

一起发电机保护定值计算错误引起的 励磁过负荷报警分析

陈熙平 季 杰 曹 钢 蔡显岗 王文松 张 伟
(锦屏水力发电厂 四川 西昌 615000)

摘要: 通过现场发电机励磁过负荷事件的检查、分析,对励磁后备保护及过负荷定值重新整定计算,找出了报警原因和问题所在,现场立即采取措施,有效避免励磁反时限保护动作而造成的机组强迫停运事件的发生。最后对于定值计算和管理提出了对策和建议。

关键词: 励磁绕组; 过负荷; 反时限; 整定计算

Abstract: Through the inspection and analysis of generator excitation overload in the field, the set points of excitation backup protection and overload are calculated again, and the reasons of the alarm and the problem are found out. The measures are taken immediately in the field to effectively prevent the forced outage caused by excitation inverse protective action. Finally, the countermeasures and suggestions of setting calculation and management are proposed.

Key words: excitation winding; overload; inverse time; setting calculation

中图分类号: TM774 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2014)01-0055-04

0 引言

继电保护装置作为保证电网安全稳定运行的最后一道保护屏障,有选择性地、可靠地、快速地对故障进行隔离,能有效地防止事故扩大。但继电保护装置如何动作、如何配合是由保护定值来控制的,一旦定值整定出现错误或是在定值的执行、管理过程中出现任何漏洞都将给电力系统带来巨大的隐患,甚至发展为事故。

通过介绍现场一起由于定值整定计算错误引起发电机励磁过负荷报警现象、危害、处理过程,由此提出相关的防范措施。

1 励磁系统保护配置情况

某电厂发电机型号为 HLV97-LJ-655,额定容量为 600 MW,机端电压 20 kV,采用自并励的励磁方式。励磁系统配置两套独立的电气量保护,具体保护包括励磁变差动保护、励磁过流保护、励磁过负荷保护。发电机、励磁部分保护按两块屏配置,各配置一套 RCS-985GW 发电机保护装置。其中励磁变压器差动保护主要反应励磁变压器内部故障;励

磁过流保护主要反应励磁变压器外部的过流故障;励磁过负荷保护反应励磁变压器绕组的平均发热状况,为充分利用励磁变压器的过负荷能力^[1],励磁过负荷定时限保护只投信号,反时限投跳闸。

2 事件现象

2013年1月17日07:51,CCS报警“1号机组发电机B套保护装置报警、B套励磁过负荷报警、A套保护装置报警、A套励磁过负荷报警”;2号机组报警同1号机组。07:56,1号、2号机组发电机保护装置与CCS上报警信号均自动复归。09:11,CCS再次报与07:51相同事件,报警信号瞬时复归。

3 事件分析与处理

3.1 现场检查

09:21,现场检修人员现地检查发现1号发电机保护装置与CCS上报警信号一致,1号发电机有功为601.3 MW,无功为102.4 Mvar,励磁电流为2440.7 A,2号发电机有功为602.1 MW,无功为108.5 Mvar,励磁电流为2448.9 A。

3.2 事件分析

经查看机组故障录波连续录波文件发现,在 CCS 报警时 1 号、2 号励磁变压器高压侧电流(二次值)均在 0.21~0.23 A 之间变化,由于励磁过负荷定时限报警电流定值为 0.21 A,故 1 号、2 号发电机保护报警正确。

经询问运行值班人员得知励磁过负荷期间对侧换流站正在进行直流负荷调整,负荷增加约为 300 MW 相应无功增加约为 150 MW。07:51 报警时 1 号机组无功 120.3 Mvar、2 号机组无功 118.6 Mvar。09:11 报警时 1 号机组无功 130.4 Mvar、2 号机组无功 131.6 Mvar,1 号机励磁电流瞬时最大 2 495 A、2 号机励磁电流瞬时最大 2 506 A。而两台机组在换流站负荷调整前无功均在 100 Mvar 左右,故判定由于发电机感性无功增加导致励磁电流增加,从而导致励磁过负荷报警。

通过向自动班核实验得知发电机励磁电流 2 126 A 为发电机功率因数为 1.0 时的额定励磁电流值,此时发电机仅发出有功不发无功。当发电机在功率因素滞后的工况下运行时,发电机电枢电流为去磁电流^[2],此时为维持发电机机端电压不变,发电机需过励运行,即增加励磁电流。而机组在额定功率因素(0.9 滞后)的运行工况下,额定励磁电流为 2 790 A。现场检查发电机满负荷时励磁电流为 2 442 A,未达到额定励磁电流,故保护装置本不应报警。经核查定值单和定值计算书,发现励磁过负荷保护计算用的额定电流在功率因素为 1.0 时的额定电流,使得计算出的保护定值偏小,导致保护装置报警。

3.3 励磁绕组反时限过负荷保护原理

励磁绕组反时限保护由以下 3 部分组成:下限启动部分、反时限部分、上限定时限部分。上限定时限部分设最小动作时间定值。

当励磁回路电流超过下限整定值 I_{1szd} 时,反时限保护启动,开始热积累,反时限保护热积累值大于热积累定值保护发出跳闸信号。反时限保护能模拟励磁绕组过负荷的热积累过程及散热过程。

反时限动作曲线如图 1,反时限动作方程为

$$[(I_1/I_{jz})^2 - 1] \times t \geq KL_{zd} \quad (1)$$

式中 I_1 为励磁回路电流; I_{jz} 为励磁回路反时限基准电流; KL_{zd} 为励磁绕组热容量系数定值。

图 1 中 t_{min} 为反时限上限延时定值 t_{max} 为反时限下限延时 I_{1szd} 为反时限启动定值 I_{1th} 为上限电流值。

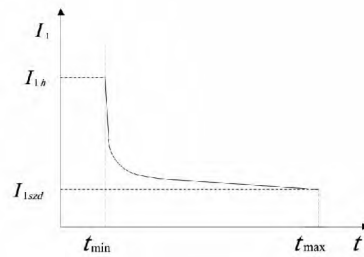


图 1 励磁绕组过负荷反时限动作曲线

3.4 励磁后备保护及过负荷定值整定计算

使用额定励磁电流为 2 790 A 计算出的励磁后备保护定值和过负荷保护定值。

表 1 励磁系统保护计算参数

励磁系统保护计算参数	数值
发电机额定励磁电流 I_f/A	2 790
三相桥式整流系数 K_{re}	0.816
励磁变压器变比 n_T	20 kV/0.655 V
励磁变压器高压侧 TA 变比 n_{TA}	300
发电机强励电流倍数 N	2

3.4.1 励磁后备保护过流 II 段保护(躲过强励磁时的电流)

保护动作电流为励磁变压器高压侧电流。

强励时变压器高压侧一次电流^[3]为

$$I_{ff.1} = K_{re} N I_f / n_T \quad (2)$$

将表 1 中的数据代入公式(2)中,计算得出强励时变压器一次电流为 149.14 A。

保护动作电流为

$$I_{dz} = K_{rel} I_{ff.1} / (n_{TA} K_{do}) \quad (3)$$

取可靠系数 $K_{rel} = 1.2$, 返回系数 $K_{do} = 0.95$, 计算得出励磁后备保护过流 II 段保护定值为 0.63 A。

该保护动作延时: $t = 2$ s, 动作于停机、灭磁和跳发电机出口断路器,启动发电机断路器失灵保护和故障录波。

3.4.2 励磁绕组过负荷保护

(1) 定时限报警段定值

励磁绕组额定运行条件下,励磁变压器高压侧一次电流为

$$I_{e1} = K_{rel} I_f / n_T \quad (4)$$

将表 1 中数值代入公式(4)中,计算出 I_{e1} 为 74.57 A。

励磁绕组热过负荷定时限报警段定值为

$$I_2 = K_{rel} I_{e1} / (n_{TA} K_{do}) \quad (4)$$

取可靠系数 $K_{rel} = 1.2$, 返回系数 $K_{do} = 0.95$, 计算得出 I_2 为 0.27 A。

该保护延时 5 s 动作于发信,启动故障录波。

(2) 反时限整定值(用热过负荷保护实现)

反时限启动定值: $I_3 = 1.05 \times I_2 = 1.05 \times 0.27 = 0.29$ A;

反时限上限时间定值为 10 s;

转子绕组过热常数: $C' = [(I_{fd}/I_{jc})^2 - 1]t$,按强励磁 $2I_f$ 时,允许运行 50 s,则 $C' = (2^2 - 1) \times 50 = 150$;

励磁绕组热容量: $C = 0.8C' = 0.8 \times 150 = 120$;

反时限基准电流: $I_{jc} = I_{e1}/n_{TA} = 74.57/300 = 0.25$ A(取正常额定电流)。

该保护动作于发信,跳灭磁开关和发电机出口断路器,启动发电机断路器失灵保护和故障录波。

表 2 保护定值对比 (A)

保护定值	计算参数	
	励磁额定电流为 2 126 A 时定值	励磁额定电流为 2 790 A 时定值
励磁后备保护过流 II 段定值	0.48	0.63
励磁过负荷定时限报警电流定值	0.21	0.27
励磁过负荷反时限启动电流定值	0.22	0.29
励磁过负荷反时限基准电流	0.19	0.25

3.5 现场处理

当励磁变压器高压侧励磁电流(二次值)达到反时限启动电流值 0.22 A 时,对应发电机励磁电流为 2 469.5 A。即若发电机励磁电流大于 2 469.5 A 时,励磁过负荷保护启动,开始对励磁绕组进行热积累计算,若励磁电流持续大于 2 469.5 A,当达到励磁绕组热容量定值 120 时保护动作于跳闸。反时限励磁过负荷保护逻辑详见图 2。

现场检查发现励磁绕组热容量已经积累到 103,已经接近跳闸热容量定值。

检修人员检查出问题所在后,通知运行人员加强监视,将励磁电流尽量控制在 2 469.5 A 以下。检修人员立即将现场发现的励磁后备保护及过负荷保护计算参数使用有误的问题反馈至定值计算单位,要求计算单位尽快核算励磁后备保护、励磁绕组过负荷保护定值并下发最新定值。在最新定值下发后,经安全生产技术部批准,检修人员将励磁后备保护、励磁绕组过负荷保护定值进行修改,消除了励磁绕组过负荷可能导致机组跳闸的隐患。

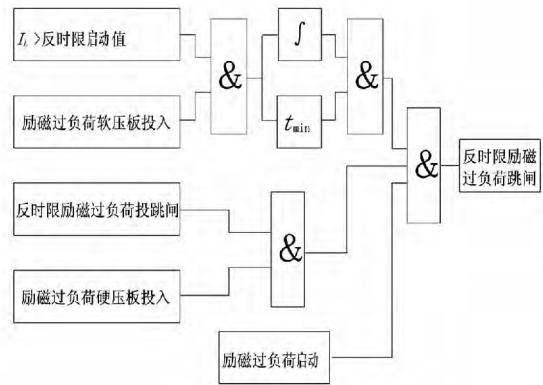


图 2 反时限励磁绕组过负荷保护逻辑框图

4 事件后的思考

4.1 事件的严重后果

该事件及时发现、及时处理,避免了机组跳闸的可能。若事件发生后运行人员未对发电机励磁电流进行控制,或在励磁电流进行控制后,系统发生故障,调度要求机组强励磁,稳定系统电压,此时将增加励磁电流,届时保护装置将一定报“励磁过负荷报警”,且进行励磁绕组热积累。若在机组强励磁保系统电压时机组又跳闸,此时将加重系统的故障,可能引起系统电压严重的波动。

4.2 对策及建议

(1) 首先,定值计算是决定保护装置正确动作的关键环节。定值计算人员应具备高度的工作责任心。其次,整定计算工作应严格遵守计算原则和相应导则,按照保护说明书要求进行定值整定,以保证保护装置满足可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求。

(2) 定值计算单位应多与现场人员沟通,详尽地阅读、了解被保护设备的有关资料,确保计算使用的参数正确完备。

(3) 现场定值单的执行必须规范仔细。现场人员不仅要核算定值计算方法、过程,同样要检查计算参数的正确性。尤其对于新建、在建电站的电厂自管定值更应仔细核查,规范执行定值单。

参考文献

- [1] 能源部西北电力设计院. 电气工程电气设计手册 2: 电气二次部分[M]. 北京: 中国电力出版社, 1991: 641 - 650.
- [2] 辜承林, 陈乔夫, 熊永前. 电机学[M]. 北京: 华中科技大学出版社, 2005: 328 - 336.

作者简介:

陈熙平(1986),本科,助理工程师,从事发电厂继电保护工作;

季杰(1986),本科,助理工程师,从事发电厂继电保护工作;

曹钢(1985),本科,助理工程师,从事发电厂继电保护工作;

蔡显岗(1986),本科,助理工程师,从事发电厂继电保护工作;

王文松(1986),本科,助理工程师,从事发电厂继电保护工作;

张伟(1986),本科,助理工程师,从事发电厂继电保护工作。

(收稿日期:2013-08-06)



(上接第 28 页)

置不能及时动作,则会导致系统电压全面下降,逐渐拉垮整个系统电压水平,抑或功率严重不平衡,功角不稳定,最终导致系统崩溃。

仿真结果表明,按脆弱度指标来攻击电力网络中的节点,确实对电网的破坏性更强,电力系统运行状态的恶化速度更快。基于电力系统的脆弱环节分析其抗毁性合理且有效。

5 结 论

基于静态能量函数,构建节点脆弱度指标,找出系统的脆弱环节,利用抗毁性分析原理对其进行蓄意攻击和随机攻击,然后结合电力系统网架结构构建系统抗毁度指标,分析评估电力系统抗毁性。通过对电力系统的基于脆弱性评估的抗毁性研究,在传统抗毁性分析方法的基础上计及了能量的分布,首先找出系统中存在的薄弱环节,然后通过预想的攻击模式分析薄弱环节故障对电网造成的各种影响,为电力系统的安全及稳定运行提供有价值的参考和指导信息。

参考文献

[1] 邹江峰,章显亮.巴西“2009.11.10”和“2011.2.4”大停电事故及启示[J].中国电力,2011,44(11):19-22.

[2] 陈竟成,黄瀚.印度大停电事故分析与启示[J].中国电力,2012,45(10):12-16.

[3] 程克勤,李世伟,周健.基于边权值的网络抗毁性评估方法[J].计算机工程与应用,2010,46(35):95-100.

[4] 高强,刘献伟,邱丽君.电力系统应急通信网络及其抗毁性分析[J].电网技术,2009,33(11):104-108.

[5] 张向亮,吕飞鹏,张向军,等.考虑节点电气介数的多组同基最小断集选取方法[J].中国电力,2012,45(6):10-13.

[6] 杨丽徙,林茂盛,张宏伟,等.中压配电网典型网络结构抗毁性评估[J].电力系统自动化,2012,36(1):28-31.

[7] 饶育萍,林竞羽,侯德亨.基于最短路径数的网络抗毁评价方法[J].通信学报,2009,30(4):113-117.

[8] 谢丰,程苏琦,陈冬青,等.基于级联失效的复杂网络抗毁性[J].清华大学学报:自然科学版,2011,51(10):1252-1257.

[9] 张国华,张建华,杨京燕,等.基于有向权重图和复杂网络理论的大型电力系统脆弱性评估[J].电力自动化设备,2009,29(4):21-26.

[10] Overbye T J, Demarco C L. Voltage Security Enhancement Using Energy Based Sensitivities[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1991, 6(3): 1196-1202.

[11] 刘群英,刘俊勇,刘起方.节点势能架构下的电压脆弱性评估[J].中国电机工程学报,2008,28(25):30-37.

[12] 丁道齐.深入研究复杂电网动态行为特征构建中国特高压电网安全保障[J].中国电力,2008,41(8):1-7.

[13] 郑武,李华强,刘慧,等.基于静态能量函数法的电压弱节点分析[J].电力系统保护与控制,2010,38(14):79-83.

[14] 田田,吴俊,谭跃进.基于自然连通度的复杂网络抗毁性仿真优化研究[J].复杂系统与复杂性科学,2013,10(2):88-94.

[15] 杨丽徙,曾新梅,方强华,等.基于抗毁性分析的中压配电网拓扑结构[J].电力系统自动化,2013(8):65-69.

[16] 丁道齐.降低电力系统物理脆弱性应对自然灾害和恶意攻击[J].中国电力,2009,42(6):26-31.

作者简介:

李艳卿(1989),硕士研究生,研究方向为电力系统分析、稳定及优化问题研究;

李华强(1965),博士,教授,从事电力系统分析、稳定及优化问题研究。

(收稿日期:2013-09-14)