

自动负荷控制系统在佛山电网中的应用

潘凯岩¹, 刘仲尧¹, 宋学清¹, 贺东明²

(1. 东方电子集团有限公司, 山东省烟台市 264000; 2. 广东电网佛山供电局, 广东省佛山市 528000)

摘要: 随着地区电网用电负荷的不断增长, 电网经常出现超计划用电或设备过载运行的情况。处理这种情况的传统方法是提前定义好错峰方案, 在负荷高峰时切除相对不重要的负荷, 但通常不能满足实时性的要求。文中针对佛山电网的实际情况开发了自动负荷控制系统, 给出了其设计思想及其分类。现场运行结果表明, 这种处理方法既可以满足实时性的要求, 又可以最大限度地使电网在安全稳定运行的基础上给用户供电。

关键词: 自动负荷控制; 错峰; 动态分区; 能量管理系统

中图分类号: TM761

0 引言

随着电力系统的发展和电网商业化运营的深入开展, 电力系统的调度和控制变得越来越复杂。在系统运行过程中, 经常会出现设备过负荷运行或超计划用电的情况, 对低频或低压的情况, 通常通过厂站的低频减载装置或低压减载装置切除负荷来保证系统的安全稳定运行^[1-2]。低频、低压自动减负荷是电网安全第三道防线的主要组成部分, 其特点是动作快速(如 0.2 s~0.3 s), 属紧急控制。也有文献^[3-5]按电力系统自动低频减负荷技术规定^[6]实现了在主站侧安装低频减载软件来达到减载的目的。

对于超计划用电情况, 目前采用较多的处理方法是事先定义好星期一至星期日各个区域及系统网供的错峰方案表, 在总加负荷超过计划负荷时, 按事先定义好的错峰表将需要切除的负荷手工下发遥控命令切除来达到减载的目的, 这种处理方法通常不能满足实时性的要求, 在需要切除大量负荷时, 也可能控错开关而不能保证供电的可靠性。

本文针对这种情况, 提出了在 SCADA/EMS 上开发自动负荷控制系统, 实现自动根据 EMS 数据库的定义和网络拓扑结果生成被监控对象的实时负荷(包括网供负荷、线路负荷、变电站供电负荷和主变负荷等)与负荷开关的动态对应关系, 根据被监控对象的实时负荷和需要减负荷量, 以及馈线负荷开关实时位置和当天(以星期为周期)的优先级设置等状态生成的适当的减负荷策略, 可以有效确保被监控对象在需要切除负荷时的运行安全性和供电可靠性。

1 佛山电网现状及特点

佛山供电局是广东电网公司下属的特大型供电局, 管辖的佛山地区电网覆盖禅城、南海、顺德、三水、高明 5 个区。至 2007 年底, 佛山供电局运行管理的 110 kV 及以上变电站 158 座, 地方上网电厂 19 座, 其中佛山地调直控的无人值班变电站 156 座。

至 2007 年底, 佛山供电局运行的无人值班变电站共有 220 kV 主变 46 台, 110 kV 主变 257 台。近年来, 随着用电负荷的增加, 部分 220 kV 变电站的主变负荷率均超过 80%, 属重载运行, 有时部分 220 kV 变电站内的主变负载率甚至超过 100%, 要实行限负荷运行; 110 kV 共有 50 台主变负荷都不能满足 N-1 运行, 其中部分 110 kV 变电站内的主变负荷率均超过 80%, 属重载运行。由此可以看出, 在夏季负荷和气温都较高的情况下, 特别是线路、主变 N-1 运行时, 很容易出现线路或主变过载的情况。在夏季温度较高情况下出现线路或主变过载等情况时, 在无法转移负荷的情况下, 通常需要迅速把主变负荷降下来, 而目前变电站没有主变过载自动减负荷等装置, 只能依靠集控调度员进行主变负荷切除的操作。为了保证供电可靠率, 通常不能直接断开主变开关, 只能适当切除部分负荷使主变负荷控制在要求范围内。如果集控调度员既要同时切除多个负荷开关又要监控整个佛山电网, 那么减少主变负荷的操作速度可能不能满足设备安全运行的要求, 因此迫切需要在 EMS 的基础上通过软件来实现负荷自动切除的功能; 同时, 佛山电网 SCADA/EMS 连续几年运行稳定, 各项功能均已通过地区电网调度自动化系统验收规范^[7], 因此具备在此基础上开发自动负荷控制的条件。

2 自动负荷控制的设计思想及分类

自动负荷控制采用自上至下的设计思想进行设计,监控对象包括网供负荷、控制区域负荷、厂站负荷、主变负荷、线路负荷、控制断面负荷等。

自动负荷控制的总控页面见附录 A 图 A1,在图中可以设置系统闭锁标志,网供、厂站、主变、线路总的投运标志,各子区域、厂站的投运标志,同时可以对全局控制参数、负荷优先级、用户手工切负荷等进行设置处理。具有以下一些特点:

1)控制模式:自动负荷控制提供了停止、开环提示不执行、开环确认执行、闭环提示执行等 4 种控制模式。如果设置为停止态,则不进行任何处理,如果设置为开环提示不执行,则在出现设备或对象过载时,仅给出控制策略,但不能下发遥控命令;如果设置为开环确认执行,则当有设备过载时,可以给出控制策略,如果用户在设定的延迟时间内进行确认操作,则将预控制的开关集合下发给 SCADA 控制服务器,由控制服务器将相应的开关控分,达到负荷切除的要求,如果在设定的延迟时间内没有响应策略,则本次策略无效,继续进行监视等待下一次命令的执行;如果设置为闭环提示执行,则当有设备过载时,可以给出控制策略,如果用户在规定的时间内没有取消策略执行请求,则直接将控制命令下发给 SCADA 控制服务器,由控制服务器完成相应的控制请求。

2)负荷优先级:在确定各类监控对象所包含的负荷时,首先需要对负荷的优先级进行设置,在负荷优先级设置中,按负荷所属对象可以分别对网供优先级、厂站优先级、主变优先级、线路优先级分别进行星期一至星期日不同日期的优先级设置,优先级低的负荷优先切除。

3)安全性:为了避免程序发生误判,用户可以设置单次最大切除负荷及单次切除的最大开关数来限制每次策略执行时切除的负荷量。

4)人工启动执行模式:自动负荷控制后台周期检测各类对象如网供、区域等是否过载,如果过载则给出相应的控制策略,同时,用户还可以人工启动负荷切除处理,见附录 A 图 A2,用户可以选择减载对象并输入相应的负荷切除量,自动负荷控制服务器可根据用户给出的请求给出相应的控制策略。

5)有功电流转换系数:一般来说,10 kV 负荷通常只配电流采集量,这样如果用户输入的切除负荷的量纲为有功,则需要通过有功电流转换系数将需切除的功率转换为需切除的电流值。转换公式为:

$$P=\sqrt{3}UI\cos\varphi \quad (1)$$

定义

$$K_{IP}=\sqrt{3}U\cos\varphi \quad (2)$$

为有功电流转换系数,对具体每个站,用户可以修改此转换系数值。

6)负荷优选:在切除负荷时,通常按用户设置的负荷优先级从大到小切除(设置的数值越大,表示负荷的优先级越高),如果部分负荷优先级设置相同,则会选择与实际切除的负荷量最接近的一组负荷组合进行切除。

7)并发控制:一般来说,每次策略给出的切除的开关数会达到几十个甚至上百个,为了快速将开关切掉,处理中采用了不同站之间并发控制处理,同一个站顺序控制处理的方式,即下发控制命令时,站与站之间并行处理,这样可以大大提高处理速度。

8)动态分区:对 220 kV 三卷变负荷自动切除,一般需要根据拓扑连接关系动态查找主变所连的所有 110 kV 厂站的所有 10 kV 负荷并根据优先级将其切除。

2.1 网供过载

自动负荷控制周期检测网供负荷的实时值,如果检测到实时负荷总加比网供负荷总加的计划值大,则给出控制策略、应切除的负荷数,以及具体的负荷信息,以保证网供负荷的值在计划值范围内。

2.2 控制区域过载

自动负荷控制周期检测佛山电网管辖的 5 个子区域负荷的实时值,如果检测到实时负荷总加比子区域负荷总加的计划值大,则给出控制策略、应切除的负荷数,以及具体的负荷信息,以保证子区域负荷的值在计划值范围内。

2.3 厂站过载

厂站功率总加限值(缺省)按站内投运主变的额定容量和进行计算,用户也可对其进行人工设置。

自动负荷控制周期检测所有的厂站负荷总加的实时值,如果检测到厂站负荷总加的实时值比厂站负荷总加大,则给出控制策略、应切除的负荷数,以及具体的负荷信息,以保证厂站负荷的值在其限值范围内。

2.4 主变过载

主变负荷自动切除可以选择按有功限值、电流限值、有功和电流限值 3 种限值类型。如果采用有功和电流限值类型,则当主变的有功或电流有一个越限则判设备过载。

对两卷变过载,通常只需要在站内检测两卷变所连的所有负荷,根据优先级的大小进行切除。对三卷变过载,只切除主变低压侧所连的负荷并不能满足要求,还需要根据动态分区结果对区域内所有

110 kV 厂站的负荷进行排序,给出切除策略。

自动负荷控制周期检测所有主变的功率或电流的实时值,如果检测到主变负荷的实时值超过用户设置的最大值,则给出控制策略、应切除的负荷数,以及具体的负荷信息,以保证主变的实时值不超过设置的最大值。

2.5 线路过载

文献[8]提出了联合电力系统交换功率控制的受端减载决策法,在自动负荷控制中可以对所有的线路进行监视。线路负荷自动切除可以选择按有功限值、电流限值、有功和电流限值 3 种限值类型。如果采用有功和电流限值类型,则当线路的有功或电流有一个越限则判设备过载。

自动负荷控制周期检测所有线路的功率或电流的实时值,如果检测到线路负荷的实时值超过用户设置的最大值,则根据拓扑关系动态确定线路受电侧所连的 10 kV 负荷,根据其优先级给出控制策略、应切除的负荷数,以及具体的负荷信息,以保证线路的实时值不超过设置的最大值。

2.6 控制断面过载

一般来说,需要设置稳定运行控制断面的值不能超过设置的最大值,如几条线路的功率和,几个站的功率总加和或某个站与某主变的功率和等,在此情况下,可动态地确定断面内直接或间接相连的所有负荷并根据其优先级给出控制策略、应切除的负荷数,以及具体的负荷信息,以保证断面的实时功率和不超过设置的最大值。

自动负荷控制给出的策略内容通常如图 1 所示,策略中会给出过载对象类型、过载对象名、过载对象对应的实时负荷、需要切除的负荷量、应切除的开关列表等信息。

实时负荷 (MW)	410.35	有功上限 (MW)	316.69
估计切除有功 (MW)	93.66	估计切除电流 (A)	6008.48
操作开关列表			
操作	优先级	负荷名称	电流 (A)
√	1	旧明城_701	703.15
√	1	旧明城_702	546.23
√	2	旧明城_703	424.35
√	3	旧明城_704	227.06
	...	...	...

图 1 自动负荷控制策略
Fig. 1 Strategy of automatic load controlling system

3 软件控制系统流程

自动负荷控制的控制流程如图 2 所示。采集数据(包括主变实时功率、网供总加等)从厂站远程测

控终端(RTU)通过上行通道送到前置处理单元,前置处理单元将收到的报文进行解析后将生成的生数据送入 SCADA 系统,自动负荷切除处理单元从 SCADA 系统中获取其关心的数据,当检测到有设备过载或超计划用电的情况后,就形成过载策略,并将需要控制的开关送到控制服务器,最终通过前置处理单元经下行通道送到厂站 RTU,完成整体的遥控过程。

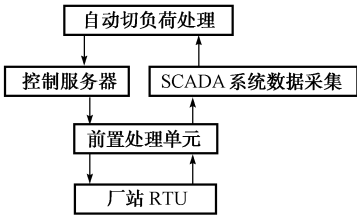


图 2 自动负荷控制系统控制流程
Fig. 2 Controlling flow chart of automatic load controlling system

4 应用效果分析

测试模拟佛山电网南海子区域过载 300 MW 负荷,自动负荷控制策略给出需要切除南海子区域内 4 个变电站的 37 个负荷,自动负荷控制完成全部遥控的时间为 5.5 min,如果完全由调度员手工操作,则在查看当天的错峰表后再将相应的开关切除,每个开关平均操作时间至少需要 30 s,自动负荷控制的时间减少了近 10 min,大大提高了控制速度及控制的准确率。

5 结语

在地调系统中,保证电网安全、稳定运行是调度员的重要职责。随着电网负荷的增加及系统的扩建,对电网的调度变得越来越复杂,对操作的实时性要求越来越高,需要在事故发生时快速做出反应。以往,对负荷高峰或出现过载情况都是提前定义好相应的错峰方案,这种方法通常不能满足实时性要求,可靠性也不能得到保证。本文针对这种情况在 SCADA/EMS 上开发了自动负荷控制系统,可以有选择地对被监控对象如网供负荷、控制区域负荷、厂站负荷、主变负荷、线路负荷、稳定控制断面负荷进行全面的监视,在被监视的对象发生越限或过载时,可以将其包含的负荷按定义好的优先级顺序切除,直到不越限为止。

现场实际运行情况表明,本文的处理方法是有效的,大大缩短了过载时需要切除负荷的时间,保证了电网安全、稳定运行。

附录见本刊网络版(<http://www.aeps-info>).

com/aeps/ch/index.aspx)。

参 考 文 献

- [1] 丁书文. 电力系统自动装置原理. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [2] 田位平, 毕建权. 电力系统新型低频减载装置的协调控制策略. 电力科学与工程, 2005(2): 38-40.
TIAN Weiping, BI Jianquan. Coordination control strategy for power system new-style UFLS device. Electric Power Science and Engineering, 2005(2): 38-40.
- [3] 王冲, 解大, 陈陈, 等. 电力系统低频减载分析软件包的开发和应用. 继电器, 2004, 32(13): 55-58.
WANG Chong, XIE Da, CHEN Chen, et al. Development and application of power system under frequency load shedding analysis software package. Relay, 2004, 32(13): 55-58.
- [4] 邹晴, 林湘宁, 翁汉俐, 基于闭环控制的独立电力系统低频减载策略. 电力系统自动化, 2006, 30(22): 34-37.
ZOU Qing, LIN Xiangning, WENG Hanli. Close-loop control based under-frequency load shedding strategy suitable for isolated power system. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(22): 34-37.
- [5] 余庆媛, 沈沉, 乔颖, 等. 电力系统低压减载和低频减载协调控制策略. 电力系统自动化, 2008, 32(23): 23-27.

SHE Qingyuan, SHEN Chen, QIAO Ying, et al. A coordinated load shedding scheme for both user-voltage and user-frequency load shedding. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(23): 23-27.

- [6] DL 428—1991 电力系统自动低频减负荷技术规定. 1991.
- [7] GB/T 13730—2002 地区电网调度自动化系统. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [8] 刘天琪, 郑毅. 联合电力系统交换功率控制的受端减载决策法. 四川大学学报: 工程科学版, 1996, 33(4): 50-55.
LIU Tianqi, ZHENG Yi. Power receiver system load shedding decision method for the interconnected power system power exchange control. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition, 1996, 33(4): 50-55.

潘凯岩(1973—), 男, 通信作者, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 能量管理系统软件的开发. E-mail: kaiyanpan@126.com

刘仲尧(1965—), 男, 教授级高级工程师, 技术中心部长, 主要研究方向: 电力系统自动化。

宋学清(1971—), 男, 高级工程师, 应用软件室主任, 主要研究方向: 能量管理系统软件的开发。

Application of Automatic Load Controlling System in Foshan Power Grid

PAN Kaiyan¹, LIU Zhongyao¹, SONG Xueqing¹, HE Dongming²

(1. Dongfang Electronics Corporation, Yantai 264000, China;

2. Guangdong Power Grid Company Foshan Power Supply Bureau, Foshan 528000, China)

Abstract: Along with the steady increase in power load of the regional power network, it often happens that the power grid runs beyond its schedule or the power device works beyond its safety restriction. The traditional method is to define a staggered peak load plan in advance, according to which the relatively unimportant load will have to be shed. However, this method cannot satisfy the real-time demand. An automatic load controlling system is designed according to the actual situation of Foshan power grid, while giving its design method and classification. The field running results show that this method can meet the real-time demand and supply power to users as much as possible on the basis of power grid safety.

Key words: automatic load controlling; staggered peak load; dynamic partition; energy management system (EMS)

附录 A

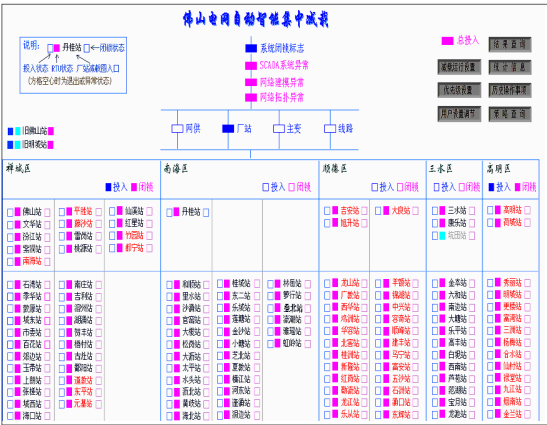


图 A1 自动负荷控制总控界面
Fig.A1 Controlling interface of automatic load controlling system



图 A2 人工启动自动负荷控制
Fig.A2 Manual Control of Automatic Load Controlling System