

# Study on the Load Batch Control Strategy of the Extra-High Voltage

Qiulong Ni<sup>1</sup>, Xiacong Zhang<sup>1</sup>, Youchun Li<sup>2</sup>, Xiang Ma<sup>2</sup>, Xuan Fang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zhejiang Electric Power Controlled Company, Hangzhou Zhejiang

<sup>2</sup>Jinhua Power Supply Company, Jinhua Zhejiang

Email: 543418447@qq.com

Received: Feb. 2<sup>nd</sup>, 2018; accepted: Feb. 14<sup>th</sup>, 2018; published: Feb. 26<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Traditional limited power grid accidents are usually made by manual calculation, and the power-limiting sequence. The efficiency of the accident is low, the power limit is long, and the power failure can be extended. In recent years, with the development of ultra-high voltage power grid, how to deal with the major emergency situation of high-voltage dc burst power failure has become a hot topic. Aiming at the existing problems of the traditional accident limiting mode, this paper conducts optimization research and puts forward the load batch control strategy. Through the practice of practice, the speed, intelligence and security of load batch control function are verified, and the actual operation experience of load batch control is accumulated.

## Keywords

EHV, Load Batch Control, Strategy

---

# 特高压受端电网负荷批量控制策略研究与应用

倪秋龙<sup>1</sup>, 张小聪<sup>1</sup>, 李有春<sup>2</sup>, 马翔<sup>2</sup>, 方璇<sup>2</sup>

<sup>1</sup>国网浙江省电力有限公司, 浙江 杭州

<sup>2</sup>国网金华供电公司, 浙江 金华

Email: 543418447@qq.com

收稿日期: 2018年2月2日; 录用日期: 2018年2月14日; 发布日期: 2018年2月26日

---

## 摘要

传统电网事故限电通常采用人工计算、按限电序位表逐条限电模式, 事故处置效率低、限电时间长、易

造成停电范围扩大。近年来,随着特高压电网的发展,如何应对特高压直流突发大功率运行故障重大紧急情况成为研究的热点。针对传统事故限电模式存在的问题,开展优化研究,提出负荷批量控制策略。通过实操演练,验证了负荷批量控制功能的快速性、智能性、安全性,并积累了负荷批量控制实际操作经验。

## 关键词

特高压, 负荷批量控制, 策略

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

传统的事事故限电流程较为繁杂,通常采用人工计算、按限电序位表逐条限电模式,事故处置效率低、限电时间长、易造成停电范围扩大,影响电网稳定运行和电力用户满意度,情节严重的将造成大面积停电事故,如2012年印尼连续发生两次大停电事故,与印度电网相比,中国电网结构相对合理,电网运行状态实时监测能力、电网运行状态在线快速评估能力,以及多级调度协调决策与控制能力较强。随着2016年国家电网正式步入以特高压为骨干网的新阶段,交直流系统耦合关系增强,电网运行方式复杂多变,还需在适应电网新特性的紧急减负荷控制技术方面开展进一步研究工作,尽可能降低大停电事故风险,突出体现在:一、特高压直流受端因直流故障闭锁,造成电网失稳,频率、电压下降等严重后果;二、局部区域电网由于网架结构受限,在电网受到破坏时产生严重功率缺额;三、大面积自然灾害造成电网严重故障;然而负荷快速切除的复杂度高,大功率缺额情况下,调控人员在复杂的执行过程中难以通过人工分析实现负荷分配,既要考虑负荷的重要性,又要考虑对故障恢复的贡献度,迫切需要系统能够提供负荷快速切除的分配策略,通过减负荷达到快速恢复电量供需平衡的目的。本文针对上述问题开展控制策略研究,率先实现负荷批量控制关键技术突破及完善提升,2016年底该技术已在全省规范推广应用[1]。2017年6月根据国网统一部署,完成应对电网重大故障负荷批量控制综合演练,有效验证了负荷批量控制功能的快速性、智能性、安全性,并积累了负荷批量控制实际操作经验。

## 2. 负荷批量控制策略

### 2.1. 设计多目标融合策略

根据控制负荷目标值,设计负荷控制策略,按实时负荷优先级、大小及区域范围、供区划分等多种策略融合自动生成控制序列,自动生成不小于控制负荷目标值的开关[2]。此外,设计了自动过滤挂牌闭锁开关和手动修正开关序列的功能,自动过滤非正常运行、负荷为0的开关[3]。当执行负荷控制指令后,系统通过一键式操作,将开关同时拉开,并根据负荷已控值和目标值之间的差值、负荷控制优先级等自动推送备选的拉限电线路,缩减开关遥控失败情况下补切时间[4]。同时增加了相关安全约束及权限控制校验环节[5][6],确保操作安全,避免电网事故扩大,对保障电网安全具有重大的意义(图1)。

### 2.2. 优化细化事故限电负荷

传统负荷控制通常选择110 kV主变10 kV低压开关作为控制对象,使主变下送10 kV线路全部停电,



Figure 1. Load batch control strategy principle  
图 1. 负荷批量控制策略模型

易造成停电范围扩大。为此我们一方面通过深入分析电网用户属性，优化筛选 10 kV 线路作为控制对象，确保无重要用户专线纳入到事故限电序列中[7]，从现有电力生产系统中提取开关状态、负荷潮流、供区划分、负荷优先级等关键数据，并经政府核准批复、与相关用户提前签订协议等措施，确保负荷切除时无重要用户，降低不必要停电的概率，缩小停电范围。另一方面在一键控制的基础上，省地县三级调控机构重新修改调度指令[8]，由按等级多轮次限电指令改为直接下令切除目标负荷，有效提升负荷控制效率，确保负荷控制误差率接近于零。

### 2.3. 设计特高压直流专题界面和省地县调度辅助决策机制

设计特高压直流专题界面，建立调度技术辅助决策机制[10]，同时显示特高压直流实时功率和被控负荷具体对应开关、所属地区、所属 220 千伏电网分区、实时负荷等信息，对各区域、各供区的实时可控负荷、已控负荷等进行分别统计和集中展示[9]，便于调控人员及时掌握特高压运行信息。同时，省调电网调度技术支持系统采集特高压直流故障信息，故障信息整合处理后推送至地调监控平台，使得地调监控能第一时间感知特高压直流故障发生，及时做好事故应急处置准备工作，进一步提升调控应急处置效率(图 2)。

## 3. 实操演练及结果分析

负荷批量控制系统采用智能先进的控制策略和完善的负荷批量控制技术，在最短时间内控制负荷达到供用电平衡，最大限度降低特高压电网故障情况下对用户供电影响，保障电网安全和稳定运行，提升电能质量和服务水平，切实保障特高压直流投运后电网安全稳定运行。

为准确检验效果，我们在“预演”模块中分别针对不同负荷控制目标进行仿真预演，通过对传统群控和负荷批量控制策略进行对比，从表 1、表 2 可以看出，特高压直流故障负荷控制误差率(注：负荷误差率 = 绝对值(实际限电 - 控制目标)/控制目标 × 100%)从原先的 12%降低到了 2.6%以下。

通过表 3、表 4 对比可以看出，负荷控制操作时间从平均 30 分钟缩短至 6 分钟。有效提升负荷控制时效性，避免电网事故的扩大，提升了调控事故应急响应能力，对电网安全、稳定运行起到支撑作用。

2016 年 6 月金华公司开展全国首次实战演练，批量控制 15 个线路开关，实际拉限负荷 1.8 万千瓦，从地调调度发令恢复，历时不到 6 分钟。

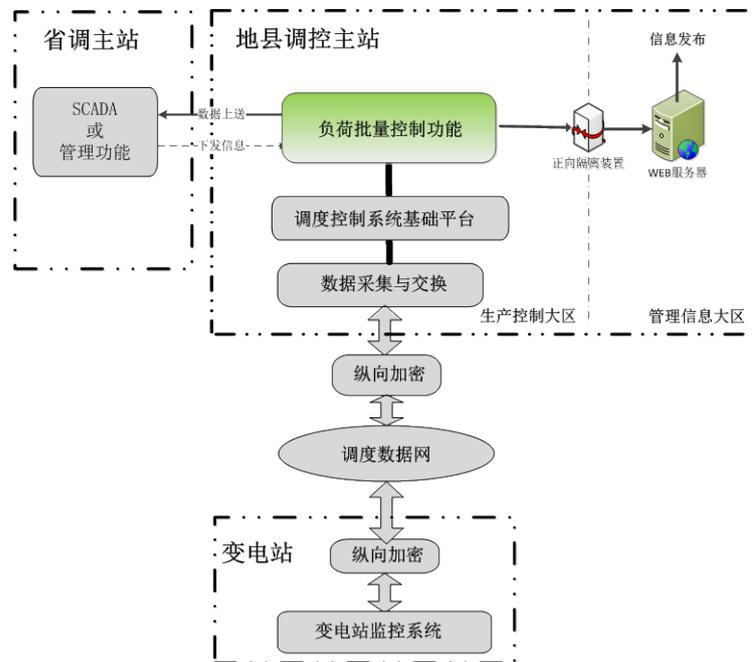


Figure 2. Schematic diagram of load batch control data exchange  
图 2. 负荷批量控制系统功能数据交换原理图

Table 1. Traditional load control error rate

表 1. 传统负荷控制误差率

		传统群控拉限电				
控制目标/MW	47	235	94	282	141	376
实际限电/MW	40	210	110	318	160	350
负荷误差率	14.9%	10.6%	17.1%	10.8%	13.5%	6.9%

Table 2. Load batch control error rate

表 2. 负荷批量控制误差率

		采用负荷批量控制策略		
负荷控制目标值(MW)		50	141	329
实际控制负荷值(MW)		51.3	144	329.6
负荷控制误差率		2.6%	2.1%	0.2%

Table 3. Traditional load control time

表 3. 传统事故限电时间

		传统事故拉限电		
操作开关个数		11	15	20
补拉操作执行时间/min		26.5	28	35

Table 4. Load batch control time

表 4. 负荷批量控制时间

		采用负荷批量控制		
操作开关个数		11	15	20
事故限电时间/min		5.6	5.8	6.5

2017年6月由国调中心统一部署,华东网调、浙江省调、金华、宁波、绍兴公司及金华下属7个县公司和配调联合开展应对电网重大故障负荷批量控制实操综合演练。演练共切除10千伏线路14回,批量切除负荷2.21万千瓦,从接到拉限电令到汇报省调,用时仅5分钟,验证了特高压故障调控应急处置效率,最大限度降低了对用户供电、设备的影响,目前该项目已申请专利,实现了全省规范化推广应用,对国网公司系统下阶段150余家地调部署负荷批量控制技术提供了借鉴参考。

## 4. 负荷批量控制应用效果

### 4.1. 社会效益

负荷批量控制功能具备拉路速度快,精准度高,影响范围小的特点,能最大限度降低特高压直流故障情况下对用户供电、设备的影响,确保全社会用电秩序良好,确保不造成重大社会影响,保障电网安全和稳定运行。

### 4.2. 经济效益

发用电平衡是电力系统稳定运行的必要条件,传统的调度主要从电源侧入手,提升空间越来越小。负荷批量控制管理体系投入后,浙江导入了400万千瓦负荷的特高压直流事故批量控制序列,可以作为特高压直流故障情况下解决断面越限、发用电不平衡的快速控制手段,大大减少了备用机组的投资,降低了环保压力。以金华地区为例,拉限电容量为388兆瓦,可以减少约260兆瓦的机组投资,创造经济效益约9500万。

## 参考文献 (References)

- [1] 贺大亮. 浙江电力推广负荷批量控制技术[J]. 农村电气化, 2016(6): 40.
- [2] 韩冰, 孙世明, 赵家庆, 徐春雷, 孟勇亮, 丁宏恩. 适应特高压直流闭锁故障处置的批量负荷快速控制关键技术[J]. 电力系统自动化, 2016(17): 177-183.
- [3] 张冬梅. 电力负荷控制的原理分析及控制策略[J]. 通讯世界, 2016(15): 213-213.
- [4] 陈世雯, 刘宾, 王艳, 代飞. 电力系统省地协同负荷批量切除控制系统研究[J]. 科技展望, 2017(30): 27-30.
- [5] 周晓宁, 李碧君, 刘强. 遵循安全稳定导则的电网运行安全风险在线控制决策探讨[J]. 电力系统自动化, 2013(21): 45-51.
- [6] 张帆. 基于负荷控制与约束管理的生产运作控制仿真研究[D]. 华中科技大学 2008
- [7] 王文青. 供电企业拉闸限电序位优化研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学(北京), 2009.
- [8] 张智宏. 无人值班变电站调度指令的操作模式探讨[J]. 电工技术, 2012(10): 49.
- [9] 张东霞, 王继业, 刘科研, 郑安刚. 大数据技术在配用电系统的应用[J]. 供用电, 2015(8): 6-11.
- [10] 田新成, 尹秀艳, 赵文婧. 地县一体化智能巡检告警系统的设计与应用[J]. 电工技术, 2016(4): 3-15.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8763，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[sg@hanspub.org](mailto:sg@hanspub.org)