继电器辅助接点启动变压器风冷交流回路。

(2) 合理规范二次电缆的路径,避免和减少电缆的迂回,有效控制电缆对地分布电容。对不同用途的电缆分开布置也可减少分布电容效应^[3]。

(3) 对于各个电厂(变电站),如果厂站内远跳、远传回路、失灵启动回路、失灵联跳、机变联跳回路、变压器非电量跳闸回路控制电缆较长,应避免使用直接启动光耦的方式,应采用大功率继电器传输方式^[4],其动作功率应达到大于 5 W 的要求。目前江苏 600 MW 以上的大部分大型机组使用 ABB 公司的励磁调节器,但是其灭磁开关跳闸回路普遍存在继电器动作功率偏小的问题,之前已经有电厂出现过由于此种原因造成灭

磁开关误跳的事故。因此建议各厂根据实际情况增加中间继电器的动作功率,可以采用更换继电器或在原有继电器跳闸线圈中并联电阻的方法,使其动作功率大于 5 W。对于 DCS 至励磁系统的开入量,其装置开入电源为 24 V,由于改为强电开入存在一定难度,对于重要的开入量,如“励磁投入”、“励磁退出”等,应采用大功率中间继电器传输方式。

(4) 由于直流继电器动作是具有方向性的,当交流串入直流后,继电器会在交流电的半周波动作,而在另一半周波返回,因此在不影响保护性能的前提下对于某些可能引起误动的关键开入量,可以增设动作延时来降低灵敏度,以躲避工频交流量串入时带来的干扰。为了提高保护输入光耦在直流接地、交流串入直流等情况下的抗干扰能力,从 2006 年起华东调度就采用在分相电流差动保护远方跳闸输入光耦中增加 20 ms 延时以躲过干扰。

4 结束语

针对直流系统故障造成电厂(变电站)开关误跳或

设备损坏等事故,通过对事故检查、分析和处理解决,提出了相应的防范措施。一方面从设计源头、管理方面下工夫,减少交流串入直流回路的源头;另一方面在技术层面上重点解决交流串入直流后如何防止误跳闸。这样将大大降低直流系统故障造成重大设备事故的概率,提高设备的安全稳定性。

参考文献:

- [1] 陆 榛,黄 巍,任晓辉,等.厂站交直流互串跳闸分析及防范措施[J].福建电力与电工,2008,28(1):29-31.
- [2] 国家电网公司.国家电网公司十八项电网重大反事故措施[M].北京:中国电力出版社,2005.
- [3] 马世燕.控制电缆分布电容对继电器控制系统的影响[J].建筑电气,2012,31(3):4-8.
- [4] 丁晓兵,赵曼勇,皮显松,等.防止交流串入直流导致母线保护误动的措施[J].电力系统保护与控制,2008,36(22):97-99.

作者简介:

周国平(1978),男,江苏常熟人,助理工程师,从事继电保护工作;
张 炯(1970),男,浙江上虞人,助理工程师,从事配电线路工作;
李辰龙(1980),男,辽宁朝阳人,工程师,从事继电保护工作;
蒋 琛(1981),男,江西鹰潭人,助理工程师,从事继电保护工作。

Analysis of the Malfunction of the Excitation Switch Caused by Crosstalk of the AC and DC and Its Preventive Measures

ZHOU Guo-ping¹, ZHANG Jiong², LI Chen-long¹, JIANG Chen²

(1. Jiangsu Frontier Electric Technology Co.Ltd., Nanjing 211102, China;

2. Shangyu Electric Power Company, Shangyu 312300, China)

Abstract: Malfunction of the protection devices caused a serious impact on the power system, especially its safe and stable operation. Crosstalk of the AC and DC power is the main factor that caused the malfunction of the protection devices. An unit outage caused by a mistakenly jump of the excitation switch in a power plant is described, as a result of the AC into DC control loop. Also the preventive measures are proposed from the design, construction, testing and other aspects.

Key words: DC control loop; crosstalk of the AC and DC; malfunction of the switch; preventive measures

(上接第 9 页)

The Application of LCC in the Economic Evaluation of Transmission Means of the Offshore Wind Power

LING Feng¹, TANG Chang-feng², WEI Zhi-nong²

(1. Electric Power Economic and Technological Research Institute of Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210008,

China; 2. College of Energy and Electric, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: This paper establishes the economic evaluation model of transmission means of the offshore wind power based on the full life cycle cost (LCC), with considering the initial investment costs, operating costs, maintenance costs, failure costs and disposal costs of the offshore wind power transmission system, to seek the optimal economic and persistent solution to ensure its safety and reliability in the whole life cycle. With comparing the high-voltage AC transmission, the traditional HVDC and flexible HVDC manner for the offshore wind power, according to their characteristics in a typical transmission project as an example, this paper analyzes their LCC situations for different transmission distances and capacities of the transmission systems, and gives a variety of LCC scopes in different transmission modes. Numerical example shows that this method can overcome the one-sidedness of the traditional assessment methods, and reach more scientific and comprehensive economic evaluation results, with perfect practical value.

Key words: LCC; offshore wind power; high-voltage AC transmission; HVDC; economic evaluation