

继电保护与电力系统灾变防治

卢强, 董新洲

(清华大学电机系电力系统国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 分析了继电保护在电力系统灾变事故中所起的作用; 从灾变防治的角度对继电保护提出了要求; 探讨了围绕灾变防治的继电保护研究目标。

关键词: 电力系统; 灾变; 灾变防治; 继电保护

中图分类号: TM77; TM712 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)14-0001-05

0 引言

自 2003 年至今, 世界上相继发生了多起大停电事故, 典型的有发生在美国和加拿大的“8·14”大停电^[1], 发生在英国伦敦的“8·28”大停电^[2], 发生在意大利全境的“9·28”大停电^[3]。这些大停电事故的起因是偶然的、局部的, 但是, 由于现代互联电网的结构特点使得故障迅速蔓延, 并在相连的大电网形成连锁反应, 最终造成整个电网瘫痪, 导致灾难性的大面积停电——电力系统灾变事故发生。

电力系统灾变事故的后果是严重的, 主要表现为经济活动中断, 像工厂停产、列车停运、电梯停运、通信中断、供水供暖中断, “8·14”美加大停电造成的经济损失达 300 亿美元; 灾变也会造成严重的社会问题, 像病人不能得到救治、自动取款机不能取款、抢劫偷盗事件频发等, “8·14”美加大停电直接影响到约 5000 万人的正常生活^[1]。

各起灾变事故的起因和规模不同, 但具有共性, 集中表现为: 电力供给短缺、备用容量不足、输变电能力不足、设备陈旧老化、大系统稳定控制理论和技术不成熟、继电保护装置不正确动作等。

我国尚未发生像美加那样的电力系统灾变, 这是幸运的! 但是, 目前的电力形势也不容乐观。我国电力供求的现状是: 一方面, 电力发展迅猛, 三峡、二滩这样的大电厂相继建成投产, 西电东送、全国互联的格局已基本形成; 另一方面, 电力需求的增长快于电力供给的增长, 电力供需矛盾非常突出, 拉闸限电范围有增无减, 仅今年全国就有 24 个省级电网出现不同程度的电力紧张局面。这种情况导致所有的发、输、变电设备处于满负荷工作状态, 备用容量告

罄, 灾变之剑高悬, 各个部门都不可懈怠。能否避免灾变事故在我国重演, 是包括每个电力工作者在内的全国人民所共同关心的问题。事实上, 电力系统灾变防治是一项庞大的系统工程, 需要全社会的努力, 更是电力工作者义不容辞的责任。早在上个世纪 80 年代, 为防范恶性灾变事故, 我国制定了《电力系统安全稳定导则》^[4], 前几年又做了修订^[5]。《导则》明确了三类稳定性故障以及相应的技术措施——三道稳定防线。实践证明, 这三道防线是行之有效的灾变防治措施, 它是我国电网具备了承受大的电力系统扰动而不造成大面积恶性停电事故的重要保障。此外, 相比于欧美等发达国家, 我国电网一次系统一直比较薄弱, 为了让“弱”系统尽可能多地连续给用户提供电能, 二次继电保护与控制系统承担了更多的责任并采取了措施, 比如: 系统振荡中必须闭锁继电保护, 振荡过程中发生故障必须快速解锁等。这些措施为保证我国电网安全可靠运行发挥了重要作用。特别地, 我国政府于 1998 年设立了电力系统灾变防治重大基础研究课题 (973 课题)^[6], 参加项目研究的数十位电力专家和相关学科专家就此展开了深入广泛的研究, 并在大系统稳定控制理论研究等方面取得了丰硕的成果^[7-12]。因此, 只要防范措施得力, 技术准备充分, 有理由相信灾变事故不在我国出现。

毕竟, 灾变发生的危险依存, 我国电力系统各个部门、各个分支都必须为之努力工作才能够真正不让电力系统灾变发生。本文从防范电力系统安全稳定破坏的第一道防线——继电保护着眼, 分析了继电保护在电力系统灾变中所扮演的角色和在灾变防治中的作用, 为灾变防治中的继电保护提出了可能的研究方向。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50377019)

1 灾变中的继电保护

1.1 继电保护的积极作用

根据 2003 年夏天相继出现的美加“8·14”大停电、伦敦“8·28”大停电、意大利“9·28”大停电等三次大停电事故报告看,所有设备主保护的動作都是正确的,所有后备保护都未拒动。对于电力系统设备安全而言,这是一个令人满意的结果。设想发生了故障或出现严重过负荷的电力设备而未被保护动作切除,从而出现机毁人亡、进而出现大面积停电事故来看,已经发生的大停电事故还算不幸中的万幸,继电保护于此功不可没。

1.2 继电保护的消极作用

伦敦“8·28”大停电的直接原因就是继电保护误动作。该事故起因是反映变压器或电抗器故障的瓦斯继电器动作报警,调度人员下达了切除变压器的命令,之后出现了负荷转移,这个过程是符合规程的,正确无误。遗憾的是碰巧有一台过负荷继电器由于错误选型和接线(误把额定电流为 1A 的继电器当做 5A 的继电器应用于系统),而把正常的负荷波动误认故障从而切除了已经转移有重负荷的线路,之后引起了连锁反应,导致伦敦南部电网大面积停电。

1.3 对过负荷保护的思考

几乎所有大停电事故都与过负荷以及相应的过负荷保护有关,国内外许多专家也认为过负荷保护是灾变发生的罪魁祸首。作者认为这个评价是不公允的,本文就此问题分析如下。

由于过负荷而引起的美加“8·14”大停电是一个典型的例子。当时的主输电断面由 5 条线路组成。

该事故起因是由于一回线路过负荷导致导线发热、弧垂增大,进而造成短路故障,继电保护动作跳闸;之后,负荷转移到其它线路上又引起第二回线路过负荷,同样导线发热、弧垂增大,也造成故障并引起保护动作跳闸;剩余三回线路承担了全部电能传输任务,由于过负荷而引起保护动作跳闸,之后的过程就像雪崩一样迅速在系统蔓延。

由于过负荷而引起的意大利“9·28”大停电是另外一个例子,除过输电断面具有和美加电网有不同的线路回数(15回)之外,该事故的起因和发展和美加“8·14”大停电如出一辙。

该事故也是起因于一条线路过载发热、弧垂增大,引起短路跳闸;接着另外一条线路线路过载,由于减负荷处理不够及时,导致短路接地,保护亦动作

跳闸;其它线路过载导致过负荷保护动作,使得意大利电网丧失功角稳定,引发大面积停电。

从事故发展过程可以看到以下几点:

1) 负荷处于高峰状态、输电线路过载是“8·14”大停电的起因,也是事故发展的根本原因;

2) 正是由于过负荷造成第一、二回导线发热、弧垂增大以至于发生短路,主保护正确动作切除故障;

3) 正是由于过负荷长期不能消除,导致其它线路在过负荷保护作用下动作跳闸。

结合其它大停电事故不难发现^[3],过负荷保护动作是由于过负荷而造成的结果,不是原因;除过伦敦南部大停电外,过负荷保护的设置和动作本身是正确的,上述第 2) 条也充分说明了这一点。

2 灾变防治对继电保护的要求

根据近两年业已发生在国外的几起大停电事故和我国《电力系统安全稳定导则》,可以从灾变防治的角度对继电保护提出三点要求。

1) 可靠、快速、灵敏、有选择性地切除故障设备
继电保护可靠动作是电力系统安全稳定运行的前提,不管是发生了故障该动作而拒动、还是没有发生故障但保护误动,都有可能引发连锁性反应,引起灾变。只有可靠、快速、有选择性地切除故障设备才能有效防范局部故障发展成为灾变性的大面积停电事故。

2) 快速恢复因瞬时性故障或保护误动作造成的设备停运

从系统角度看,继电保护是一个开环系统。当保护电气量达到保护动作定值后,保护动作,而且这个动作是一次性的,不管对错,也不管故障切除后故障是否消失。重合闸恰恰是把保护动作、故障设备切除后的设备重新投入运行的另外一种保护技术。重合闸和继电器构成了有效切除真正的永久性故障设备的一个闭环控制系统。因此,重合闸技术是必要的,对于备用设备(发、输、变)容量不足的情况尤为重要。

尽管在实际电力系统中,重合闸的成功率很高,但是非常遗憾的是在所报道的这几次大停电事故中没有看到自动重合闸技术的贡献。

3) 扩大保护范围

把保护具体设备的思想引入系统;把继电保护的作用从第一道防线扩展到第二、三道防线;把保护范围从单个设备扩大到一个区域乃至整个电网;把

保护结果从切除故障或处于不正常运行状态的单个设备转变为切机、切负荷甚至系列设备。

现有继电保护主要针对单个设备构成,用俗话说讲,就是“头疼医头、脚疼医脚”,这样的保护理念对于保护单台设备进而达到保护整个电力系统的目的是重要的,但还不够。比如像“8·14”和“9·28”大停电,事故起因都是线路发生了接地故障,但真正的原因是线路过载发热导致导线软化、弧垂增大而造成的;故障线路切除后的其它线路过载是由于负荷总量与电源总量未减少,而输电线路备用容量不足造成的。因此,切除故障线路是必须的,但是仅仅通过切除过载设备只能加剧而不能解决输电容量不足的问题。

3 针对灾变的继电保护研究

根据灾变防治对继电保护的要求,今后的继电保护可以在以下几方面开展工作。

1) 提高继电保护的正确动作率

继电保护是一个只在故障发生或系统出现严重不正常运行状态时才动作的自动装置,它的作用后果会引起网络拓扑结构的变化,不管是正确动作与否,影响都很大,伦敦“8·28”大停电由于接线错误导致的保护误动作是一个深刻的教训。众所周知,我国目前线路保护的动率较高,而主设备保护的动率非常低下^[13],这是必须着力解决的一个问题。因为由于保护不正确动作引发大停电事故的原因并非只有线路保护。

2) 研究新型快速继电保护

快速切除故障可以有效减少故障造成的不平衡能量,从而为系统从故障前正常运行状态进入故障后稳定运行状态节约宝贵的时间。近年来国内外开展的行波保护和无通道保护研究是典型的快速继电保护例。

行波保护反映输电线路故障后所产生的暂态行波故障信息而构成^[14,15],可以分为行波距离保护、行波方向保护和行波差动保护等种类。行波保护不受CT饱和的影响、不反映电力系统振荡、不受过渡电阻影响、不受长线分布电容的影响,具有传统保护所不具有的优越性。由于行波保护利用故障初瞬所产生的暂态行波故障信息动作,不需要长时间窗等待故障数据,因此具有超高速动作性能。行波保护研究的重点应在于提高其动作的可靠性。

无通道保护是一种只使用单端电气量而能够构成线路全线速动或者全线相继速动的新型继电保护

方式。根据使用的电气量不同,可以分为暂态无通道保护(又称噪声保护)^[16,17]和工频无通道保护(或称相继速动保护)^[18~21],前者使用线路故障后所出现的高频暂态故障信息而动作;后者巧妙地利用线路健全相所传递的对端开关动作信息而动作。

3) 研究最优自动重合闸

防治电力系统灾变需要重合闸技术。但是盲目重合闸可能成功、也可能失败。重合成功皆大欢喜、重合不成功不仅不能阻止故障发展,而且由于第二次的故障冲击会对事故发展起到“推波助澜”的作用。

最优自动重合闸是指能自动识别瞬时与永久故障、能自动检同期、能在最佳时刻重合的自适应重合闸技术。

瞬时与永久故障识别原理最早于1984提出^[22],它主要针对单相重合闸,其核心思想是瞬时故障一般伴随着故障电弧,当开关动作切除故障线路后,电弧会熄灭,接地相由于电容耦合和互感作用产生较高电压;对于永久性故障,故障点无电弧,接地相电压较低,据此可以判别瞬时与永久性故障。该技术如何推广到三相重合闸是需要进一步研究的问题。

而最佳重合闸时间的概念是针对永久性故障提出来的^[23],当无法判断故障是永久性还是瞬时性的时候,按照所提出的重合时间重合只会阻尼系统振荡而不会加剧系统振荡。

采用最优重合闸后,瞬时性故障对系统几乎无影响,而永久性故障的重合也不会加剧系统振荡。

4) 深入研究和充分利用二次扰动信息用以改善继电保护性能

正常运行的电力系统发生了故障,这是一次扰动;故障可能在同一地点或不同地点(甚至区内外互换)发展成为转换性故障,也可能由于断路器动作跳闸引起网络结构变化和潮流突变,引起其它正常运行设备继电保护的不正确动作(不一定是过负荷),这是二次扰动^[24]。二次扰动不同于一次扰动和复故障,因为二次扰动从时间上发生在后,它可以被认为是一个继发性的复故障。已有的继电保护主要针对一次扰动,对二次扰动虽然已经有初步研究和应用,像逆功率保护^[25]、无通道保护等,但是总体来讲研究还不够深入,比如再一次扰动下能够正确动作的继电保护在二次扰动下就不正确^[26,27]。深入研究二次扰动并提取、利用二次扰动信息有可能从根本上改善继电保护性能,甚至对于因故障切除

线路后的负荷转移、保证过负荷保护的正确动作都有一定的帮助作用。

5) 开展大电网安全保护研究

根据安全稳定导则的划分,继电保护是防范第一类稳定性故障的第一道防线。事实上,继电保护在整个故障发展过程中都在起作用,既用于防范可能出现的新故障,又用于防范切机切负荷过程(第二类故障)和系统处于孤岛运行过程中(第三类故障)可能出现的低频、低压、过负荷。

电力系统安全保护系统(EP-SSPS)正是针对第二、三道防线而提出来的新型保护方式^[28],它分为有功平衡保护系统和无功平衡保护系统两个子系统。其基本思想是首先要保证系统的功率平衡,然后根据各个设备所具有的备用容量大小决定系统控制方式,包括切机和切负荷。它们的保护范围不是一个具体设备而是一个区域甚至整个电力系统,它们的动作后果不是切除故障或过载的电力设备(这个任务仍旧由现有继电保护来完成),而是根据全局的情况决定切除哪些发电机或负荷。它需要把一个系统的信息实时、快速地收集到一起并加以处理判断,这在计算机技术和网络通信技术广泛应用之前是不可思议的。但在现代计算机技术和网络通信技术飞速发展的今天,完全可能变成现实。

国外提出的类似的电力系统安全保护系统有系统保护(SP)和广域保护(WAPS)等,这里不再一一赘述,感兴趣的读者可以参见文献^[29,30]。

4 结论

从防治灾变事故的角度出发,分析了业已发生了的灾变事故的电力系统继电保护的工作状况,对继电保护提出了要求,主要结论如下:

1) 继电保护在已经发生了的灾变事故中动作是基本正确的;保护的不正确动作可能引发严重的灾变事故。

2) 防治灾变需要进一步挖掘继电保护的潜力,包括研制更快速的继电保护、研制最优自动重合闸技术等。

3) 深入研究二次扰动—包括继发性复故障和由于断路器动作引起的网络拓扑变化;根据二次扰动信息改善现有继电保护的動作性能。

4) 建立在计算机技术、网络通信技术基础之上的电力系统安全保护系统有可能在今后的灾变防治中发挥积极作用。

参考文献:

- [1] 郭永基. 加强电力系统可靠性的研究和应用——北美东部大停电的思考[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(19): 1-5.
GUO Yong-ji To Focus on Improving Power System Reliability——A Pondering over the East North-America Major Blackout[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(19): 1-5.
- [2] 唐葆生. 伦敦南部地区大停电及其教训[J]. 电网技术, 2003, 27(11): 1-5.
TANG Bao-sheng Blackout in South of London and Its Lessons[J]. Power System Technology, 2003, 27(11): 1-5.
- [3] 甘德强, 胡江溢, 韩祯祥. 2003年国际若干停电事故思考[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(3): 1-4.
GAN De-qiang, HU Jiang-yi, HAN Zhen-xiang Thoughts on Several Blackout Abroad in 2003[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(3): 1-4.
- [4] 电力工业部. 电力系统安全稳定导则[M]. 北京: 电力工业出版社, 1981.
Ministry of Electric Power Industry. Code for Safety and Stability of Power System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1981.
- [5] DL 755-2001, 电力系统安全稳定导则[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
DL 755-2001, Code for Safety and Stability of Power Systems[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [6] 卢强. “我国电力大系统灾变防治和经济运行的重大科学问题的研究”项目简介[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(1): 6.
LU Qiang Introduction of “Basic Research on Vital Scientific Problem with Collapse Prevention and Optimal Operation of Large-scale Power Systems”[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(1): 6.
- [7] 卢强, 梅生伟. 现代电力系统灾变防治和经济运行若干重大基础研究[J]. 中国电力, 1999, 32(10): 25-28.
LU Qiang, MEI Sheng-wei Vital Research on Collapse Prevention and Optimal Operation of Modern Electric Power Systems[J]. Electric Power, 1999, 32(10): 25-28.
- [8] 胡伟, 梅生伟, 卢强, 等. 多机系统的非线性自适应分散稳定控制[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(21): 7-10.
HU Wei, MEI Sheng-wei, LU Qiang, et al Nonlinear Adaptive Decentralized Stabilizing Control of Multimachine Systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(21): 7-10.
- [9] 卢强, 梅生伟, 申铁龙, 等. 非线性 H_∞ 励磁控制器的递推设计[J]. 中国科学 E辑, 2000, 30(1): 70-78.
LU Qiang, MEI Sheng-wei, SHEN Tie-long, et al Re-

- cursive Design of Nonlinear H_∞ Excitation Controller [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24 (1): 7-11.
- [10] 杨卫东,徐政,韩祯祥. 电力系统灾变防治系统研究的现状和目标 [J]. 电力系统自动化, 2000, 24 (1): 7-11.
YANG Wei-dong, XU Zheng, HAN Zhen-xiang Review and Objective of Research on Power System Collapse Prevention [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24 (1): 7-11.
- [11] 杨卫东,徐政,韩祯祥. 电力系统灾变防治研究中的一些问题 [J]. 电力系统自动化, 2000, 24 (6): 7-12
YANG Wei-dong, XU Zheng, HAN Zhen-xiang Some Problems in the Research of Power Systems Collapse Prevention [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24 (6): 7-12
- [12] 薛禹胜. 现代电网稳定理论和分析技术的研究方向 [J]. 电力系统自动化, 2000, 24 (7): 1-6
XUE Yu-sheng Proposed Research on Stability Theory and Analysis Techniques for Modern Power Systems [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24 (7): 1-6
- [13] 王维俭. 元件保护正确动作率长期偏低问题的我见 [J]. 继电器, 1998, 26 (1): 7-11.
WANG Wei-jian My Viewpoint about the Long-term Lower Correct Operation Rate of Unit Protection [J]. Relay, 1998, 26 (1): 7-11.
- [14] DONG Xin-zhou, Bo Z Q, Yao L X. Novel Directional Comparison Protection Based on Travelling Waves [A]. Proceedings of 8th DPSP. Amsterdam: 2004. 92-99.
- [15] DONG Xin-zhou, GE Yao-zhong, HE Jia-li. Surge Impedance Relay [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2004, 19.
- [16] Johns A T, Aggarwal R K, Bo Z Q. A Novel Non-unit Protection Technique for EHV Transmission Systems Based on Fault-generated Noise, Part ——Signal Measurement, Part ——Signal Processing [J]. Proceedings——Gemer, Transm and Distrib, 1994, 141 (2): 133-147.
- [17] Bo Z Q. A New Non-communication Protection Technique for Transmission Lines [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1998, 13 (4): 1073-1078
- [18] 刘沛, 陈德树, 彭华. 微机全线相继距离保护的理论和动模试验研究 [J]. 中国电机工程学报, 1991, 11 (3): 58-57.
LU Pei, CHEN De-shu, PENG Hua Theory and Dynamic Test Research of Microcomputer Based All-relay Protection [J].
- [19] 施慎行, 董新洲, 刘建政, 等. 配电线路无通道保护研究 [J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (6): 31-34.
SHI Shen-xing, DONG Xin-zhou, LIU Jian-zheng, et al Non-communication Protection for Power Lines in Distribution System [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (6): 31-34.
- [20] Bo Z Q. Adaptive Non-communication Protection Technique for Power Lines——Scheme, Delayed Operation [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2002, 17 (1).
- [21] Bo Z Q, DONG Xin-zhou, Ben C, et al. Millar Adaptive Non-communication Protection of Double Circuit Line Systems [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2003, 18 (1): 43-49.
- [22] 葛耀中. 单相重合闸过程瞬时与永久故障的判别方法 [J]. 西安交通大学学报, 1984, (2).
GE Yao-zhong Simultaneous and Permanent Fault Distinguishing Method for Single-phase Reclosure [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 1984, (2).
- [23] 张保会, 袁越, 薄志谦. 最佳重合闸时间及其整定计算 [J]. 中国电力, 1995, 28 (2): 12-16
ZHANG Bao-hui, YUAN Yue, BO Zhi-qian The Optimal Reclosure Time and Its Setting Calculation [J]. Electric Power, 1995, 28 (2): 12-16
- [24] 董新洲, 苏斌, 施慎行. 二次扰动信息及其在继电保护中的应用 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (2): 21-25.
DONG Xin-zhou, SU Bin, SHI Shen-xing Secondary Disturbance Information and Its Applications in Relay Protection [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (2): 21-25.
- [25] 南瑞继电电气有限公司. RCS-901A/B型超高压线路成套保护装置 [Z]. 2002
NARI Relay Electric Co., Ltd. RCS-901 A/B Protection Relays for Extra High Voltage [Z]. 2002
- [26] SU Bin, DONG Xin-zhou, SUN Yuan-zhang. Impact of Evolving Fault on Fault Phase Selector Based on Differential Superimposed Phase Currents [A]. Power Engineering Society General Meeting, IEEE 2002 2140-2144.
- [27] 施慎行, 董新洲, 周双喜, 等. 转换性故障下无通道保护动作性能分析 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (11): 6-8.
SHI Shen-xing, DONG Xin-zhou, ZHOU Shuang-xi, et al Performance Analysis of Adaptive Non-communication Relay Protection Operation under Evolved Fault Condition [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (11): 6-8
- [28] 陈德树. 大电网安全保护技术初探 [J]. 电网技术, 2004, 28 (9): 14-17.
CHEN De-shu Preliminary Research on Security Protection Technology of Large Scale Power Grid [J]. Power System Technology, 2004, 28 (9): 14-17.

(下转第 64 页 continued on page 64)

零逼近,可以省去测量补偿电流的互感器,使电路大为简化;仿真结果也证明,该方法与检测负载电流运行方式相比,避免了谐振问题,可准确跟踪负载谐波电流,使电源电流趋于正弦,有效的治理电网谐波。

参考文献:

- [1] Akagi H. New Trends in Active Filters for Power Conditioning[J]. IEEE Trans on Industry Applications, 1996, 32(6): 1312-1322
- [2] Akagi H, et al Instantaneous Reactive Power Compensations Comprising Switching Devices without Energy Storage Components[J]. IEEE Trans on Industry Applications, 1984, 20(3): 625-630
- [3] 王兆安,杨君,刘进军. 谐波抑制和无功功率补偿[M]. 北京:机械工业出版社, 1998

WANG Zhao-an, YANG Jun, LU Jin-jun Harmonic Suppression and Reactive Power Compensation[M]. Beijing: China Machine Press, 1998

- [4] 李建林,张仲超. 有源电力滤波器控制策略综述[J]. 电力建设, 2003, 24(6): 44-46
- LI Jian-lin, ZHANG Zhong-chao Summarization of Control Strategy on Active Power Filter[J]. Electric Power Construction, 2003, 24(6): 44-46

收稿日期: 2004-11-01; 修回日期: 2004-11-27

作者简介:

谭光慧(1979-),男,硕士研究生,研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用; E-mail: gh_tan@163.com

纪延超(1962-),男,教授,博导,从事电力电子技术在电力系统中的应用、FACTS等研究工作。

A new control method for parallel active power filter based on harmonics current approaching to zero

TAN Guang-hui, JI Yan-chao

(Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: This paper presents a new method of an active power filter on source harmonics current approaching to zero. Working on source current detecting control mode, a close-loop system is formed. The harmonic current can be obtained based on instantaneous reactive power theory, and the current hysteresis PWM controller is applied directly to control the main circuit, which can reach the conclusions that the source harmonics current approaches to zero and harmonic suppression is gained. Simulation results show that this method can track inverter accurately to make the source current sinusoidal and achieve dynamic compensation. The principle is clear and the control simple.

Key words: active power filter; harmonic suppression; hysteresis control; instantaneous reactive power theory

(上接第 5 页 continued from page 5)

- [29] Tan J C, Crossly P A, Hall I J, et al Intelligent Wide Area Back-up Protection and Its Role in Enhancing Transmission Network Reliability [J]. Proceedings of 7th DPSP. Amsterdam: 2004. 46-49.
- [30] Karlsson D, Ilar F, Crossley P A. System Protection Schemes in Power Networks: Existing Installations and Ideas for Future Developments [J]. Proceedings of 7th DPSP. Amsterdam: 2004. 450-453.

收稿日期: 2005-06-02

作者简介:

卢强(1936-),男,教授,博士生导师,中国科学院院士, IEEE Fellow. 研究方向为电力系统控制和非线性系统理论; E-mail: Luqiang@tsinghua.edu.cn

董新洲(1963-),男,教授, IEEE 高级会员,研究方向为电力系统继电保护。E-mail: xzdong@tsinghua.edu.cn

Protective relaying and electric power system collapse prevention

LU Qiang, DONG Xin-zhou

(State Key Laboratory of Electric Power System & Department of Electrical Engineering,

Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: This paper focuses on the effect of protective relaying in power system in case of collapses. In view of collapse prevention, a series of requirements concerning protective relaying have been proposed. Based on the requirements, new research direction of protective relaying applied in collapse prevention is also discussed.

Key words: electric power system; collapse; collapse prevention; protective relaying