

分布式电源及微电网接入控制系统研究

分布式电源/微电网不合理的并网容量和位置会给配电网带来负面影响,从分布式电源/微电网并网运行对配电网的影响进行总结,对其系统总体架构及接入控制系统的功能设计进行了分析。同时结合工程实例,对其进行验证。实践证明,该系统可实现对分布式电源并网的有效接入控制管理。

李大兴 邱文祥 夏革非 张华东/承德供电公司发展策划部

0 引言

分布式电源/微电网接入配电网中,不但可以弥补传统集中式供电在安全稳定方面的不足,提高供电的可靠性及电网的防灾害水平,还能够减少环境污染,降低传输损耗,惠及用户。然而,分布式电源/微电网的并网对配电网的安全稳定运行提出了挑战,增加了配电网调度与运行的复杂性。大量的分布式电源/微电网接入到配电网中必将对配电网的结构、运行和管理产生深远的影响。这些影响在技术上表现在规划设计、调度运行、可靠性、稳定性、安全性、潮流和电能质量等方面^[1]。

分布式电源/微电网接入配电网以后,配电网需要将其纳入监控范围。由于目前实际接入配电网的分布式电源或微电网数量少,容量小,对配电网的影响还不明显,所以相关的智能监控技术发展缓慢。配电网分布式电源接入控制系统,其功能就是对并网的分布式电源等进行接入控制和主动管理^[2]。为实现对分布式电源/微电网并网接入控制和主动管理,本文在综合考虑分布式电源/微电网的特点,以及对其接入控制技术进行

研究基础上,提出了配电网分布式电源接入控制系统的总体架构和功能设计,以实现其灵活接入,对并网点的功率进行控制,并实现分布式电源/微电网与配电网的安全、可靠、经济和协调运行。

1 系统总体架构及控制模式设计

分布式电源/微电网接入控制系统监控大量的非常规发电设备,区别于传统的配电网自动化系统,其下允许接入一个或多个分布式电源或微电网系统,每个分布式电源或微电网系统根据实际情况可装设相应的就地控制系统。为此,本文对分布式电源/微电网接入控制系统提出了三层架构设计,分为设备间隔控制层、协调控制层和接入控制层三个层面,对分布式电源接入进行综合管理和控制^[3]。系统总体架构如图1所示。

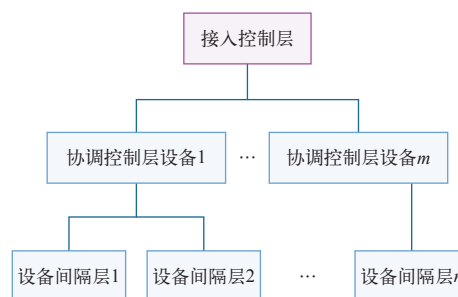


图1 分布式电源接入控制系统架构图

设备间隔控制层包含光伏发电控制器、风机控制器、储能电池双向控制器、相关测控终端和其他在线监测装置等设备,设备层接受协调控制层的具体执行指令;协调控制层负责风光储等微电网的协调控制,例如调压、调频和运行模式切换策略一般由协调控制层制



李大兴/工程师

关键词/Keywords

分布式电源·
微电网·
配电网·
接入控制·

定,并发送相应的控制命令给设备层具体实施控制,同时负责向接入控制层上送分布式电源或微电网信息。接入控制层接受协调控制层/设备间隔层设备上送的分布式电源或微电网监控信息,并与DMS系统交换信息,主要功能包括分布式电源及微电网运行监视和控制,及相关的高级应用功能^[4]。分布式电源控制策略一般由接入控制层综合配电网运行的安全、经济等因素分析制定后下发给协调控制层,进行分解执行。

该系统控制模式设计比较灵活,既能适应分布式发电设备快速反应的要求,又能保证配电网调度慢速控制的需要。整个系统对通信要求不高,当接入控制层与协调控制层之间通信出现故障,协调控制层能局部自治运行,而设备控制层一方面执行协调控制层控制命令;一方面就地自适应完成紧急快速控制^[5]。本文重点介绍接入控制层及分布式电源并网接入控制系统总体设计及功能,其他部分另外介绍。

2 接入控制系统功能设计

分布式电源/微电网接入控制系统软件主要包含两个部分:系统平台软件和应用功能软件。综合平台如图2所示。

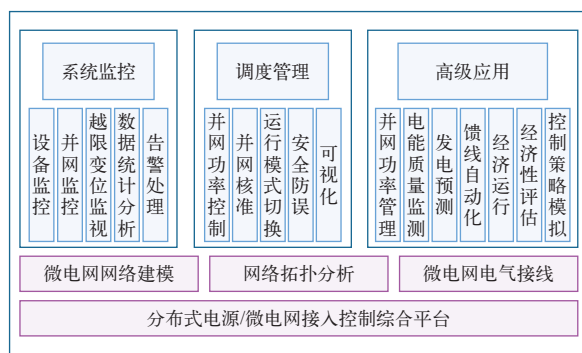


图2 分布式电源/微电网接入控制综合平台

平台功能上能满足一体化、标准化、开放性、安全性以及方便性等要求,既要能具有实时监控的功能,又能提供二次开发的技术支撑能力。目前平台技术主要包括基于面向客户端-服务器的架构体系和面向服务的架构体系(SOA),其中SOA代表了平台技术的发展方

向。在此基础上构建了具有先进水平的系统平台架构,以实现配电网分布式电源接入控制系统的功能要求。

功能设计主要包含如下部分:分布式电源/微电网监控功能、分布式电源/微电网调度管理功能和高级应用功能等。

配电网分布式电源接入控制系统在数据接入协议上要能实现对多种协议的兼容,包括MODBUS、IEC 104、IEC 101和IEC 61850通信协议等。在数据接收和处理上要既能满足数据处理实时性的要求,又能满足数据的海量存储。

2.1 系统监控功能

分布式电源/微电网并网后,配电网调度系统不再对其内部细节进行管理和调度,而仅把其当作一个等效发电机或负荷进行管理。从配电网角度来看,监控的重点为并网点电气量。同时,接入控制系统还要具备对多个分布式电源/微电网进行整体监控的功能等。

(1) 分布式电源/微电网监测

接入控制系统通过和当地分布式电源/微电网进行通信,采集分布式电源/微电网相关运行状态数据。监测分布式电源、储能、负荷和其他一次设备的各种参数和状态数据。

接入控制系统监控功能可以全面掌握分布式电源的运行状态,具体包括:对采集数据进行计算分析、越限告警和合理性检查;对分布式电源/微电网进行遥控和遥调等操作;对分布式电源的特殊状况进行报警,支持自定义报警级别和报警查询;实现对事件的顺序记录、定位和事故追忆;提供画面显示、数据显示、交互操作、报表和打印等。

(2) 分布式电源/微电网并网控制

接入控制系统对具备受控条件的分布式电源/微电网开关及公共连接点处开关实现分合控制,根据分布式电源/微电网的运行状态,进行分布式电源/微电网的调度控制,以及故障情况下分布式电源/微电网的投切管理。当分布式电源/微电网请求并网时,接入控制系统判定分布式电源/微电网

满足并网技术条件时，下发允许并网指令。

2.2 分布式电源/微电网调度管理

(1) 并网点功率控制

并网点是指分布式电源/微电网与主网并列运行时，即与常规配电网在主回路上存在电气连接时，其连接点一般称为“并网点”。

通过10~35 kV电压等级并网的分布式电源应具有调节有功功率和电压的能力，确保分布式电源最大输出功率及电压值不超过电网调度机构的给定值，以确保电网故障或特殊运行方式时电力系统的稳定。配电网调度层通过下发并网点功率控制命令实现对分布式电源输出功率的调节。其流程如图3所示。

在孤岛模式下，分布式电源或储能系统提供了微电网内部负载所需的所有功率。并网后，分布式电源产生功率的多少由接入控制层的指令决定，微电网所需功率的缺额部分再由电网注入。为了完成微电网的基本运行，逆变器的控制器应能依靠测量本地信息来控制储能系统和分布式电源的输出功率。其中储能系统或分布式电源的逆变器应能按预定特性自动响应负载或者网络结构的变化。

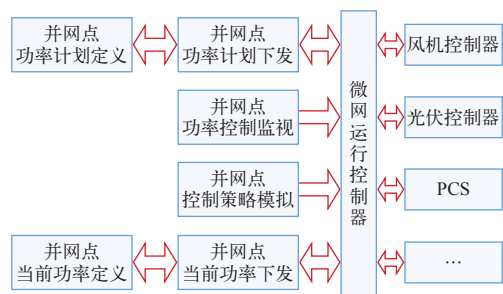


图3 配电网并网点功率控制流程图

(2) 并网核准

分布式电源/微电网不合理的并网容量和位置会给配电网带来负面影响，接入控制系统通过仿真计算和分析，可对新建分布式电源的入网申请按照相关技术指标进行技术核准。

(3) 微电网运行模式切换功能

微电网模式切换控制主要根据配电网和微

电网内部的运行情况，确定其运行模式，主要包括：并网运行和独立运行两种模式。当配电网未发生故障而需要调整运行方式时，微电网按预先设置的策略，解列为孤岛，并采取适当的孤岛运行策略^[6]。当配电网发生由于非计划、不可控故障时，应能实时探测分析微电网是否处于孤岛状态，并采取适当的微电网孤岛运行策略。

(4) 安全防误

分布式电源并网点欠电压时，接入控制系统具备报警功能，并实现并网点开关的迅速断开，实现分布式电源与失电压、欠电压电网的有效隔离，防止反送电^[7]。接入控制系统在下达并网指令前，会先确认电网侧电压、频率是否满足并网条件。

(5) 接入控制可视化

接入控制系统可通过丰富的界面元素，以多种生动形象的方式展示分布式电源的运行状况和接入控制过程。

2.3 高级应用功能

(1) 并网点功率计划管理功能

针对并网的分布式电源/微电网，在满足分布式电源/微电网运行要求的前提下，对含分布式电源/微电网的配电网进行经济优化调度，制定各个并网点的分时段功率控制计划，并下发给各个分布式电源/微电网，以控制分布式电源/微电网的功率。

(2) 分布式电源电能质量监测管理及统计分析

由于分布式电源接入配电网以后，其起停会影响配电网的电压和潮流，同时其使用的电力电子设备也会产生谐波，所以需要根据分布式电源的运行状况对其电能质量进行监测。接入控制系统通过采集各分布式电源并网点的电能质量数据，监测分布式电源对配电网电能质量的影响，并进行分析，根据分析结果给出治理方案。

(3) 分布式电源发电预测

为了更好地对分布式电源进行调度管理，接入控制系统根据气象数据和历史数据，对分布式电源进行发电预测，包括日内（超短期）预测、次日（短期）预测和中长期预测等。

(4) 分布式电源/微电网的馈线自动化

分布式电源/微电网接入配电网后,影响了配电网的潮流分布,配电网的馈线自动化会相应发生变化。在分布式电源/微电网可作为备用电源的情况下,接入控制系统根据各个电源点的负载能力,对恢复区域进行拆分并恢复供电。

(5) 含分布式电源的配电网经济运行控制

分布式电源并网接入后会影响到配电网的电压分布和网损,接入控制系统根据配电网经济运行的需要,可采用恰当的电压/无功控制调节策略,对分布式电源下发相应的调节指令。

(6) 分布式电源供电经济性评估

接入控制系统通过对分布式电源的发电量、运行状况和建设投资进行分析与对比,计算分布式电源的投资回报率,对分布式电源供电进行经济性评估。

(7) 微电网控制策略模拟

控制策略仿真软件能模拟实际的微电网各种运行策略,为制定实际运行方式提供参考方案。在模拟研究模式下,提供专门的界面可定义微电网控制策略,并可直观展示微电网运行模式切换全过程及微电网运行状态变化全过程。

3 实现案例

基于以上设计,开发实现了DGM-8000配电网分布式电源接入控制系统。DGM-8000配电网分布式电源接入控制系统,采用先进成熟的架构体系和软件设计,能够实现对分布式电源/微电网的接入控制和主动管理。该系统先后在承德、杭州、南京和扬州等配电网示范项目中成功推广应用,实现了分布式电源的灵活接入与有效控制。本文重点介绍DGM-8000在承德现场的应用情况。

承德分布式电源并网项目是国家电网公司第三批智能电网试点工程。该项目选取了承德市围场县御道口乡为试点区域,建设了含风光储联合运行的微电网系统和分布式发电/储能及微电网并网接入控制系统。该项目包含村庄集中模式和单户模式两种类型,其中村庄模式并入配电网需要

进行接入控制,是本文重点介绍内容。

3.1 工程介绍

村庄集中模式即微电网的负荷以村庄为单位,该系统由50 kW 光伏发电子系统、60 kW风力发电子系统以及80/160 kW·h储能子系统等构成。其中光伏发电和风力发电作为整个村庄的供电电源,通过独立的400 V集电线路,与储能子系统、有源滤波器和无功补偿一起接入微电网400 V低压母线,一方面向村庄负荷提供电能;一方面通过400 V/10 kV配电变压器接入公共配电网,在微电网控制系统的统一管理下协调运行。村庄模式微电网结构示意图如图4所示。

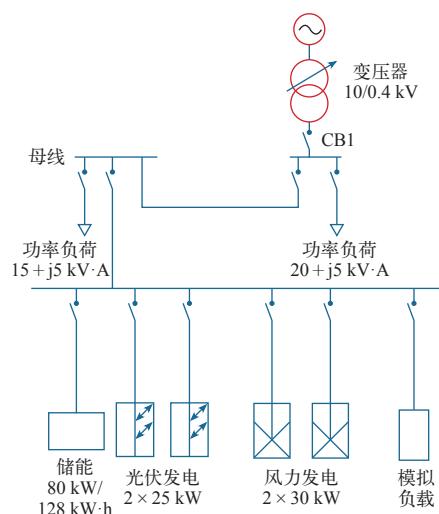


图4 村庄模式微电网结构示意图

3.2 应用情况

承德系统采用三层分布式控制结构。在正常状态下,接入控制层以当前分布式发电、微电网及配电网的运行工况为基础,采用一定的控制策略,如分布式电源定功率、不限功率,考虑配电网负荷削峰填谷的调节要求,下发命令给协调控制层;协调控制层根据设备层上送的测量值和状态量将控制策略分解为对设备的控制信号,下发给设备层;设备执行机构最终完成控制过程。在异常状态下设备间隔层与协调控制层一起完成对分布式电源的紧急控制,接入控制层则承担分布式电源紧急情况下的后备保护及安全防护任务。图5为分布式电源三层并网接入控制响应图。

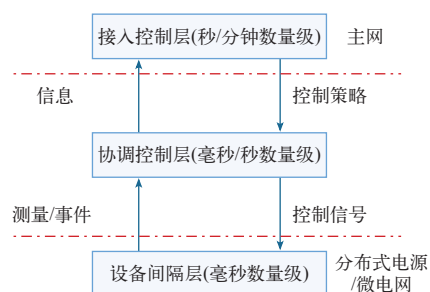


图5 分布式电源三层并网接入控制响应图

系统投运后，接入控制系统根据运行情况自动选择相应的控制策略，图6为正常优化运行情况下的各电源出力及负荷功率变化图，从图6中可以看出风光储出力互补，一方面可以平抑风光出力波动；另一方面当负荷增大，风光出力不足时，储能系统存储的能量迅速释放，填补了该时段配电网的出力不足，起到了削峰填谷的作用。

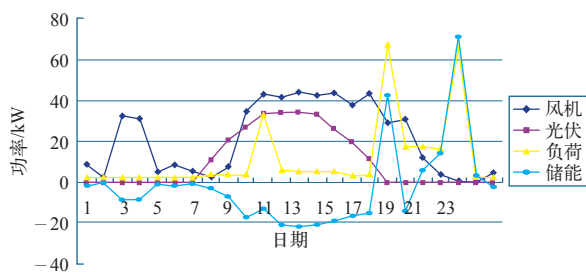


图6 典型日各微源出力及负荷功率

当发生电压越限故障时，系统发现故障后保护迅速动作，经过4个周波后切断故障源，并将信息上送到接入控制主站。

4 结束语

各示范工程的实际应用，验证了该系统能够

对接入配电网的分布式电源、微电网的运行状态进行监视，并实现了对控制区域内的新能源有序接入、协调调度、优化运行和主动管理。此外，相关高级应用软件模块的正常运行，充分考虑了微电网在并网运行和孤岛运行两种状态下的相关特性。配电网分布式电源接入控制验证DGM-8000系统的有效性和可行性，为后续分布式电源及微电网接入控制系统相关理论的研究打下了坚实的基础。

参考文献

- [1] 王兴刚. 从智能微网到智能配电网的分析 [J]. 云南电力技术, 2009, 37 (4): 1-2.
- [2] 韦钢, 吴伟里, 胡丹云, 等. 分布式电源及其并网时对电网的影响 [J]. 高电压技术, 2007, 33 (1): 36-40.
- [3] 胡学浩. 分布式发电 (电源) 技术及其并网问题 [J]. 电工技术杂志, 2004, 10: 1-5.
- [4] 徐丙垠. 智能配电网讲座 [J]. 供用电, 2009, 26 (4): 22-27.
- [5] 王成山, 李鹏. 分布式发电、微网与智能配电网的发展与挑战 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34 (2): 10-14, 23.
- [6] 王赛一. 分布式电源及对配电网系统的影响 [J]. 上海电力, 2006 (5): 515-518.
- [7] 杨文字, 杨旭英, 杨俊杰. 分布式发电及其在电力系统中的应用研究综述 [J]. 电网与水力发电进展, 2008, 24 (2): 39-43.

(收稿日期: 2016-02-20) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告