电网技术 2011, 35(7) 71-75 DOI: ISSN: 1000-3673 CN: 11-2410/TM

电力系统

交直流系统中低频减载与负荷恢复的静态优化算法

李生虎，贾树森，孙莎莎

合肥工业大学 电气与自动化工程学院，安徽省 合肥市 230009

摘要：

电网有功缺额将将引起系统频率下降，由调整效果较快的低频减载和效果较慢的调速器相互配合恢复频率。现有静态减载算法一般同时考虑这两种调节方式，造成减载量较小，使频率恢复速率较小，系统处于低频的时间也相应拉长。本文基于两种调频方式在调整效果上的显现顺序，在算法上将频率控制过程分为两个静态阶段，即不考虑调速器效果的低频减载阶段、调速器投入及随后的负荷恢复阶段，采用计及系统潮流约束的非线性优化算法分别在交流系统和交直流混合系统中求解。第一个阶段，不考虑调速器则增加了减载量，有利于频率快速恢复；交直流系统中，电压源变流器近似瞬时的调节特性，又使减载量比纯交流系统的减载量稍低。第二个阶段，结合调速器调节效果，将该算法应用于负荷恢复量的计算。

关键词： 低频减载 调速器 负荷恢复 最优潮流 多端直流输电系统

A Static Optimization Algorithm of Underfrequency Load Shedding and Load Recovery for AC/DC Power Systems

LI Shenghu, JIA Shusen, SUN Shasha

School of Electrical Engineering and Automation, Hefei University of Technology, Hefei 230009, Anhui Province, China

Abstract:

The active power deficiency in power systems possibly cause frequency drop, and is restored by fast response of under-frequency load shedding and slow response of governors of the synchronous generators. Exsiting steady-state load sheding models consider these two adjustments measures simultaneously, whicl yields less load curtailment and prolongs frequency recovery process. In this paper, based on the response speeds, two stages are defined for frequency control process, i.e. the under-frequency load shedding without the governor control, and the governor control together with the subsequent load recovery. Nonlinear optimization with operational constraints of the AC and hybrid AC/DC power system is applied. At the first stage, more load curtailment ignoring the gonover control helps to restore the frequency, while the instantaneous response of the voltage source converter decreases the load curtailment. At the second stage, the load recovery is quantified together with the governors' performance.

Keywords: under-frequency load shedding governor load recovery optimal power flow multi-terminal HVDC (MTDC) power transmission system

收稿日期 2010-10-25 **修回日期** 2010-12-24 **网络版发布日期** 2011-07-11

DOI:

基金项目:

新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-08-0765)；国家自然科学基金项目(50707006)。

通讯作者: 李生虎

作者简介:

作者Email: shenghuli@hfut.edu.cn

参考文献：

[1] 熊小伏，周永忠，周家启．计及负荷频率特性的低频减载方案研究[J]．中国电机工程学报，2005，25(19)：48-51． Xiong Xiaofu，Zhou Yongzhong，Zhou Jiaqi．Study of under-frequency load shedding scheme based on load frequency characteristics[J]．Proceedings of the CSEE，2005，25(19)：48-51(in Chinese)． [2] Girgis A A，Peterson W L．Adaptive estimation of power system frequency deviation and its rate of change for calculation sudden power system overloads[J]．IEEE Trans on Power

Delivery，1990，15(2)：585-592． [3] Mohd Z A，Hafiz H A，Wong W K．Static and dynamic under-frequency load shedding a comparison[C]//International Conference on Power System Technology Powercon．Singapore：IEEE，2004：941-945． [4] Delfino B，Massucco S，Morini A，et al．Implementation and comparison of different under frequency load-shedding schemes[C]// IEEE Power Engineering Society Summer Meeting．Geneva，Italy：IEEE，2001：307-312． [5] Mitchell M A，Pecas L J，Fidalgo J N，et al．Using a neural network to predict the dynamic frequency response of a power system to an under-frequency load shedding scenario[C]//Power Engineering Society Summer Meeting．Seattle，WA：Power Engineering Society and Institute of Electrical and Electronics Engineers，2000：346-351． [6] Pecas J A，Wa W C，Proenca L M．Genetic algorithms in the definition of optimal load shedding strategies[C]//International Conference on Electric Power Engineering．Budapest：IEEE，1999：154． [7] 王葵，潘贞存．一种新型低频减载方案的研究[J]．电网技术，2001，25(12)：31-33． Wang Kui，Pan Zhencun．A new load shedding scheme for limiting underfrequency[J]．Power System Technology，2001，25(12)：31-33(in Chinese)． [8] 秦明亮，杨秀朝．减少低频减载方案过切的措施研究[J]．电网技术，2002，26(3)：83-86． Qin Mingliang，Yang Xiuchao．Measures to reduce over-shedding caused by under-frequency load shedding project[J]．Power System Technology，2002，26(3)：83-86(in Chinese)． [9] 林湘宁，李正天，薄志谦，等．适用于微网孤岛运行的低频减载方法[J]．电网技术，2010，34(3)：16-20． Lin Xiangning，Li Zhengtian，Bo Zhiqian，et al．An under-frequency load shedding method adaptive to the islanding operation of micro-grids[J]．Power System Technology，2010，34(3)：16-20(in Chinese)． [10] 解大，何恒靖，常喜强，等．计及同调分区和全局优化的电力系统低频减载方案[J]．电网技术，2010，34(6)：106-112． Xie Da，He Hengjing，Chang Xiqiang，et al．An approach to design power system underfrequency load shedding scheme taking coherent area and global optimization into account[J]．Power System Technology，2010，34(6)：106-112(in Chinese)． [11] Xu J，Qi W，Wang L，et al．Study of load shedding procedure for power system voltage stability[C]//Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference．Cheng Du，China：IEEE Power & Energy Society(PES)，2010：1-4． [12] 李秀卿，蔡泽祥．电力系统低频减载控制优化算法[J]．电力系统自动化，1998，22(10)：23-25． Li Xiuqing，Cai Zexiang．An optimal algorithm of low frequency load shedding in power system[J]．Automation of Electric Power Systems，1998，22(10)：23-25(in Chinese)． [13] 赵强，王丽敏，刘肇旭，等．全国电网互联系统频率特性及低频减载方案[J]．电网技术，2009，33(8)：35-40． Zhao Qiang，Wang Limin，Liu Zhaoxu，et al．Study on dynamics frequency characteristics and coordinative under-frequency load shedding scheme for nationwide interconnected power grid of China[J]．Power System Technology，2009，33(8)：35-40(in Chinese)． [14] 江全元，耿光超．含高压直流输电系统的内点最优潮流算法[J]．中国电机工程学报，2009，29(25)：43-44． Jiang Quanyuan，Geng Guangchao．Interior-point optimal power flow with the high voltage direct current transmission system[J]．Proceedings of the CSEE，2009，29(25)：43-44(in Chinese)． [15] Zhao C，Li L，Li G，et al．A novel coordinated control strategy for improving the stability of frequency and voltage based on VSC- HVDC[C]//International Conference on Deregulation and Restructuring and Power Technologies．Nanjing，China：Southeast University，2008：2202-2206． [16] 郑超，盛灿辉．含VSC-HVDC的交直流混合系统潮流统一迭代求解算法[J]．中国电力，2007，40(7)：65-69． Zheng Chao，Sheng Canhui．Uniform iterative power flow algorithm for systems equipped with VSC-HVDCs[J]．Electric Power，2007，40(7)：65-69(in Chinese)． [17] Du C，Ambra S，Math H J．Analysis of response of VSC-based HVDC to unbalanced faults with different control systems[C]//IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition：Asia and Pacific．Dalian，China：IEEE，2005：1-6． [18] 赵晋泉，王毅．一种模拟负荷动态恢复特性的连续潮流模型[J]．中国电机工程学报，2009，29(7)：59-63． Zhao Jinquan，Wang Yi．A novel continuation power flow model for simulation time-domain dynamic load restoration[J]．Proceedings of the CSEE，2009，29(7)：59-63(in Chinese)． [19] 周云海，闵勇．负荷快速恢复算法研究[J]．中国电机工程学报，2003，23(3)：74-79． Zhou Yunhai，Min Yong．Optimal algorithm for fast load recovery[J]．Proceedings of the CSEE，2003，23(3)：74-79(in Chinese)． [20] 蔡泽祥，刘昕．一种分析频率稳定性的快速算法[J]．电力系统及其自动化学报，1996，8(4)：23-29． Cai Zexiang，Liu Xin．An fast algorithms for analysis of frequency stability[J]．Proceedings of the CSU-EPSA，1996，8(4)：23-29(in Chinese)． [21] Reliability Test System Task Force．IEEE reliability test system[J]．IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems，1979，98(6)：2047-2054．

本刊中的类似文章

1．赵强 王丽敏 刘肇旭 卜广全.全国电网互联系统频率特性及低频减载方案[J]. 电网技术, 2009,33(8): 35-40
2．杨 波，赵遵廉，陈允平，韩启业.一种求解最优潮流问题的改进粒子群优化算法[J]. 电网技术, 2006,30(11): 6-10
3．程远楚|孙玉涵|叶鲁卿|徐德鸿 .利用水电机组水压反馈改善电力系统稳定性[J]. 电网技术, 2008,32(21): 52-57
4．苏 毅|张继红|王 文.变频调速系统及其在三河电厂扩建工程中的应用[J]. 电网技术, 2007,31(Supp2): 394-396
5．钱科军|袁 越|文学鸿.基于原－对偶内点法的复杂电力系统电压崩溃校正控制[J]. 电网技术, 2007,31(21): 27-31
6．黄宗君|晁 剑|李兴源|康 鹏.贵阳南部电网高频问题与超速保护器仿真研究[J]. 电网技术, 2007,31(15):

26-32
7. 张 强|韩学山|张元鹏|潘 珂|王明强.静态安全约束下基于分解最优潮流的最大输电能力计算方法[J]. 电网技术, 2006,30(23): 26-31
8. 武 诚|徐 政|潘武略|张 静.原动机与调速器建模和参数辨识的新进展[J]. 电网技术, 2007,31(Supp): 179-182
9. 顾承红，艾 芊.考虑电压稳定约束的最优潮流[J]. 电网技术, 2006,30(16): 29-34
10. 李 华|史可琴|范 越|牛拴保.电力系统稳定计算用水轮机调速器模型结构分析[J]. 电网技术, 2007,31(5): 25-28
11. 华 科|谢 开|郭志忠.采用直流和交流功率传输分布因子的输电权交易[J]. 电网技术, 2007,31(13): 71-74
12. 毛伟明|周 明|李庚银 .多时段下计及可中断负荷的电网输电阻塞管理[J]. 电网技术, 2008,32(4): 72-77
13. 马瑞，贺仁睦 .计及负荷静态电压特性的实时定价方法[J]. 电网技术, 2006,30(1): 9-13
14. 华 科|谢 开|郭志忠.混合输电权设计及其内点法实现[J]. 电网技术, 2007,31(21): 77-80
15. 赵炜炜 张建华 易俊 尚敬福 辛永 杨晓楠.改进的Manchester连锁故障模型及其应用[J]. 电网技术, 2009,33(11): 18-22
