

风电智能有功控制系统研究与实现

姚秀萍¹, 常喜强¹, 张慧玲², 孙立成¹, 李静坤¹

(1. 新疆电力调度通信中心, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 宁夏电力调度通信中心, 宁夏 银川 750001)

摘要: 风电场大量、快速和成规模接入电网, 给电网有功调度与控制带来新的挑战。针对新疆电网风电发展现状, 开展了风电有功控制系统的研究和讨论, 通过对国内类似控制系统分析, 结合新疆电网的实际情况, 提出了适应新疆电网的风电控制系统的建设方案思路, 同时通过实践也在风电场有功功率快速、精确控制方面验证了此技术方案。为在保证电网安全稳定运行的基础上最大限度地接纳风电资源提供了技术支持, 也为类似系统建设提供了借鉴思路和参考。

关键词: 自动发电控制(AGC); 风电; 有功功率控制; 最大发电能力

Abstract: The access of a lot of fast and large - scale wind farms to power grid has brought new challenges to the active power dispatching and control of the grid. According to the current situation of the wind power development in Xinjiang Power Grid, the research and discussion of active power control system for wind power are carried out. Through the analysis of similar control system in China and combining with the actual situation of Xinjiang Power Grid, the construction program ideas for wind power control system of Xinjiang grid are put forward, and this technical scheme is verified in the fast and accurate control of active power through the practices in wind farms at the same time. It provides the technical support to ensure the grid security and stability on the basis of the maximum acceptance of wind power resources, and gives the reference for the construction of similar systems.

Key words: automatic generation control (AGC); wind power; active power control; maximum generating capacity

中图分类号: TM761 文献标志码: A 文章编号: 1003 - 6954(2012)05 - 0004 - 04

0 引言

随着风电大规模的开发和应用, 大规模风电的调度问题成为了电网需要重点考虑的问题之一, 各种调度决策、运行方式安排将不得不考虑风电的随机性和波动性。面对大规模风电并网运行带来的严峻挑战, 需深入研究电网大规模风电调度关键技术, 这对于电网安全经济运行意义重大。新疆风能资源丰富, 风电开发潜力较大。目前, 风电已进入快速发展阶段。至 2015 年风电总装机规模将达到 5 800 MW, 风电占 11.51%; 远景装机容量更多。大规模风电的最优调度问题成为了新疆电网重点关注的问题之一。对打造绿色能源“疆电外送”意义重大。

通过基于风机及风机集群的电网风电智能控制系统的研究, 使风电适应电网与电源结构的不断变化, 将极大提升电网调度机构应对风电的调度运行水平。

1 风电功率控制的 5 种情况

在发生以下 5 种约束情况时, 对风电场功率进行控制。

1) 调峰约束 1(如图 1): 正常运行方式下, 风电场上报当天或者次日风功率预测出现偏差达到一定值时, 造成电网系统调峰、调频、调压困难、电网稳定无法满足系统 AGC 及电网安全约束时, 风电场应按照电网调度机构给定功率进行控制。

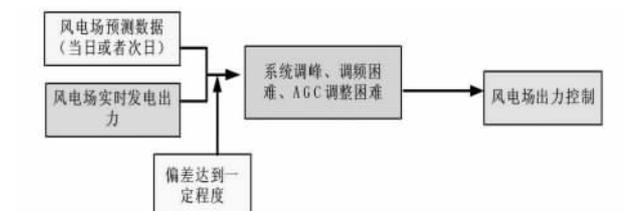


图 1 调峰约束控制 1

2) 调峰约束 2(如图 2): 正常方式下, 由于电网因天气、冲击负荷等外界原因, 在系统采取各种技术

手段后,电网仍无法满足系统调峰、调频、调压要求、电网稳定无法满足时,风电场应按照电网调度机构给定功率进行控制。

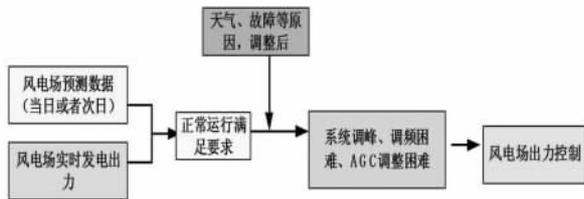


图2 调峰约束控制2

3) 稳定约束1(如图3):电网发生紧急情况下,如突然甩负荷等,造成系统无法满足调峰、调频、调压需求、电网稳定无法满足时,风电场应按照电网调度机构给定功率进行控制。

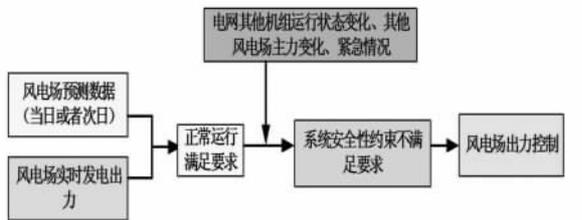


图3 稳定约束控制1

4) 稳定约束2(如图4):电网结构发生变化或出现其他影响风电场上网送出能力时,综合考虑系统安全稳定性、电压约束等因素以及风电场自身的特性和运行约束,通过计算分析确定允许风电场上网的新的最大有功功率,风电场应按照电网调度机构给定功率进行控制。

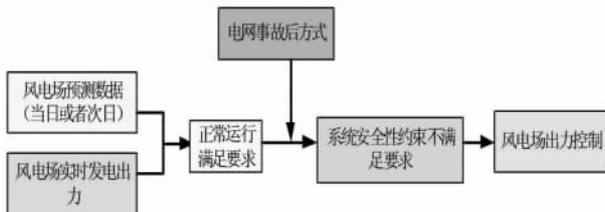


图4 稳定约束控制2

5) 稳定约束3(如图5):正常方式下,联络线处于满载边缘,由于负荷的随机波动与风电出力的逆叠加,造成联络线过载,综合考虑系统安全稳定性、电压约束等因素以及风电场自身的特性和运行约束,通过计算分析确定允许风电场上网的新的最大有功功率,风电场应按照电网调度机构给定功率进行控制。

2 风电场控制方式

2.1 风电群控制方式

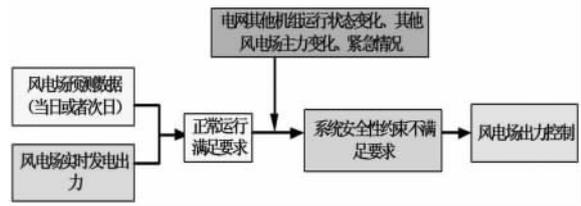


图5 稳定约束控制3

对于多个风电场进行功率控制时,按照各个风电场相关性强弱进行控制,统一综合考虑电网整体稳定性、各风电场通道情况、稳定特性、断面极限情况、系统电压等因素后,各风电场控制功率按相关风电场装机容量、关联度进行综合考虑分配。图6为风电场群控制模式。

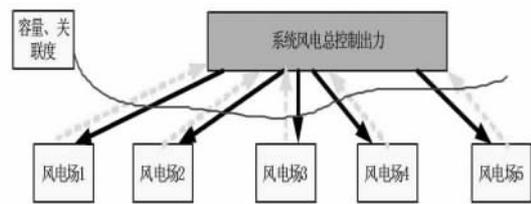


图6 风电场群控制模式

2.2 风电场内部控制方式

对于每个风电场进行功率控制时,可选择有条件的风机减出力、机组停机等进行功率控制,实施调度下发指令的风电功率控制。并满足调度要求的功率变化率的要求。图7为风电场内部控制模式。

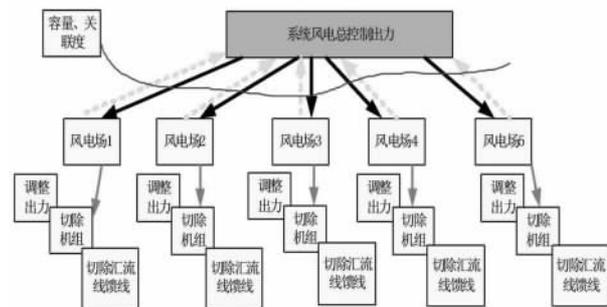


图7 风电场机组控制模式

3 目前对风电场有功功率控制的思路

目前,国内在风电场有功功率控制方面主要有以下模式。

1) 最大出力控制模式。根据电网风电接纳能力计算各风电场最大出力上限值。风电场出力低于上限值时处于自由发电状态,超出本风电场最大出力上限值时根据情况限制出力。采取稳定控制装置控制。

2) 计划值控制模式。以风电功率预测为依据,经安全校核后下发各风电场发电计划。各风电场实

时跟踪发电计划进行有功功率的调整。

3) 风电功率预测控制模式。以超短期风电功率预测为依据,通过 AGC 方式将目标值下发至各风电场,各风电场实时跟踪预测控制目标值进行有功功率的调整。考虑预测准确率无法达到或接近 100%,从风电的保障性收购而言,暂不能将预测结果直接作为风电 AGC 的控制指令目标,该模式目前仍在理论阶段。

4) 馈线控制模式。通过投切风电场馈线(汇集线)控制风电上网功率。

以上模式都基于一个共同的认识,即风电有功功率控制周期长、延时大、精度差,实现控制环节难度大。

4 风电智能有功控制系统建设思路

4.1 风电智能有功控制的实现模式

由于风电出力控制总体存在正常方式下控制、事故方式下控制两种情况,而根据其分类不同拟采用以下两种实现模式相结合。

(1) 正常方式下:若系统调峰能力不足,冲击性负荷与风电机组的反调峰叠加,造成系统频率升高或者联络线过载,需进行控制和调整,此种方式下,分为正调整和负调整,正调整是将风电出力向上调整,开放风电出力,负调整时将风电出力向下调整,减少风电出力,正调整与负调整的调控命令由省调风电控制系统下发到风电场或者风机执行。

(2) 事故情况下:由于故障造成的稳定问题,需控制风电调整风电出力,进行负调整,调控命令由省调风电控制系统下发到风电场或者风机执行。

4.2 控制数据准备

为充分利用系统资源,减少数据维护,对与数据的来源可从 EMS 系统、风功率预测系统、在线预警系统 3 个系统选取。

EMS: 获取与风电接入系统有关断面的系统数据、风电发电出力实时数据、系统各发电场出力安排数据、AGC 控制数据、系统预测负荷数据。

风功率预测系统: 获取风电场预测功率数据。

在线预警系统: 获取在线预警中断面约束数据。

风电区域稳定控制系统的策略命令数据。

4.3 控制数据计算

正常方式下的控制数据计算: 对数据进行整理,整合,结合风功率预测系统数据及 EMS 系统数据,通过 AGC 数据计算调峰缺额和允许数据,通过在线预警计算相关风电场断面允许数据,两者结合计算

出系统所能接受的风电出力(预测)综合,结合相关约束条件,然后进行分配数据的计算。

此控制过程的实现可选在 EMS 系统或者风功率预测系统嵌入 AGC 高层应用程序实现。

事故情况下的控制数据计算: 通过区域稳控系统策略计算核算的事故情况下控制数据。

5 风电场功率控制的实施

在建立风功率预测系统的基础上,建立风电场功率控制系统,包括电网调度端风电能量管理系统、风电场端能量管理系统,建立数据传输通道,实现电网调度端与风电场端的通信,风电场信息上送,实现风电调度控制指令的下发和实施,满足相关的技术标准。

1) 风电场端

风电场除建立满足自身需要的生产管理系统外,应根据调度需求,建立满足电网安全稳定运行要求的能量管理系统(包含监控系统、控制系统),系统涵盖满足调度要求的各种风机数据的采集、显示、上送。

表 1 现有风机组自身控制情况表

机型	控制注意事项	
MW 机组	有功控制	1) 注意提高风机的使用寿命; 2) 减少风机故障的原则下,风机的有功控制采用冬季及夏季两种控制策略; 3) 考虑控制速率和控制间隔次数; 4) 考虑如果变桨仍达不到控制目标,采取停止部分风机的策略,停机采用轮停的方式。
	无功控制	1) 设定风机无功控制模式(高压母线电压、低压母线电压、功率因数); 2) 注意无功控制范围; 3) 注意响应时间、调节速率。
750 kW 机组	有功控制	1) 为失速型风机,无法实现单台机组出力的控制; 2) 采用轮流停机的方式控制。
	无功控制	控制 SVC 的投切控制机组的无功输出

注: 此系统可嵌入调度 EMS 系统或者风功率预测系统中。

监控系统风机数据包括: 风机状态(风电总装机、风电接入方式及布局、各台风机类型、运行状态,各台风机运行数据、电网需求的频率、电压、保护控制参数)、风电场集中补偿等等。

监控系统还需具备风电场机组电场限电损失统计功能,控制风机的低电压穿越功能开启关闭功能,风速定值显示、预警功能、风机参与限功率设置功能、风机控制定值显示功能。

控制系统接收电网调度端下发的风电功率控制相关指令,并在电厂内部优化,实施,满足调度数量、速率有关技术要求,并能进行分类记录。可实现风电场汇流线路的切除或者风机机组的切除、风电场调整风机风向控制出力功能。

2) 电网调度端

电网调度端建立相应的风电能量管理系统(包含监视系统、控制系统),能接收风电场端上送的各种数据并能友好显示,具备下发风电功率控制指令。并能进行分类记录。

3) 联络通道要求

建立安全、可靠的网络传输系统通道,满足电网安全防护的有关技术要求。

6 新疆电网风电控制系统实施情况

通过研究,按照上述的思路,开发了一套不同与以上模式的独立控制模式,选定通过 EMS 系统的 AGC 软件实现,风电场在接收到控制目标后,将其分解为各台风机的控制指令加以执行。

正常 AGC 控制模式分为调峰控制及联络线过负载控制多种控制。

为了缩短在通信上的延时并减少环节和提高可靠性,在技术实现方案上,在风场单独配置路由器和交换机,沟通风机监控系统至省调 EMS 系统的直联网络通道,采用 104 网络规约通信。同时,在升压站监控系统至省调 EMS 系统已有的四线通道外,再建一路网络通道。另外,沟通了升压站至风机监控系统的通信通道。主站侧将整厂目标功率通过通信规约的设点控制命令直接下发至风机监控系统,由该系统将总目标分解为各受控风机的控制目标并下发至风机能量管理平台,通过能量管理平台控制各风机的控制单元,启停风机或通过变桨实现有功功率的调整。

在最大程度保证风电场发电量的前提下尽可能地减少了对风机功率控制的次数。

风电场控制策略:实现了对风电场有功功率的控制。通过多次反复调试,消除了过调现象、延时较长等技术问题,合理优化了控制精度与延时时间的问题。具体实施结果图如图 8。

此外,针对故障情况下,风电场控制出力问题,加装了区域稳定控制装置,实现主变压器过载,联络线过载后优化切除风机的功能。

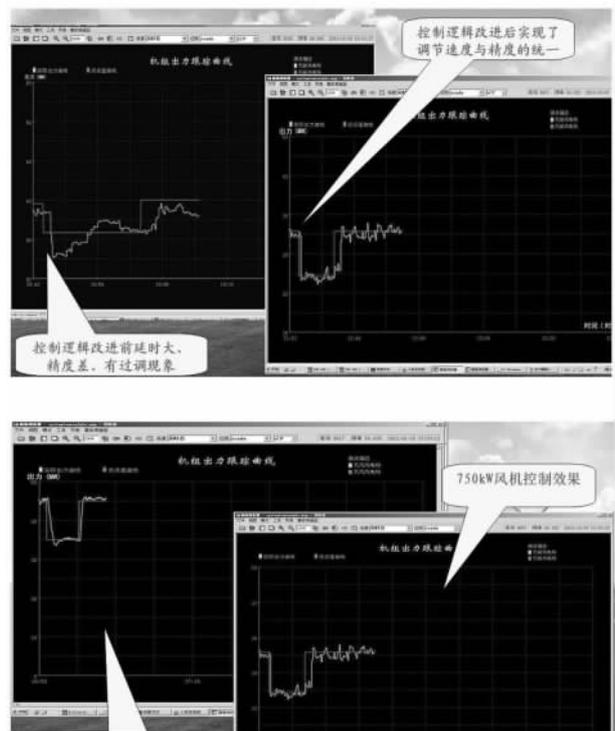


图 8 系统中风电场跟踪 AGC 控制指令效果图

7 结 语

新疆省调的风电功率控制系统实现了有功功率的智能控制策略,初步解决了风电快速发展阶段的电网安全问题。通过系统的实施,证明风电不但是可控、能控的,而且是能够快速、精确控制的,为今后风电的大规模发展提供了坚实的理论基础和稳定的运行控制平台。后期还将继续实现建设方案中的其他控制,如与风功率结合等等。

参考文献

- [1] 国家电网公司. Q/GDW 392 - 2009 风电场接入电网技术规定 [S]. 2009.
- [2] 乔颖,鲁宗相. 考虑电网约束的风电场自动有功控制 [J]. 电力系统自动化, 2009, 33(22) : 88 - 93.
- [3] 李雪明,行舟,陈振寰,等. 大型集群风电有功智能控制系统设计 [J]. 电力系统自动化, 2010, 24(17) : 59 - 63.

作者简介:

姚秀萍(1961),女,高级工程师,研究方向为电力系统稳定与控制及风力发电技术;

常喜强(1976),男,高级工程师,研究方向为电力系统稳定与控制及风力发电技术;

张慧玲(1974),女,高级工程师,主要研究含风电的电力系统稳定运行分析。

(收稿日期:2012-05-07)