

文章编号: 1006-348X(2008)01-0041-04

浅析发电机励磁系统保护单元定值的整定

涂国勇

(国电黄金埠发电厂, 江西 余干 335101)

摘要: 发电机组励磁调节系统有完善的控制、保护和限制功能, 在进行其保护、限制功能单元的参数设定时要全面、综合考虑发电机变压器组、系统运行方式要求和发变组相关保护定值的配合, 以保证励磁系统安全、可靠运行。为此对励磁系统保护、限制功能单元参数设定应注意的问题进行了分析, 并对参数设定原则进行了探讨和说明。

关键词: 励磁系统; 保护和限制功能; 参数; 整定值

中图分类号: TM34

文献标识码: B

Abstract: The excitation system of generator unit has functions of overall control, protection and restriction. When setting parameter of its protection and restriction unit, three factors as follows should be considered to ensure safe, reliable operation of excitation system: requirements of transformer unit, requirements of system operation and association of protection fixed value related to generator and transformer unit. This paper analyzed key problems involving setting parameter of excitation protection and restriction unit. In addition, parameter setting principle was discussed in the paper.

Key Words: excitation system; protection and restriction function; parameter; setting value

0 引言

发电机励磁系统的作用是为发电机在空载时提供励磁电流建立机端电压和机组并网后输送无功功率和调节电压。正常情况下通过励磁调节器的调节保证了发电机端电压维持在所要求的水平及并列运行机组无功功率得到合理分配。事故情况下发电机端电压急剧降低, 通过励磁调节器的调节迅速加大发电机的励磁电流, 以提高发电机机端电压, 改善系统在事故情况下的运行条件。因此, 自动励磁调节装置应具有下列功能: a. 在电力系统发生故障时, 按给定的要求强行励磁。b. 在正常运行情况下, 按给定的要求保持机端及母线电压正常。c. 在并列运行发电机之间, 按给定要求合理分配无功负荷。d. 提高系统的静态稳定极限。e. 提高带时限继电保护工作的灵敏度。目前发电机励磁系统主要采用三机静止半导体励磁、无刷励磁、自并励静态励磁等形式。作为励磁系统的控制中枢是励磁调节器, 随着现代控制理论的发展和计算机技术的应用, 目前新建电厂发电机组基本实现微机励磁, 大部分老机组也都进行了励磁调节器的微机化改造, 从而使励磁系统的

功能更加完善、可靠、灵活。现场实践证明, 励磁调节器中的各种保护、限制功能参数的设定要综合考虑发电机变压器组、系统的运行工况并与发电机、变压器相关保护定值的配合, 以防止发生不适应机组运行方式或整定参数配合不当造成异常甚至故障。下面就励磁调节器保护、限制功能参数设定需注意和考虑的问题进行说明。

1 励磁系统保护、限制功能参数与机组运行、保护定值的配合^[1]

1.1 电压限制及过电压保护

发电机过电压保护是为了防止高电压击穿发电机定子绝缘而设置的保护。在发电机保护配置中单独设置过电压保护, 而对于作为调节控制发电机机端电压自动装置的励磁调节器, 也相应地在控制软件中有电压限制及空载过电压保护功能。

200 MW 及以上汽轮发电机过电压定值取 1.3 倍额定电压, 时间取 0.5 s, 动作于发电机解列灭磁。^[1] 因此一般发电机保护中的过电压保护定值均整定为 $1.3 U_e$ (U_e 为电机额定电压), 动作时间 0.5 s。

由于励磁调节器本身就是控制和调节发电机端

收稿日期: 2007-11-02

作者简介: 涂国勇(1971—), 男, 工程师, 国电黄金埠发电厂设备管理部电气主管。

电压的,因此它在设计时也考虑了电压限制和过电压保护功能,并且参数可以整定。若电压限制失败,则启动过电压保护功能。在此要注意励磁调节器中电压限制、过电压保护定值与发电机过电压保护定值的匹配,一般电压限制单元定值整定取 $1.1 U_e$ 。而励磁调节器中空载过电压定值不应超过发电机过电压保护定值,一般也应整定为 $1.3 U_e$,时间可取 $0s$ (与发电机过电压保护动作时间配合,也可根据现场情况与过电压动作值配合,如有的调节器整定为 $1.2 U_e$),动作于逆变灭磁。由于发电机过电压情况大部分出现在机组空载状态,这样保证了在机组空载升压过程中由于误调整或励磁调节器故障误增磁导致的过电压。若发生过电压,首先启动调节器电压限制单元,将机端电压限制在不超过 110% 额定电压范围内。若限制失败,则当定值达到 1.3 倍额定电压时,无延时启动调节器空载过电压保护动作逆变灭磁,若再失败,则经 $500 ms$ 延时启动发电机保护中的过电压保护动作,发电机解列灭磁,从而构筑了防止发生发电机空载超电压的三道防线。

1.2 低励限制与发电机进相运行和失磁保护的配合

励磁系统低励限制的作用是为了防止励磁电流过低而使系统失去静态稳定。到达低励限制值时,发出报警同时不再接收减磁指令,从而保证发电机的安全稳定运行。在低励限制定值的整定上应以能够满足发电机正常进相运行的需要,同时又不能使发电机失步或失磁保护误动为基准。

按照华中电网公司的要求,并网发电机组进相能力应保证能够满足进相功率因数 -0.95 的进相深度。影响发电机进相能力的限制条件主要包括各级电压值(高压母线、机端、高低压母线)、定子电流、功角(70°)、功率因数(网局要求 -0.95)、发电机定子铁心、端部结构件、绕组出水、线棒间温度。通过现场发电机进相试验可知,一般影响进相深度的主要限制因素是厂用电压。

根据发电机 $P-Q$ 曲线图可知,发电机进相能力达到 -0.95 的深度时,距发电机 $P-Q$ 曲线中静态边界还有相当的裕度(制造厂家提供的 $P-Q$ 曲线静态稳定极限要比机组实际并网运行时静态稳定极限范围大),因此低励限制定值要根据进相试验数据,做到既不能失去静态稳定甚至失步或失磁保护动作,又能保证发电机正常的进相能力,应界于进相曲线和静稳曲线之间。

表 1 为国电黄金埠电厂 1 号发电机进相试验的试验数据。由试验结果可见,黄金埠电厂 1 号机运

行在华中网调下达的进相范围内不会越过 1 号机的静态稳定边界。

表 1 各工况下进相基本试验数据

P /MW	最大 进相 无功 /Mvar	机端 电压 最低值 /kV	定子 电流 最大值 /A	最大 功角 /°	机端电压 最大调压率 $\Delta kV / \Delta Mvar$	500 kV 母 线电压最 大调压率 $\Delta kV / \Delta Mvar$	500 kV 母线电压 最大降低值 /kV
300	-200.0	19.22	10640	70.5	0.0065	0.062	13.2
360	-175.0	19.26	11550	77.2	0.007	0.063	11.3
480	-145	19.41	14680	75.9	0.0068	0.061	9.3
612	-100.0	19.45	18490	73.4	0.0066	0.066	6.6

由表 1 的试验数据可以得出,各个试验工况中国电黄金埠电厂 1 号机机端电压最低为 $19.22 kV$ ($P=300 MW, Q=-200 Mvar$),最大功角为 77.2° ($P=360 MW, Q=-175 Mvar$);最大定子电流为 $18490 A$ ($P=612 MW, Q=-100 Mvar$),定子电流未超过额定值($19245 A$)。

由于在 1 号机进相过程中,500 kV 母线电压明显下降,综合各个试验工况,平均每下降 $10 Mvar$ 无功时,500 kV 母线电压下降 $0.63 kV$,最大下降 $13.2 kV$ ($P=300 MW, Q=-200 Mvar$),调压效果较明显。

国电黄金埠发电厂低励限制定值按表 2 整定。

表 2 低励限制定值

有功 负荷 /MW	低励限 制定值 /Mvar	试验时最大进相无功值 /Mvar	P—Q 曲线极限进相 无功值 /Mvar
300	-85	-200	-340
360	-80	-175	-335
480	-80	-145	-300
612	-55	-100	-200

失磁保护一般应用阻抗原理,即当发电机失磁后,其机端测量阻抗的轨迹由在阻抗图中第一象限进入第四象限,其失磁保护主判据为静态极限阻抗元件和异步边界阻抗元件。失磁保护定值中静态极限阻抗整定要考虑与 $P-Q$ 曲线图中发电机静态稳定功率边界配合,不应使其动作区落到低励限制区。考虑到低励限制是根据 $P-Q$ 曲线图分析的,而失磁保护是在 $R-X$ 平面上分析,故现场中需将两者归算到同一平面上进行校核,要保证低励限制阻抗圆、静态稳定极限阻抗圆、失磁保护阻抗圆之间的配合。阻抗圆配合图见图 1。

1.3 励磁 V/F 限制与发电机、主变过激磁保护的配合

大型发电机变压器组都分别设置发电机过激磁保护和变压器过激磁保护,以防止铁心饱和引起的

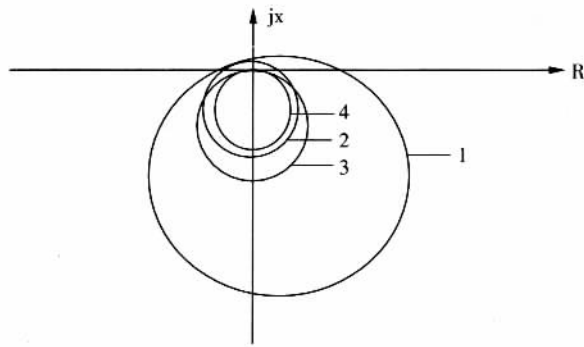


图1-低励限制阻抗圆 图2-静极限阻抗圆
图3-失磁保护I阻抗圆 图4-失磁保护II阻抗圆

图1 阻抗圆配合图

发电机定子绕组局部过热和变压器局部过热变形损伤绝缘介质。发电机变压器组的过激磁一般在未与系统并列时发生,如:发变组在与系统并列前由于操作失误,误加较大的励磁电流;发电机在启动过程中,转子低速预热时误将发电机电压上升到额定值;在切除机组过程中,主汽门关闭,出口断路器断开,而灭磁开关拒动,此时原动机减速,而自动电压调节器力求维持机端电压至额定;线路断路器跳闸或发变组出口断路器跳闸,自动励磁调节装置失灵或退出自动,则电压迅速升高,频率虽也升高,但相对缓慢引起过激磁。按照整定导则,当发电机与主变压器之间无断路器而共用一套过激磁保护时,其整定值按发电机或变压器过激磁能力较低的要求整定。当发电机与变压器间有断路器而分别配置过励磁保护时,其定值按发电机与变压器允许的不同过励倍数分别整定。反时限过励磁保护按发电机、变压器制造厂家提供的反时限过励磁特性曲线(参数)整定,保护动作于解列灭磁。因此在整定励磁调节器V/F限制单元定值时要充分考虑与以上发电机、变压器的过激磁保护定值的配合,其V/F限制定值不得高于发电机、变压器过激磁保护定值。若是反时限特性,曲线之间要配合,无论何时,要保证励磁调节器V/F限制先动作,若限制无效,启动保护动作。

国电黄金埠电厂600 MW机组只有发电机配置了过激磁保护,发电机过激磁保护报警值为1.1 V/Hz,时间为7 s;过激磁跳闸保护反时限特性启动值为1.14 V/Hz,定时限启动值为1.1 V/Hz,时间为50 s。励磁调节器中过激磁限制定值报警值为1.07 V/Hz;跳闸动作值为1.12 V/Hz,时间为2 s切通道,4 s跳闸。经校验励磁调节器,过激磁保护定值能够与发电机过激磁保护中报警、反时限定值、定时限定值配合,做到当发生发电机过激磁时首先由励磁调节器

判断加以限制和保护,若限制失败则启动相应发电机过激磁保护。

1.4 过励限制、强励反时限限制与相关保护的配合

过励限制主要是保证发电机转子电流和定子电流不超过发电机P-Q曲线的允许值。它要考虑与发电机过电流保护的配合,其整定值不应超过发电机保护中定子、转子反时限过电流的定值,以在定子、转子过流保护动作之前由励磁调节器实现保护(非短路故障状态)。强励反时限保护主要作用于电力系统出现故障或系统电压严重降低的时候,如电力系统短路造成机端电压严重下降时。为提高系统暂态稳定和发电机后备保护的灵敏性,而由励磁调节器实现的强励反时限保护,其整定值一是要和发电机后备过电流保护时间进行配合,另外还要根据制造厂家提供的转子反时限过电流特性曲线整定。目前有的励磁调节器本身有转子过电流保护单元,发电机保护也配置转子过电流保护,要统筹考虑强励反时限和励磁系统转子过流保护以及发电机定子、转子过电流保护的定值配合。

根据整定导则^[2],发电机定子过电流保护定值反时限部分按照 $t=K_{tc}/(I^{2\alpha}-1)$ 进行整定(K_{tc} 为定子绕组热容量常数,可取37.5),其下限电流一般与发电机定子过负荷保护配合,取 $K_{co}\times K_{rel}\times I_{gn}/K\times I_{Na}$ 。对于600 MW机组,额定电流为19 245 A,发电机出口电流互感器变比为25 000/5,故电流互感器二次额定电流为5 A,按照反时限特性,其动作时间约为54 s,而发电机定子电流额定值二次值约为3.85 A,故其启动值约为额定值的1.3倍,而励磁调节器中过励限制是按发电机P-Q曲线整定的,其过励限制定值一般不应超过105%额定电流。

发电机转子过电流保护动作特性与转子绕组允许的过热特性相同,其反时限最小动作电流与转子电流过负荷值相同,一般为额定励磁电流的1.1~1.2倍,而过励限制中一般也取1.1倍额定转子电流。其上限动作电流与强励顶值倍数匹配,一般励磁系统需满足2倍额定励磁电流10 s的强励要求,故发电机转子过流保护动作反时限曲线要和强励反时限曲线配合,其定值可以考虑1.05倍的配合系数。

1.5 励磁变保护和励磁调节器相关参数的配合

目前国内新投产的600 MW机组一般均采用自并励静态励磁系统。该励磁系统从机端接引一台励磁变压器为励磁回路提供动力电源,励磁变压器配备完善的保护,如差动保护、过流保护等。在整定励磁变保护定值时不能只按负荷变(下转第50页)

盈利前景无法乐观,发电企业主观提升发、售电能力的动力不强,亦是出现上述电力紧张局面的重要原因。这些问题也值得电力行业业内人士的深思。

参考文献:

[1] 戚大安,刘星灿.多措并举,积极防治电网覆冰灾害[J].国

(上接第 40 页)

样, R 并联电阻取定之后一般并不连续可调,其补偿度将进一步降低,变压器本体温度计显示数值与控制室主变温度数值误差将继续变大。

现场实际应用中建议用公式 2、公式 3 所得的电阻值进行比较,再经现场测试对比之后确定并联电阻实际应用值的大小。

3 结论

通过上述解决办法可将变压器本体温度计与控制室主变温度显示数值误差控制在一定范围之内,提高变压器本体温度显示与控制室主变温度显示的一致性,提高调度及运行人员对设备状态的判断的

(上接第 43 页)

化的整定原则考虑,而要结合励磁系统的特点进行全面考虑。如励磁变过电流保护除考虑变压器承受过载能力外,要具备躲过励磁系统强励时的过电流定值(包括时间定值),以防在系统故障导致励磁系统强励时,励磁变压器过流保护整定值过于保守使机组跳闸。励磁变压器过电流保护应能够满足励磁系统强励时 2 倍额定励磁电流并持续 10 s 的要求。

2 结束语

励磁系统是发电机的重要组成部分,其性能好坏直接影响着电力系统与发电机组安全、稳定运行。目前广泛采用微型励磁装置来实现对转子励磁电流的自动调节,以满足系统电能电压品质要求,保证整个电力系统长期可靠运行。这就要求装置反应灵

家电网, 2007, (01)。

[2] 李政敏, 庾振平, 胡琰锋. 输电线路覆冰的危害及防护[J]. 电瓷避雷器, 2006, (02)。

[3] 张永胜. 输电线路覆冰原因分析及防护[J]. 青海电力, 2006, (01)。

准确率,从而提高主变设备运行的安全稳定性。

但是,要完全解决变压器本体温度显示与控制室主变温度显示数值之间的误差还存下以下需要解决的问题:

(1) 公式 2 以变压器本体温度计所测温度为标准,而实际上变压器本体温度本身本身就存在测温绝对误差,进一步提高本体温度计测量精度是值得思考的问题。

(2) 本文所提出的方法只能解决某一温度点的完全补偿问题,如何使并联补偿电阻阻值自动连续可调以使变送器测温与本体温度计显示数值保持一致是个值得研究的方向。

敏,调节平滑受控,具有功能完善的各项保护、限制辅助单元,如 PT 断线检测、低励检测限制、强励检测、空载过电压限制、无功满载限制等检测、限制单元环节。但这些限制单元的定值整定要结合发变组一次系统运行方式、发变组继电保护相关保护定值统筹考虑,做到定值之间的配合优化,才能真正保证励磁系统保护、限制单元的功能,才能保证整个发变组运行方式、继电保护和励磁调节装置的协调配合,从而保证机组的安全稳定运行。

参考文献:

[1] 王维俭, 侯炳蕴. 大型机组继电保护理论基础[M]. 北京: 水利电力出版社, 1996。

[2] DL/T684—1999, 大型发电机变压器继电保护整定计算导则[S]。