

完善自动励磁调节器 TV 断线判别逻辑的措施探析

徐维利

(神华国能集团有限公司重庆发电厂 , 重庆 400053)

摘要: 选用 ABB 公司 UNITROL 5000 型自动励磁调节器的大型汽轮发电机组, TV 断线判别逻辑存在不完善问题。通过对一起 TV 断线引发误强励、造成停机事件的典型案例分析和探讨, 提出了完善 TV 断线判别逻辑的建议措施和现场试验方法, 保证自动励磁调节器安全可靠运行。

关键词: 自动励磁调节器; TV 断线; 误强励; 判别逻辑

Abstract: The judgment logic of potential transformer breaking is not perfect for large steam turboset with ABB UNITROL5000 automatic excitation regulator. A typical accident of faulty forced excitation caused by potential transformer breaking which leads the generator to be out of service is analyzed and discussed. The measures and field test methods for improving the judgment logic of potential transformer breaking are proposed to ensure the safe and reliable operation of automatic excitation regulator.

Key words: automatic excitation regulator; potential transformer breaking; faulty forced excitation; judgment logic

中图分类号: TM761.11 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2017)03-0079-03

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2017.04.017

0 引言

中国 600 MW 及以上的汽轮发电机组已广泛采用机端自并激静止励磁, 励磁系统选用 ABB 公司的 UNITROL 5000 型微机数字励磁调节器, 运行可靠性较高。然而, 大型汽轮发电机组机端 TV 断线是自动励磁调节器误强励发生的主要诱因之一。近年来部分 600 MW 级机组运行中暴露出 UNITROL 5000 型励磁调节器 TV 断线判别逻辑不完善的问题。在机端 TV 一次熔断器发生慢速熔断的异常情况下, 自动励磁调节器不能正确检测出 TV 断线, 而误判断为一次系统故障, 发生误强励, 造成发电机转子过流保护动作跳闸的非计划停机事件发生。完善 UNITROL 5000 型自动励磁调节器 TV 断线判别逻辑, 对于控制减少误强励导致的非计划停机事件发生, 提高大型汽轮发电机组自动励磁调节器安全性具有重要的现实意义。

1 ABB UNITROL 5000 型自动励磁调节器简介

配置 ABB 公司 UNITROL 5000 型微机数字励

磁调节器的自并激静止励磁系统, 主要分为 4 个部分: 励磁变压器、可控硅整流器、自动励磁调节器、起励与灭磁单元。

自动励磁调节器(AVR) 采用数字微型机, 由双自动通道组成 2 个等同的自动通道提供 100% 自动冗余度, 每个自动通道含手动后备控制。双自动通道一主一备用, 性能可靠, 具有微调节和提高发电机暂态稳定的特性。

自动励磁调节器设有电压给定和调节、过励磁限制器(最大励磁电流限制、过励定子电流限制)、欠励磁限制器(P/Q 限制、欠励定子电流限制、最小励磁电流限制)、恒无功或恒功率因数叠加调节、电力系统稳定器 PSS、自动无功调节 AVC、手动调节、监视和保护功能等单元。

可控硅整流器由 5 个功率整流装置并联运行, 其中 1 个功率整流柜退出运行时, 能满足发电机强励和 1.1 倍额定励磁电流运行的要求。当有 2 个功率整流柜退出运行时, 能提供发电机额定工况所需要的励磁电流。

在自并激静止励磁系统中, 励磁电源取自发电机机端, 起励方式采用 380 V AC 电源, 取自各机组 400 V 汽机 MCCA 段。灭磁单元设备的作用是将磁场回路断开尽可能快地将磁场能量释放, 灭磁单元

主要由磁场开关、灭磁电阻、晶闸管跨接器及其相关的触发元件组成。机端自并激静止励磁系统原理如图1所示。

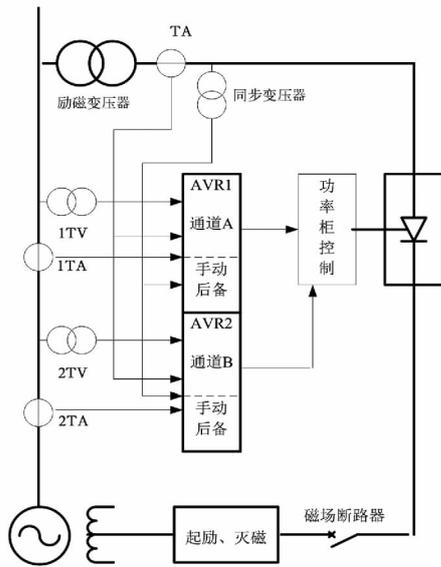


图1 机端自并激静止励磁系统原理框图

2 自动励磁调节器 TV 断线原有判别逻辑

如图2所显示,ABB UNITROL 5000型励磁调节器原有TV断线判别逻辑为:实测量发电机线电压与励磁变压器低压侧同步线电压之间的允差(10%),以标称电压的百分数表达,当 $(U_{tb} - U_{jd}) > U_{js}$,经延时0.1s,发电机线电压故障报警,同时闭

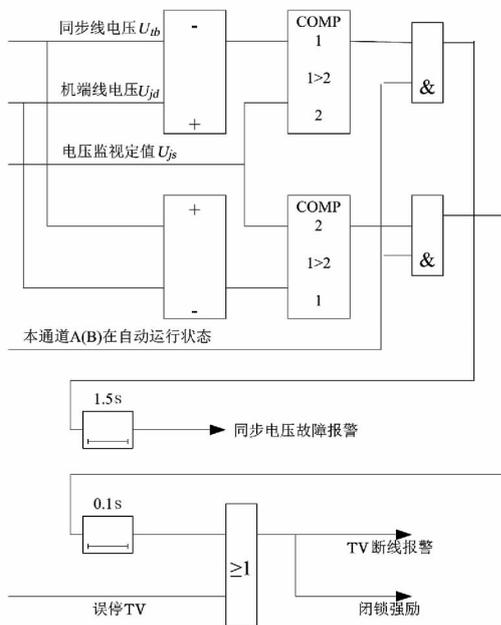


图2 ABB UNITROL 5000型原有TV断线判别逻辑图

锁发电机强励;当 $(U_{jd} - U_{tb}) > U_{js}$ 经延时1.5s,发出同步线电压故障报警。为避免复杂的整定值计算,在用户没有提出特别要求的前提下,ABB公司设计组态的TV断线判别逻辑一般按照图2方案实施,在发电机机端TV一次熔断器快速熔断、TV二次侧空开跳闸、误拉停TV柜等异常情况下,能够正确检测出TV断线故障,防止误强励发生。然而,该方案存在TV断线判别逻辑不完善的问题。由于没有采用电流突变量、负序电流和三相电压位变化等判据,在机端TV一次熔断器发生慢速熔断的异常情况下,不能正确检测出TV断线,很可能导致发电机误强励发生。

3 典型案例

某电厂2号发电机型号为QFSN-66-2-22B,额定容量为733.3MVA,额定功率为660MW,定子额定电压为22kV,定子额定电流为19245A,额定功率因数为0.9(滞后)。发电机采用机端自并励静止励磁方式,选用瑞士ABB公司的UNITROL 5000型励磁调节器(AVR),励磁调节器采用双通道一主一备用。

事前工况:发电机正常运行中,有功功率为603MW,无功功率为105Mvar,转子电压为331V,转子电流为3729A,定子电压为21.76kV,定子电流为16678A,励磁系统自动方式A通道运行,B通道自动跟踪备用,AGC、AVC投入。

事件经过:DCS电气画面发电机参数报警,集控室“发变组一、二套后备保护动作”光字牌报警,发电机无功突升至302Mvar,运行人员解除机组AVC手动减励磁无效,退出机组AGC开始减有功负荷,3min38s后,发变组断路器跳闸,机组大联锁保护动作正常,汽轮机跳机,锅炉熄灭火,厂用电切换正常。

事件原因:1)自动励磁调节器TV断线判别逻辑不完善,只简单计算发电机线电压平均值与励磁变低压侧同步线电压平均值之间的允差,未采用电流突变量、负序电流和三相电压位变化等判据;2)厂家设定机端线电压允差定值为10%,整定值不合理。事件发电机机端1TV一次A相熔断器慢熔断,造成自动励磁调节器A通道机端电压测量值降低,调节器未能正确检测出TV断线,误判为一次系统故障,3min38s时间内发生误强励2次,转子过流保护二段动作,灭磁断路器及发变组断路器跳闸,

机组停机。

4 完善 TV 断线判别逻辑的建议措施

为防止典型案例类似的不安全事件发生,某电厂先后利用停机备用的机会,对2台机组原设计的TV断线判别逻辑进行技改升级。在保留原有TV断线判别逻辑的基础上,增加负序电流判据,以增强机端TV一次熔断器慢熔断的判别能力。技改升级后的TV断线判别逻辑如图3所示。

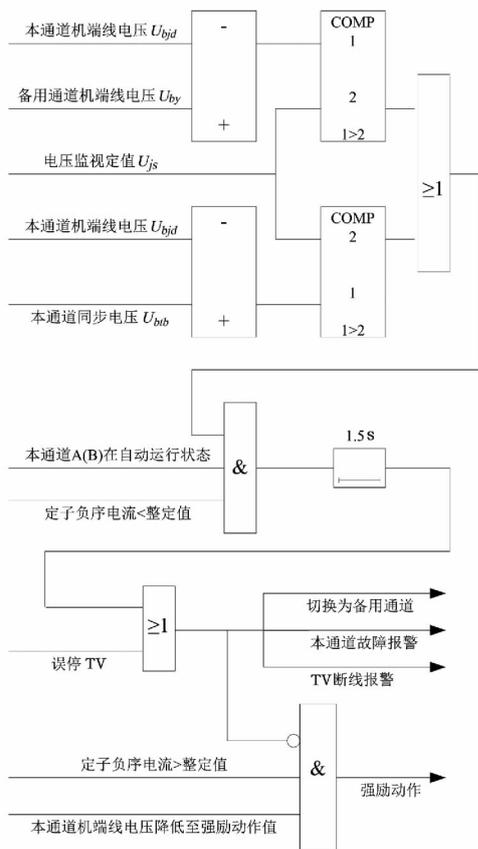


图3 完善后的TV断线判别逻辑图

当 $(U_{by} - U_{bjd}) > U_{js}$ 或者当 $(U_{btb} - U_{bjd}) > U_{js}$, 且没有检测出发电机定子负序电流(负序电流小于整定值),经过延时1.5s,判定为机端TV一次熔断器发生慢熔断,本事件定义为自动通道故障。励磁方式由本通道切换为自动备用通道,如果切换后,自动备用通道检测出机端电压仍然有故障,则切换至手动后备方式,避免误强励发生。

对于机端线电压允差整定值,应用叠加原理进行理论计算,在机端TV一次熔断器一相完全熔断的稳态情况下,TV二次线电压降低幅度最大能够达到标称电压的20.48%,因此,原有TV断线判别逻辑中厂家设定电压允差定值为10%,一般情况下能

够正确动作。但是,在机端TV一次熔断器一相发生慢熔断的特殊异常情况下,机端线电压允差定值为10%不合理。理由是:典型案例中某电厂2号发电机机端1TV一次A相熔断器慢熔断,通过查阅DCS系统事故追忆报警清单及参数曲线,在机端1TV一次A相熔断器慢熔断的全过程中,A相二次电压最低降低到46.4V,线电压平均值(允差)降低6.58%,显然,自动励磁调节器不能正确检测出TV断线,应将机端线电压允差整定值修改为5%。

5 现场试验项目及方案

试验条件:发电机空载运行,自动励磁调节器投入运行,按照运行规程规定投入发电机-变压器组保护。

5.1 模拟TV一次侧熔断器任一相快速熔断

5.1.1 双自动通道方式切换试验

在双自动通道一主一备用的方式下,人为模拟机端1TV一次侧熔断器C相熔断,励磁调节器应由A通道切换为B通道并且发电机保持稳定运行,同时发出1TV断线故障及自动通道切换信号;紧接着人为模拟机端2TV一次侧熔断器A相熔断,励磁调节器应切换为B通道手动后备方式并且发电机保持稳定运行,同时发出2TV断线故障及自动通道切换信号。

5.1.2 单自动通道方式切换试验

在自动A通道运行、B通道退出的方式下,人为模拟机端1TV一次侧熔断器B相熔断,励磁调节器应切换为A通道手动后备方式并且发电机保持稳定运行,同时发出1TV断线故障及自动通道切换信号;在自动B通道运行、A通道退出的方式下,人为模拟机端2TV一次侧熔断器B相熔断。

5.2 模拟TV一次侧熔断器一相慢速熔断

试验原理接线:机端TV一次熔断器一相发生慢熔断的异常过程中,最终表现为TV二次侧对应相电压缓慢下降并且下降值小于熔断一相的现象。用一种简单实用的方法模拟TV一次侧熔断器A相慢速熔断试验,试验接线如图4所示。T为自耦调压器1~2kVA/220V;PV为电压表,量程为25~100V。

试验方法及步骤:检查刀闸SQ在断开位置,调节自耦调压器T输出电压,电压表PV显示57.74V左

(下转第90页)

可见在励磁机励磁系统中采用两级超前-滞后补偿器很容易选择合适参数满足系统要求。

3 结 语

通过对比不同结构的励磁系统及相应的励磁系统中的各环节物理量在传递函数中参数的意义,对其PID进行仿真计算。在自并励励磁系统中选择一级的超前-滞后补偿器完全可以满足励磁系统的各项性能指标;在励磁机励磁系统及无刷励磁系统中选择两级的超前-滞后补偿器,更易选择适合的参数来满足励磁系统性能指标。

参考文献

[1] 薛学斌. 1 000 MW 机组发电机励磁方式的选择[J]. 电工技术, 2008(1): 59-60.

[2] 冯旭. 大型汽轮发电机制造中的励磁方式选型[J]. 科技创新与应用, 2013(7): 74.

[3] 张玫, 朱方, 刘增煌. 大型汽轮发电机采用自并励励磁系

统的可行性分析[J]. 电网技术, 1997, 12(21): 38-44.

[4] 刘取. 电力系统稳定性及发电机励磁控制[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.

[5] 霍承祥, 刘增煌. 励磁系统静态放大倍数和发电机有功功率对调差的影响分析[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(2): 93-96.

[6] IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies[S]. IEEE Power Engineering Society, IEEE 3 Park Avenue New York, NY 10016-5997, USA, 21 April 2006: 10-20.

[7] 张德丰. MATLAB 控制系统设计与仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.

[8] 郝正航, 陈卓, 邱国跃, 等. 励磁机时间常数对电力系统动态稳定性的影响[J]. 电工电能新技术, 2006, 25(1): 26-29.

[9] 方思立, 苏为民. 励磁系统动态性能指标有关标准的分析[J]. 电力设备, 2004, 5(7): 39-40.

作者简介:

李明强(1983), 助理工程师, 主要研究方向为继电保护与励磁控制。
(收稿日期: 2017-03-16)

(上接第81页)

右, 保持T输出电压稳定, 人工拉开机端电压TV二次侧a相空开后立即合上刀闸SQ, 发电机应该保持稳定运行。调节自耦调压器T降低输出电压, 电压表PV显示电压逐渐下降至52.90V左右(对应机端线电压允差定值5%)。励磁调节器应由A通道切换为B通道并且发电机保持稳定运行, 同时发出1TV断线故障及自动通道切换信号。参照图4接线, 可以分别进行机端1TV(2TV)一次侧熔断器B、C相慢速熔断模拟试验。

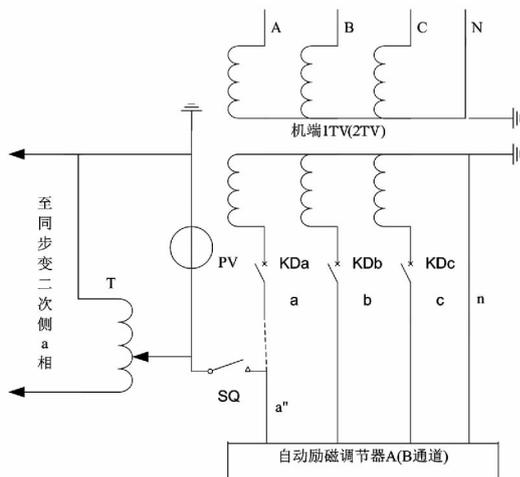


图4 模拟TV一次侧熔断器A相慢速熔断试验接线图

6 结 语

在保留原有TV断线判别逻辑的基础上, 增加负序电流判据, 修改机端线电压允差整定值, 完善TV断线判别逻辑, 并且经过现场试验确认, 增强机端TV一次熔断器慢熔断的判别能力, 对于提高大型汽轮发电机组自动励磁调节器安全可靠具有重要的现实意义。

参考文献

[1] 翁思义. 自动控制理论[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.

[2] 竺士章. 发电机励磁系统试验[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

[3] 刘云, 李辉. 大型发电机励磁系统浅析与探讨[C]. 全国火电大机组(600 MW)竞赛第十二届年会论文集(下册), 2007.

[4] 桂国亮, 张旭昶, 戴申华, 等. 大型发电机励磁调节器闭环试验研究[J]. 安徽电力, 2011, 28(2): 28-32.

[5] 杜永斌. UNITROL 5000型励磁调节器在600 MW汽轮发电机组上的应用[J]. 中国新技术新产品, 2011(12): 116-117.

(收稿日期: 2017-03-02)