

DOI: 10.7500/AEPS20131017002

# 全过程励磁控制对电力系统暂态稳定性的影响

张 静<sup>1</sup>, 李志强<sup>1</sup>, 何凤军<sup>1</sup>, 赵红光<sup>2</sup>, 濮 钧<sup>1</sup>, 刘 取<sup>1</sup>

(1. 中国电力科学研究院, 北京市 100192; 2. 南瑞集团公司(国网电力科学研究院), 江苏省南京市 211106)

**摘要:** 为了充分挖掘励磁系统在提高电力系统暂态稳定性方面的潜力,文中研究和改进了暂态过程五阶段励磁控制策略,基于电力系统分析综合程序(PSASP)建立了全过程励磁控制模型,并将其应用到实际大规模电力系统中的多台发电机上。对四川电网及晋豫鄂特高压联络线近端不同故障情况下的仿真分析表明,全过程励磁控制能很好地降低故障后功角第 1 摆的摆幅,稳定电网电压水平,并由此对整个故障恢复过程起到积极作用,有效地提升电力系统的暂态稳定性。

**关键词:** 暂态过程; 励磁控制; 电力系统稳定; 仿真分析

## 0 引言

电力系统失去暂态稳定性可能导致停电故障,并有可能逐步发展到整个系统崩溃、大面积停电。在提高系统暂态稳定性的措施中,发电机的励磁控制有独特的优势<sup>[1-2]</sup>:①效果显著,它能以毫瓦级的功率控制兆瓦级的发电机出力;②工程上容易实现,投资低;③它是分散装置,个别机组励磁控制故障,不至于对整个系统造成重大影响。

以往用励磁控制提高暂态稳定性时,片面强调短路期间强行励磁的高顶值及快速性<sup>[3]</sup>。但短路的快速切除,以及短路期间发电机与外部联系阻抗大幅增加,使得强行励磁效果不够明显。

随着控制理论的发展,出现了一些新的用于提高暂态稳定性的励磁控制方法<sup>[4]</sup>,如最优变目标控制、非线性多变量控制、非线性自适应控制、变结构控制等<sup>[5-8]</sup>。然而,这些控制方法普遍存在着计算复杂、不能适应系统运行状态的变化、对电力系统的简化和假设不合理<sup>[9]</sup>等问题。

从短路切除至功角摆到其峰值的这段时间,励磁控制作用最有效,而通常的强行励磁,在机端电压恢复至额定值时就会返回,错失了最有效的时机。事实上,在功角摆到第 1 摆最大值之前,强行励磁都能够增大制动转矩,提高暂态稳定性。一般而言,从故障切除到功角达到最大值的时间远大于从故障切除到机端电压升高到额定值的时间<sup>[10-12]</sup>。因此,强

行励磁在提高暂态稳定性方面还有很大潜力。

基于上述思想,文献[13]提出了暂态稳定励磁控制(transient stability excitation control, TSEC),其控制逻辑相对简单,适应性不强。文献[14]提出的暂态励磁增强(transient excitation boosting, TEB)是一种针对特殊条件的开环控制,没有反馈控制,不能自动适应系统条件的改变,并且需要远端传输信号,降低了可靠性<sup>[14-16]</sup>。

与 TSEC 和 TEB 相比,文献[3]提出的全过程励磁控制是在五阶段理论指导下设计的,适应性更广,动作更正确,除了能改善第 1 摆稳定性外,也能兼顾后续振荡型稳定性及事故后静态稳定性。

五阶段理论是指把暂态过程分为 5 个阶段,在每个阶段采取不同的励磁控制策略。第 1 阶段是指从短路发生到短路切除的过程;第 2 阶段是指从短路切除到功角摆动到最大值的过程;第 3 阶段是指从功角最大值摆动到最小值的过程;第 4 阶段是指功角的后续摆动过程;第 5 阶段是指振荡平息阶段。从第 1 阶段开始到第 2 阶段结束,在自动电压调节器(AVR)的电压参考点上附加一个正参考电压,尽可能快、尽可能大地增加励磁。第 3 阶段应该迅速强行减磁,防止功角反向摆动过大而失步。第 4 和第 5 阶段则通过电力系统稳定器(PSS)平息振荡。

文献[3]认为第 3 阶段无需额外的附加励磁控制。因为第 2 阶段结束时,机端电压会大于额定值,一旦切除附加的正参考电压,电压偏差就为负,使自并励系统的可控硅自动工作于逆变状态,从而提供负励磁电压,但本文在仿真过程中发现:若不对第 3 阶段进行控制,通常很难实现强行减磁,无法有效抑制转子角反向摆幅,个别机组甚至出现后续振荡变大的情况。本文在文献[3]的基础上,完善了五阶

收稿日期: 2013-10-17; 修回日期: 2014-02-21。

国家自然科学基金资助项目(51107122);国家电网公司大电网重大专项资助项目(SGCC-MPLG001-2012);已申请发明专利(申请号:201310370108.5)。

段控制策略,即第 3 阶段时在 AVR 的电压参考点上附加一个负参考电压。仿真分析表明,增加第 3 阶段的励磁控制能使功角和机端电压更快达到稳定。

本文基于电力系统分析综合程序(PSASP)中的自定义平台建立了适用于大型电力系统仿真分析的全过程励磁控制模型。将全过程励磁控制进一步应用到一个实际大规模电力系统中的多台发电机上,研究和改进了控制策略,使得投入全过程励磁控制的机组在系统故障及其后的暂态过程中协调配合。

在提高电力系统暂态稳定性的众多措施中,全过程励磁控制是一种短期快速而又经济有效的办法。与繁琐的非线性控制策略相比,全过程励磁控制具有原理清晰、简单可靠、效果明显和便于工程应用的优点。与快关汽门、电阻制动、切机、静止无功补偿等措施相比,全过程励磁控制不仅投资小,效益高,而且对发电机、锅炉和汽机的冲击最小<sup>[17-18]</sup>,经济性和安全性都更优。

## 1 暂态过程中的全过程励磁控制

在暂态过程中,发电机对励磁的要求会随着机端电压、功角、有功功率和转速的不断变化而变化。把暂态过程划分为几个阶段,在每个阶段有针对性地采取不同的控制策略,能够充分发挥励磁控制在提高暂态稳定性上的潜力。文献[3]提出的暂态过程的 5 个阶段如图 1 所示,其控制逻辑如图 2 所示。图 1 中: $\delta$  为发电机功角; $V_s$  为发电机定子电压。图 2 中: $V_N$  为机端电压; $V_{add}$  为五阶段励磁控制附加电压; $V_{ref}$  为 AVR 参考电压; $V_{PSS}$  为 PSS 给出的附加参考电压。

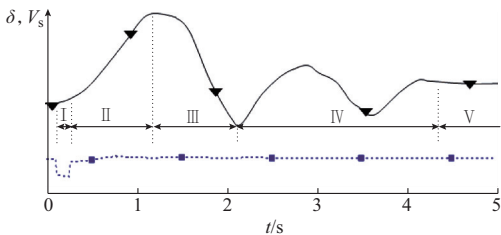


图 1 暂态过程的 5 个阶段

Fig.1 Five stages of transient process

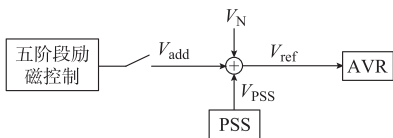


图 2 全过程励磁控制的控制方式示意图

Fig.2 Control mode schematic of whole process excitation control

全过程励磁装置第 1 和第 2 阶段的控制策略是:在 AVR 的电压参考点上附加一个 10~20(标么值)的正参考电压,如图 2 所示。这是基于以下三方面的考虑:①附加正的参考电压增加励磁,可增大制动转矩,抑制由于功率不平衡引起的功角增大;②故障切除后继续增大励磁,可能带来定子过电压,10%~20%的附加参考电压可以保障定子电压不超过极限值<sup>[19]</sup>;③通过多个信号的变化及逻辑运算关系决定附加参考电压投入和退出时机,可以比较准确地控制强行励磁时间。

第 3 阶段开始时附加的正参考电压退出。第 4 阶段为转子角后续摆动过程,这个阶段主要通过励磁系统自身的 AVR 和 PSS 进行控制。第 5 阶段为系统在故障后进入静态的平息状态。

## 2 全过程励磁控制改进模型

在对实际电力系统进行仿真的过程中发现:若第 2 阶段结束切除正的附加参考电压后,不对第 3 阶段进行控制,则一方面由于个别机组的机端电压并没有超过额定值,导致励磁系统不能及时减磁;另一方面,即使第 3 阶段开始时的机端电压远超过额定值,由于机端电压的变化比功角的变化快得多,当机端电压恢复到额定值时,转子角还远没有从最大值摆动至最小值,使得励磁系统减磁的时间远小于第 3 阶段的时间,不能充分发挥强行减磁抑制转子角反向摆幅的作用。为此本文增加了对暂态过程第 3 阶段的控制,即在第 3 阶段开始时,在 AVR 的电压参考点上附加一个负的参考电压(如-0.15),在第 3 阶段结束时将其切除。后期的仿真分析也验证了第 3 阶段励磁控制的必要性。

### 2.1 判据说明

功角是划分五阶段的主要依据,但在仿真程序 and 实际测量中,功角都不易得到。考虑到发电机的角速度  $\omega$  与功角对时间的微分  $d\delta/dt$  成正比,可以用  $\omega$  代替功角  $\delta$  作为主要判别依据。

当发电机的  $\omega$  大于电网侧频率,即  $\Delta\omega > 0$  时,  $d\delta/dt > 0$ ,功角增大。当  $\Delta\omega = 0$  时,功角达到最大值。反之,  $\Delta\omega < 0$  时,  $d\delta/dt < 0$ ,功角减小。当  $\Delta\omega$  再次等于 0 时,功角达到最小值。

图 3 为无全过程励磁控制时,瀑布沟电厂出口母线发生 N-1 故障时,瀑布沟 1 号机的功角与角速度的关系。为了便于观察,把功角的值增加 1 000,角速度的值放大 1 000 倍。

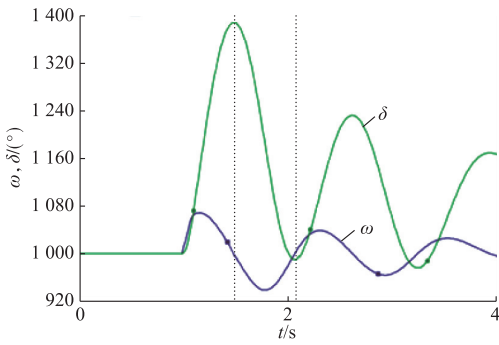


图3 发电机角速度与功角的关系  
Fig.3 Relationship between angular velocity and power-angle

从图3可以清楚地看到 $\omega$ 与 $\delta$ 之间的关系。因此,使用 $\omega$ 能够很好地判断前3个阶段起始和结束的时刻。即在 $\Delta\omega > 0$ 时附加正的参考电压,在 $\Delta\omega < 0$ 时附加负的参考电压。

2.2 投退逻辑

图4为改进后的全过程励磁控制逻辑图。控制装置的启动与退出都是通过逻辑控制器来实现的。控制部分有 $a$ 和 $b$ 两个输出,当 $a$ 为1时,将正的附加参考电压加到AVR的电压参考点上;当 $b$ 为1时,将负的附加参考电压加到AVR的电压参考点上。

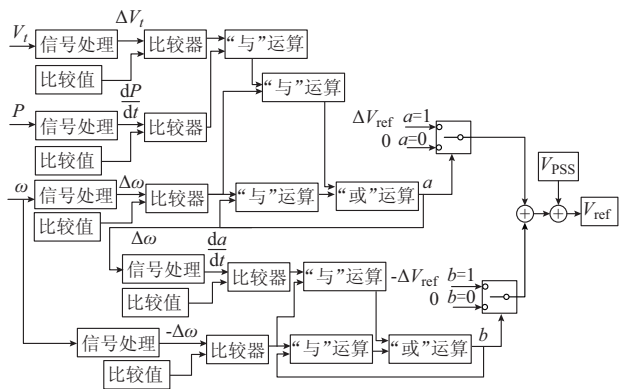


图4 补充后的全过程励磁控制的控制逻辑图  
Fig.4 Control logic diagram of whole process excitation control after supplementary

值得一提的是,AVR的电压参考点处必须增加一个电压限制器,限制全过程励磁控制、PSS及其他附加励磁控制的总输出不能超过极限值。一般来说,参考电压限幅为1.2时,能够保证发电机的正常运行。

正参考电压的投入条件是:①发电机的电压有突然变动,超过一定限值;②有功功率有突然变动,超过一定限值;③角速度偏差大于0,亦超过一定限值。此时 $a$ 为1,并采用反馈使逻辑开关自保持,自

保持意味着:只要 $a=1$ 且角速度偏差大于0, $a$ 就持续为1。

正参考电压的退出条件是:角速度偏差不大于0。 $a$ 为0时将附加的正参考电压断开。

负参考电压的启动条件是:①逻辑控制器检测到 $a$ 由1变为0;②转速偏差小于0。此时 $b$ 为1,并采用反馈使逻辑开关自保持。自保持意味着:只要 $b=1$ 且角速度偏差小于0, $b$ 就持续为1。

负参考电压的退出条件是:角速度差不小于0。此后 $b$ 为0,将附加的负参考电压断开,仅由AVR和PSS控制。

全过程励磁控制的启动条件比较苛刻,而第3阶段的启动又建立在第2阶段退出的基础上,因此可有效避免控制装置的误动。同时,模型设置了一定数量的可调参数,以增强其适应能力。

3 数字仿真

根据上述改进模型控制逻辑,本文建立了适用于PSASP的电力系统暂态全过程励磁控制模型,用于对实际电力系统进行机电暂态分析。为说明全过程励磁控制对实际大型电网的适用性,本文选取了四川电网作为主要算例。

四川电网目前的情况是:在电网容量的迅速增加、特(超)高压交直流输电线路的相继投运、四川电网枢纽地位的逐步形成、电网结构的复杂性迅速发展的同时,电网暂态稳定水平明显下降<sup>[19]</sup>。

本文选取了4个装机容量比较大的电厂装设全过程励磁控制装置,其中二滩、瀑布沟为水电厂,金堂、方山为火电厂。在丰水期,二滩和瀑布沟两大水电通道通过川渝断面外送,川西断面和川渝断面重载运行,见附录A图A1。二滩、瀑布沟等大型水电的外送问题成为制约四川电网稳定性的重要因素。为此本文选取二滩—菩提3回线路N-2故障,验证全过程励磁控制对电网暂态稳定性的影响。

另一方面,四川电网与大区电网运行方式(华北、华中、华东、西北电网联网运行)密切相关。特高线联络线(见附录A图A2)附近发生大扰动故障易激发华北—华中电网振荡模式,振荡中心落在1000kV特高压联络线上,特高压联络线电压波动易导致特高压交流线路(华北—华中电网联络线)解列,给电网安全运行带来很大隐患。为此,本文还选取鄂斗笠—鄂龙泉500kV交流线上发生N-3故障来验证五阶段励磁控制对特高压联络线电压稳定的作用。

3.1 二滩—菩提3回线路的N-2故障

二滩—菩提3回500kV线路在1s时发生N-2故障,二滩侧发生三相接地短路故障,0.09s



后切除故障,故障线路不重合。

本文在有无全过程励磁控制 2 种情况进行了仿真。在二滩电厂的 6 台机组中,二滩 6 号机相对于平衡机的母线功角差最大,故以二滩 6 号机为例进行说明。图 5 为在有无全过程励磁控制两种情况下,二滩 6 号机的功角对比图。从 1.0~2.5 s 的局部放大图中可以看到,无全过程励磁控制时,功角的第一摆幅值过大,暂态失稳;加全过程励磁控制后,功角的摆幅大幅度减小,并能很快地稳定下来。

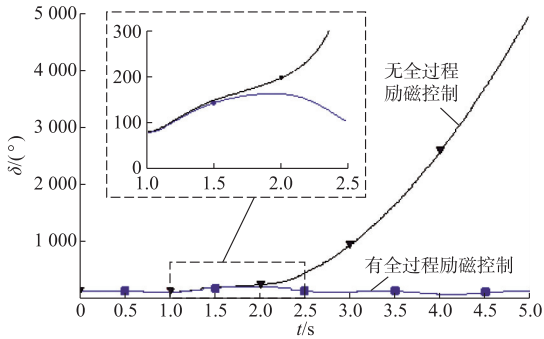


图 5 2 种情况下二滩电厂 6 号机的功角  
Fig.5 No.6 generator power-angle of Ertan power plant in two cases

图 6 为在全过程励磁控制作用下,二滩电厂 6 号机的发电机功角  $\delta$ 、机端电压  $V_t$ 、励磁电压  $E_{rd}$  和有功功率  $P$  的波形图。为了便于观察,将机端电压和励磁电压放大 100 倍,有功功率放大 10 倍。图中除功角外,其余各值的单位均为标么值。

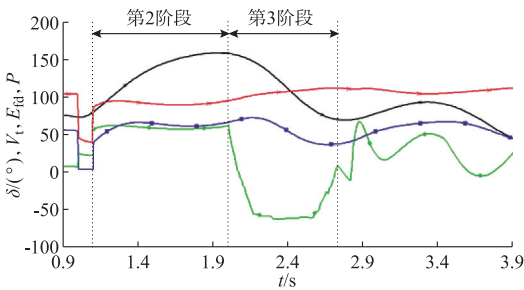


图 6 有全过程励磁控制时发电机各变量的波形  
Fig.6 Waveforms of generator variables under whole process excitation control

从图 6 可以看出,强行励磁一直持续到发电机功角摆动到最大值,随后功角开始减小,励磁电压迅速降低,减磁一直持续到功角几乎达到最小值时。

图 7 为在有无全过程励磁控制 2 种情况下,二滩 6 号机的机端电压的对比图。在常规 AVR+PSS 控制方式下,故障后机端电压的波动幅值较大,不易稳定;而增加全过程励磁控制后,摆动幅值显著减小,并且能够很快恢复到故障前的水平。图 8 为川渝断面上的一条 500 kV 联络线(川洪沟—渝板桥)的功率波动。由此可以看出,增加全过程励磁控

制装置能改善二滩水电机组的送出能力。

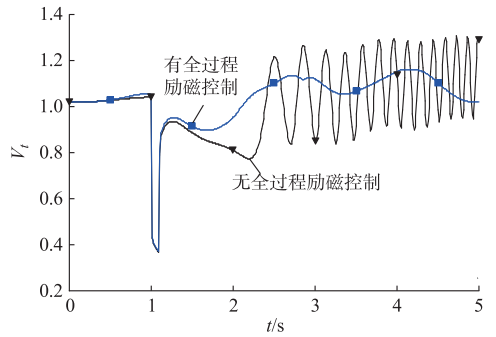


图 7 2 种情况下二滩 6 号机的机端电压  
Fig.7 No.6 generator terminal voltage of Ertan power plant in two cases

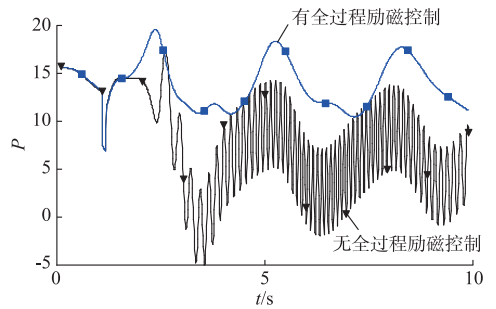


图 8 2 种情况下川渝联络线的有功功率  
Fig.8 Active power of Sichuan-Chongqing tie line in two cases

### 3.2 特高压交流线附近故障

鄂斗笠—鄂龙泉 500 kV 交流线上发生 N-3 故障,特高压线路低电压保护闭锁,0.38 s 后线路重合。鄂荆门母线低电压保护动作定值为 0.6,穿越时间定值为 0.2 s;晋长治母线低电压保护动作定值为 0.58,穿越时间定值为 0.2 s。在无全过程励磁控制装置的情况下,鄂荆门母线低电压穿越时间为 2.06 s,晋长治母线低电压穿越时间为 1.55 s,均大于保护定值,如图 9 和图 10 所示,从而导致特高压交流线路解列。

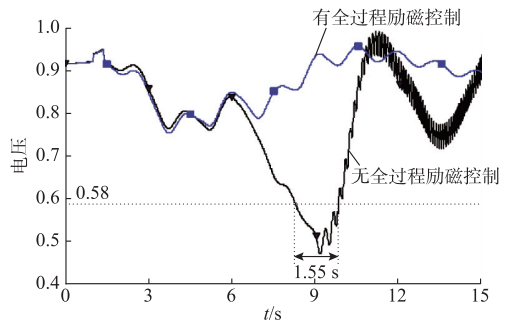


图 9 晋长治母线电压在 2 种情况下的对比  
Fig.9 Bus voltage comparison of Shanxi-Changzhi in two cases

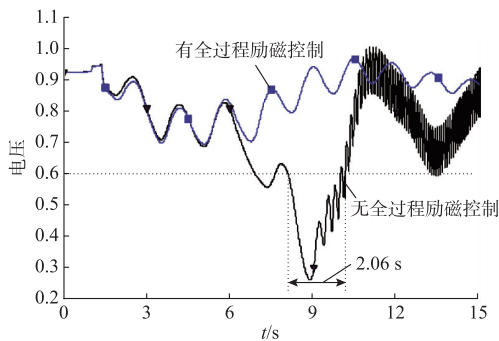


图 10 鄂荆门母线电压在 2 种情况下的对比  
Fig.10 Bus voltage comparison of Hubei-Jingmen in two cases

在这种大扰动模式下华北—华中电网的主要振荡频率和阻尼比如表 1 所示。

表 1 大扰动模式下华北—华中振荡阻尼比  
Table 1 Damping ratio of a large disturbance mode in North China-Central China

频率/Hz	阻尼比%
0.136 75	6.129
1.999 25	30.309
0.787 07	23.010
0.530 11	8.390

从表 1 中可以看出,振荡模式呈现强阻尼,电压稳定是造成联络线解列的主要矛盾,很难通过 PSS 参数优化得到解决。

由于在四川电网有瀑布沟等大型水电机,四川电网与大区电网的运行方式更加密切相关,所以在瀑布沟、二滩、方山和金堂电厂装设五阶段励磁控制装置。

图 9 和图 10 为有无全过程励磁控制 2 种情况下特高压联络线两侧母线电压的对比,图 11 为晋长治侧有功功率的对比。

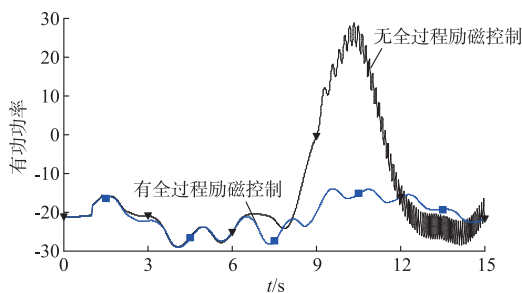


图 11 晋长治有功功率在 2 种情况下的对比  
Fig.11 Active power comparison of Shanxi-Changzhi in two cases

由上述分析可以发现特高压交流线的电压得到了明显提高,不仅能躲过低电压保护,而且能更快进入稳定状态。有功功率的摆动幅度和摆动时间也降

低。这说明在四川电网内的主要送出机组上装设全过程励磁控制装置,能有效解决特高压线路附近大扰动故障带来的解列隐患,提高系统的暂态稳定水平。

## 4 结语

全过程励磁控制原理简单且便于工程应用,是一种短期内能快速实现而又经济有效的办法。本文研究和改进了全过程励磁控制策略,基于 PSASP 建立了全过程励磁控制模型并用于实际大电网中的多台机组,在不同故障情况下的仿真表明,全过程励磁控制能够有效抑制系统在故障后的振荡幅值和时间,提高电力系统的暂态稳定性。

需要指出,实际应用时还必须考虑全过程励磁控制与过电压限制和保护的协调配合,同时与变压器的差动保护进行协调配合,确保差动保护不会因为励磁电流的增加而动作。还可以设置一个输入信号动作死区,防止正常机组扰动试验和电压互感器断线时的装置误动;并设置连续动作次数,避免复杂故障中发电机的频繁强行励磁。

附录见本刊网络版 (<http://www.aeps-info.com/aeps/ch/index.aspx>)。

## 参考文献

- [1] MIKI, TETSUSHI. The effect assessment method of excitation systems on transient stability of power systems[C]// The 2004 47th Midwest Symposium on Circuits and Systems, July 25-28, 2004: 293-296.
- [2] KUNDUR P. 电力系统稳定与控制[M].北京:中国电力出版社, 2002.
- [3] 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.
- [4] 兰洲, 甘德强, 倪以信. 跟踪 COI 思想应用于多机系统励磁控制[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(17): 14-18.  
LAN Zhou, GAN Deqiang, NI Yixin. COI-tracking concept for excitation control in multi-machine power systems [J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(17): 14-18.
- [5] 余涛, 沈善德, 李东海, 等. 汽轮发电机组汽门开度和励磁系统的自抗扰综合控制[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(3): 36-41.  
YU Tao, SHEN Shande, LI Donghai, et al. Nonlinear coordinated auto-disturbance-rejection governor and excitation controller for synchronous generators [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(3): 36-41.
- [6] 戚军, 江全元, 曹一家. 一种简单实用的分散非线性励磁控制方法[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(20): 32-36.  
QI Jun, JIANG Quanyuan, CAO Yijia. A simple and practical decentralized nonlinear excitation control method [J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(20): 32-36.
- [7] 刘世宇, 谢小荣, 张东辉, 等. 附加励磁阻尼控制对励磁系统常规功能的影响[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(7): 6-10.

- LIU Shiyu, XIE Xiaorong, ZHANG Donghui, et al. Influence of supplementary excitation damping control on regular functions of excitation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(7): 6-10.
- [8] 阮阳,袁荣湘.采用输出反馈方式的电力系统非线性励磁控制[J].中国电机工程学报,2011,31(34):68-76.  
RUAN Yang, YUAN Rongxiang. Output feedback based nonlinear excitation control for power systems[J]. Proceedings of the CSEE, 2011, 31(34): 68-76.
- [9] 赵霞,周家启,胡小正,等.暂态稳定性分析中的确定性方法和概率性方法[J].电力系统自动化,2006,30(2):100-103.  
ZHAO Xia, ZHOU Jiaqi, HU Xiaozheng, et al. Deterministic and probabilistic approaches in transient stability studies[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(2): 100-103.
- [10] 赫卫国,赵大伟,吕宏水,等.附加励磁阻尼控制器与励磁系统常规功能间的相互影响[J].电力系统自动化,2011,35(12):89-94.  
HE Weiguo, ZHAO Dawei, LÜ Hongshui, et al. Mutual influence between supplementary excitation damping control and regular functions of excitation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(12): 89-94.
- [11] CHU Liu, ANDREW Y. Transient stability improvement using discrete excitation control[C]// Proceedings of IEEE 11th International Conference on Research, Development and Application in Electrical and Electronic Engineering, 1984.
- [12] 李兴源,刘取,高景德.多机电力系统再同步附加断续控制[J].中国电机工程学报,1991,11(4):9-12.  
LI Xingyuan, CHU Liu, GAO Jingde. Supplementary discrete control for generator resynchronization in multimachine systems[J]. Proceedings of the CSEE, 1991, 11(4): 9-12.
- [13] BAYNE J P, KUNDUR P, WATSON W. Static exciter control to improve transient stability[J]. IEEE Trans on Power Apparatus and Systems, 1975, 94(4): 1141-1146.
- [14] JR C L. Test results for transient excitation boosting at Grand Coulee[J]. IEEE Trans on Energy Conversion, 1991, 6(3): 367-372.
- [15] TAYLOR C W, MECHENBIER J R, MATTHEWS C E. Transient excitation boosting at Grand Coulee Third Power Plant[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1993, 8(3): 1291-1298.
- [16] OSBURA G D, LENNON C A. Transient excitation boosting at grand coulee third power plant[J]. IEEE Trans on Energy Conversion, 1992, 7(2): 289-294.
- [17] 刘取,马维新,秦荃华,等.发电机励磁附加断续控制对提高电力系统暂态稳定性的研究[J].清华大学学报:自然科学版,1980,20(3):43-51.  
LIU Qu, MA Weixin, QIN Quanhua, et al. A study of discrete supplementary excitation control of synchronous generators for improving transient stability [J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 1980, 20(3): 43-51.
- [18] 孙静,李兴源,刘红超.同步发电机再同步的模糊控制器研究[J].中国电机工程学报,2002,22(9):30-33.  
SUN Jing, LI Xingyuan, LIU Hongchao. Study of fuzzy controller of realizing resynchronization of generators [J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22(9): 30-33.
- [19] 罗纯坚,熊秀文,王冠.华中电网2010~2011年安全稳定计算分析[J].华中电力,2009,22(2):32-34.  
LUO Chunjian, XIONG Xiwen, WANG Guan. Central China power grid from 2010 to 2011 security and stability analysis [J]. Central China Power, 2009, 22(2): 32-34.

张 静(1988—),女,通信作者,硕士研究生,主要研究方向:发电控制与电网安全试验、发电机励磁。E-mail: zhjing90@foxmail.com

李志强(1978—),男,高级工程师,主要研究方向:电力系统实测建模、参数辨识及电磁场数值计算。E-mail: lizhiqiang@epri.sgcc.com.cn

何凤军(1965—),男,高级工程师,主要研究方向:电力系统实测建模及发电机励磁。E-mail: hfj1290@epri.sgcc.com.cn

(编辑 孔丽蓓)

## Impact of Whole Process Excitation Control on Power System Transient Stability

ZHANG Jing<sup>1</sup>, LI Zhiqiang<sup>1</sup>, HE Fengjun<sup>1</sup>, ZHAO Hongguang<sup>2</sup>, PU Jun<sup>1</sup>, LIU Qu<sup>1</sup>

(1. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China;

2. NARI Group Corporation (State Grid Electric Power Research Institute), Nanjing 211106, China)

**Abstract:** In order to fully tap the potential of the excitation system in improving the power system transient stability, the transient process five-stage excitation control strategy is studied and improved. Based on the power system analysis software package (PSASP), a whole process excitation control model is built and applied to multiple generators in the actual large-scale power system. Simulation analysis under different fault conditions in Sichuan power grid and Shanxi-Henan-Hubei ultra-high voltage (UHV) link near-end shows that the whole process excitation control can effectively reduce the first swing amplitude of the power-angle, and stabilize the grid voltage level. The whole process excitation control plays a positive role in the recovery process and is able to enhance the power system transient stability.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 51107122) and State Grid Corporation of China, Major Projects on Planning and Operation Control of Large Scale Grid (No. SGCC-MPLG001-2012).

**Key words:** transient process; excitation control; power system stability; simulation analysis