DOI:10.12158/j.2096-3203.2019.04.006

主动配电网自动电压控制系统架构设计

邹大云，陈根军，徐晓亮，赵月辉
（南京南瑞继保电气有限公司，江苏 南京 211102）

摘 要：针对配电网中引入大量分布式电源后运行特性和无功电压特性与传统配电网的显著差别，提出了基于配电自动化系统的主动配电网自动电压控制系统架构。以馈线实时拓扑连接为基础，提出以无功可调设备为控制对象的自治控制区域划分方法。设计了以自治控制区域作为控制单元的电压无功控制策略，包括电压控制分区策略、电压越限控制策略、馈线无功越限控制策略及与其他系统的协调控制策略和安全闭锁策略，并给出了主动配电网自动电压控制系统的整体流程。结合实际案例验证了文中所述主动配电网自动电压控制系统架构是一种在配电自动化系统层面进行电压无功控制的有益探索。

关键词：主动配电网；自治控制区域；自动电压控制
中图分类号：TM762 **文献标志码**：A **文章编号**：2096-3203(2019)04-0042-06

0 引言

随着电网自动化技术的高速发展，高压配电网无功电压控制技术已较为成熟，基于能量管理系统（energy management system，EMS）的自动电压控制（automatic voltage control，AVC）已经在各级调度系统广泛应用。但对于中压配电网，自动化水平相对落后，配电网数据采集比例低，且部分遥测实时性差，并不具备可观测性，再加上馈线上配备的无功补偿设备不能接收远方控制，这使得基于配电自动化系统的无功电压自动控制难以实现。

由于全球新能源技术的发展，CIGRE C6.11 工作组提出了主动配电网（active distribution network，ADN）技术，其定义如下：主动配电网是可以综合控制分布式能源（分布式电源（distributed generation，DG）、柔性负载和储能）的配电网，可以使用灵活的网络技术实现潮流有效管理，分布式能源在其合理的监管环境和接入准则基础上对系统承担一定的支撑作用[1]。很多文献也对主动配电网技术做了大量研究[2—6]，主动配电网技术的推广及应用为中压配电网的无功电压协调控制带来了契机。首先，主动配电网引入了大量可控的分布式能源，使配网电压无功控制的手段更加丰富；其次，智能设备如智能终端（remote terminal unit，RTU）、智能配变终端（transformer terminal unit，TTU）在主动配电网中将会广泛应用，使配网实时数据采集的比例大大提高，配电自动化系统对配网范围内可观测区域大大增加；另外，智能设备除了能上送遥测、遥信等信息外，还能接收主站的遥控、遥调指令，这使得在配电自动化系统中实现自动电压控制成为可能[7—8]。

与此同时，分布式发电的高渗透也对配电网的电压水平及控制策略产生一系列复杂的影响，对主动配电网的电压无功控制策略还需要进行深入研究。目前，主动配电网电压无功协调控制已成为主动配电网领域研究的热点，但大部分研究均是基于最优化理论，对整个配电网的无功电压调节设备和配电网各处的有功无功潮流进行综合优化，数据量大，控制对象多，算法复杂，难以实用化[9—12]。文献[13]提出以变电站电压协调控制器与馈线电压协调控制器交互确保变电站低压母线所有馈线的电压水平。文献[14—15]提出电压分层协调控制策略，对控制设备进行分层分区控制，通过不同层次、不同时间尺度控制配合，实现兼顾网络复杂性与调节实时性的电压控制。文献[16—19]介绍了一些主动配电网最优化控制的理论研究。

文中结合已有的研究成果，提出了主动配电网自动电压控制系统架构，并提出基于实时拓扑分区的自治控制区域电压无功协调控制模式，以实时馈线自治控制区域作为控制单元，实现主动配电网的自动电压控制。

1 主动配电网下的无功电压特性

主动配电网是在 DG 大量接入情况下提出的，其目的在于尽可能地消纳 DG，但大量接入的 DG 将会显著影响配电网的潮流分布特性，这使得 DG 的消纳和配电网的安全稳定运行互为矛盾。因此，须深入研究 DG 大量接入后对配电网的影响，方能实现配电网的主动控制。

DG 接入不仅改变了传统配电网能量单向流通

收稿日期：2019-01-11；修回日期：2019-03-20

的特性,更因采用电力电子变换器的连接使得配电网的无功电压稳态和暂态特性都发生了显著变化,对配电网无功电压控制带来了很大的挑战。文献[10]介绍了不同种类 DG 的稳定性和可控性的差异。配电网无功电压特性与 DG 渗透率的高低相关,高渗透率 DG 接入将影响 ADN 的全局电压无功特性[1]。另外,DG 对配电网电压分布的影响程度还与 DG 出力、接入位置、接入模式、功率因数等相关[9—12]。DG 出力越大对配电网电压的支撑越明显,接入点越接近末端节点对线路电压分布的影响越大,滞后功率因数对电压的提升更明显。在相同渗透率下,DG 分散接入比集中接入对电压的支撑作用更强。

2 配电网自动电压控制系统架构

主动配电网要实现主动调控的基础是实现全面量测,因此要求有与之配套的配电网自动化、通信和能量管理系统建设。传统配电网由于网架结构相对固定、调控设备较为单一,而且受通信系统的限制,多数采用“站内自动控制、站外就地控制”的独立措施,相互之间没有协调,而主动配电网则具备了全局协同控制、精准控制的环境和条件。主动配电网的无功集中控制对象可以分为两类:(1)传统的无功电压控制设备,例如电容器、有载分接开关(on load tap changer,OLTC)等;(2)无功连续调节设备,例如分布式能源,配网静止同步补偿器(distribution static synchronous compensator,DSTATCOM)等。

2.1 对传统设备的协调控制

鉴于国内的实际情况,馈线上的配电变压器几乎没有采用 OLTC,更多的是采用低压侧的电容器补偿。当前由于配网通信系统建设滞后的限制,配变低压侧电容器难以参与馈线的电压无功协调控制,只能为就地控制。而在主动配电网中,自动化水平提高,配电变压器低压侧通常配置可调容抗器或静止无功补偿器(static var compensator,SVC),配变也装设智能 TTU 与配电自动化系统进行通信。这样既可实现配电自动化系统与配变无功调节信息的交互,又使得配变智能 TTU 能接受配网主站的指令,无功调节设备参与无功控制中来。

2.2 对无功连接调节设备的协调控制

主动配电网中无功连续调节设备主要包括 DG 和 DSTATCOM 等。DSTATCOM 是近些年逐渐兴起的一种动态无功补偿设备,其作用是快速响应电网运行需要,能够平滑连续地平衡无功负荷。DG 也具有无功调节能力,可通过制定合适的控制策略对其进行无功控制[9]。DSTATCOM 和 DG 通常配置智能 RTU,能与配电自动化系统进行信息交互并能接收配电自动化系统的遥调指令,参与到馈线电压无功的的协调控制中来。

2.3 自动电压控制系统架构

基于配电自动化系统的自动电压控制系统要实现馈线电压和无功的实时协调控制。按照当前电网中 EMS 系统和配电自动化系统(distribution automation system,DAS)的控制范围,文中设计的配电网自动电压控制系统框架如图 1 所示。

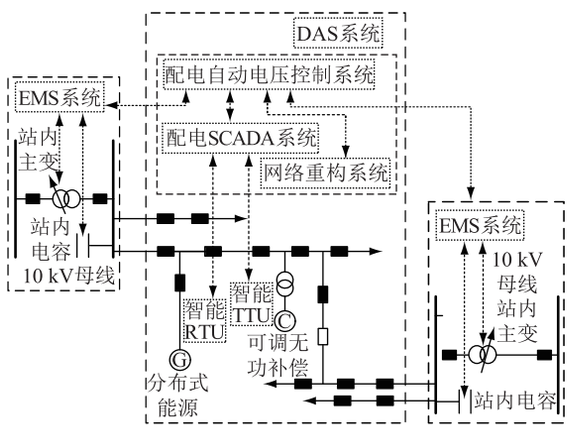


图 1 配电网自动电压控制系统架构

Fig.1 Automatic voltage control system architecture of distribution network

图 1 中间为 DAS 系统控制范围,两侧小框为 EMS 系统控制范围,双向箭头表示双向信息流。EMS 系统通过对站内主变和电容器的控制,使变电站所连馈线的电压水平保持在一定范围;DAS 系统的网络重构系统通过改变网络拓扑来改变馈线无功电压分布;DAS 系统的自动电压控制系统通过配电数据采集与监控系统(supervisory control and data acquisition,SCADA)采集智能终端上送的各类信息(包括分布式能源和可调无功补偿信息),计算 DAS 系统中各条馈线的电压无功越限情况,结合内置协调控制策略判断,将控制指令通过 SCADA 系统下发到各个智能终端,无功可调设备按智能终端接收的控制指令增减无功,实现整个配电网的闭环控制。配网自动电压控制系统作为 DAS 系统的一个子系统,可实时与 DAS 系统的其他功能模块通信,如可请求网络重构系统通过网络拓扑的改变来改变无功电压的分布;同时,配网自动电压控制系统可通过 DAS 系统与 EMS 系统的信息交互实现 EMS 系统站内无功调节的支援。

基于以上系统架构,研究配电网自动电压控制的控制策略,按照电网无功“分层分区”平衡的原

则,配电网也应该按区域进行电压无功控制,特别在分布式资源引入配电网后,不同区域引入了无功源,按区域进行控制变得更为合理。

3 自动电压控制模式

3.1 电压控制分区

配电网覆盖面广,导电设备多,受数据采集质量和数据点规模的限制,基于配电自动化系统的自动电压控制系统不可能对每个点均进行分析。因此,找到代表配电网局部区域电压水平的关键节点是实现电压无功自动控制的关键因素。

馈线开关是配电网的重要设备,配电网采集的量测总体偏少,但对于馈线开关的量测采集比较齐全,而且可通过馈线开关将馈线分成一个个的区域。加上配变智能 TTU 采集的配变高低压侧电压和 DG 智能设备采集的并网点电压,便可以使馈线各区域的电压具有可观测性。因此,将配网按馈线开关进行分区域控制是配电自动化系统实现自动电压控制的重要手段。

根据馈线内设备的实时拓扑关系,约定控制区域中如果包含无功可调设备(可调配变、可调 DG 等)则为自治控制区域,不含无功可调设备的区域为非自治控制区域。自治控制区域按如下原则划分:(1) 馈线上 2 个分段开关间隔内如果包含无功可调设备(可调配变、可调 DG 等),则为 1 个独立的自治控制区域;(2) 馈线上从分支界定开关到线路末端如果包含无功可调设备(可调配变、可调 DG 等),则为 1 个独立的自治控制区域。

自治控制区域内所有设备的越限均可通过该区域内的无功可调设备进行调节。实时连接馈线内不在自治控制区域内的设备集合形成非自治控制区域,非自治控制区域不包括无功可调设备。非自治控制区域电压越限和馈线功率因数越限也通过自治控制区域内的设备进行调节。文中所述主动配电网自动电压控制系统即是以实时拓扑为基础,以自治控制区域为单元进行的电压无功实时控制。如图 2 所示,区域 1 和区域 2 为自治控制区域,区域 1 和区域 2 外的所有设备组成非自治控制区域。

3.2 电压越限控制

对母线、配变、分布式电源、开关等具有电压采集点的设备进行电压校正控制,当电压越限时,将根据控制逻辑给出相应的控制策略,如果闭环运行则将实际控制命令下发。电压越限控制以自治控制区域为单元进行调节,按以下策略进行调节:

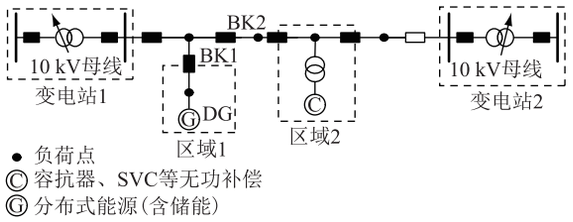


图 2 自治区域划分示例

Fig.2 Example of autonomous region division

(1) 自治控制区域内可调设备越限,调节该可调设备;

(2) 自治控制区域内非可调设备越限,调节该区域内的无功可调节设备;

(3) 实时连接馈线内非自治控制区域设备越限,按越限设备与自治控制区域内无功可调设备电气距离远近依次调节该实时馈线内自治控制区域内的可调设备。电气距离指越限设备对无功可调设备调节灵敏度的大小。

在闭环运行控制指令形成前,将进行安全闭锁策略校验,通过校验后方可形成控制指令。

3.3 馈线无功越限控制

监视馈线出线开关处的功率因数和无功,当功率因数或无功越限时,能通过馈线内无功可调设备的无功调节使馈线无功恢复到指定范围。馈线无功调节也以自治控制区域为单元来补偿馈线进线开关处的无功,按自治控制区域与馈线进线开关电气距离远近来优先选择自治控制区域进行调节。同样,控制策略也要经过安全闭锁策略校验后才能形成控制指令。

3.4 与其他系统协调控制

当通过对无功调节设备的调节不足以使主动配电网电压和无功水平恢复正常时,通过与 DAS 网络重构模块的接口触发网络重构,改变网络拓扑使电压和无功恢复正常。如图 1 所示,AVC 系统和网络重构系统同为配电自动化系统的子系统,可通过系统总线进行消息交互,实现相互之间的配合。文献[20]阐述了网络重构是配电网优化运行的重要手段,具有均衡负荷、消除过载、改善电压分布等功能,可基于全局电压及负荷的控制,调整网络拓扑结构,实现配电网电压控制。

当 ADN 整体电压水平偏高或偏低且无功调节设备已无调节手段时,通过与 EMS 的接口,通过 EMS 调节站内主变分接头或电容器使馈线电压水平恢复。文献[21]介绍了 EMS、DAS 系统无功电压控制迭代流程,文中参考其方案将配电网实时连接馈线的电压上下限范围作为 EMS 自动电压控制系

统的电压约束,通过 EMS 自动电压控制系统的调节使变电站所连馈线电压恢复。

3.5 安全闭锁策略

AVC 系统对电压无功调节设备直接进行遥控遥调,与一般调度自动化软件相比,安全措施更为重要。文中充分考虑控制流程的各个阶段,从数据处理、电网运行、策略执行等方面对控制的安全性进行考虑。

(1) 数据安全策略。在考核量测数据时引入设备运行可信度概念,结合遥测遥信考核评分系统判断开关刀闸的真实状态及模拟量的可信度,使得软件可以处理真实完整的配网模型,使得馈线实时拓扑判断及自治控制区域划分正确。为了避免电压、无功的瞬时突变影响软件误发指令,对电压无功的遥测值进行多次采样,只有连续采样值都越限时才判断为越限。当从 SCADA 获取的遥测量带有不良质量标志、遥测量超出指定范围或遥测量不满足电网运行基本规律时,均认为该遥测量无效,闭锁调节。

(2) 设备控制安全策略。配网自动电压控制系统应考虑多种情况下的设备闭锁,以确保设备安全和控制正确。当设备处于就地状态或已经处于闭锁状态时禁止调节。

(3) 调节合理性安全策略。利用灵敏度分析判断设备调节后对馈线其它设备电压和馈线无功的影响,若引起其他设备越限或使馈线无功越限,将禁止调节转而调节其他可调设备或改变调节指令值重新校验。

综合以上策略,可形成主动配电网自动电压控制系统的整体流程,如图 3 所示。图 3 中"有调节手段"是指实时连接馈线内的无功可调设备还具有无功调节能力。当有调节手段时通过 3.2 和 3.3 节控制策略进行调节,当无调节手段时通过 3.4 节控制策略与网络重构或 EMS 系统进行协调控制。

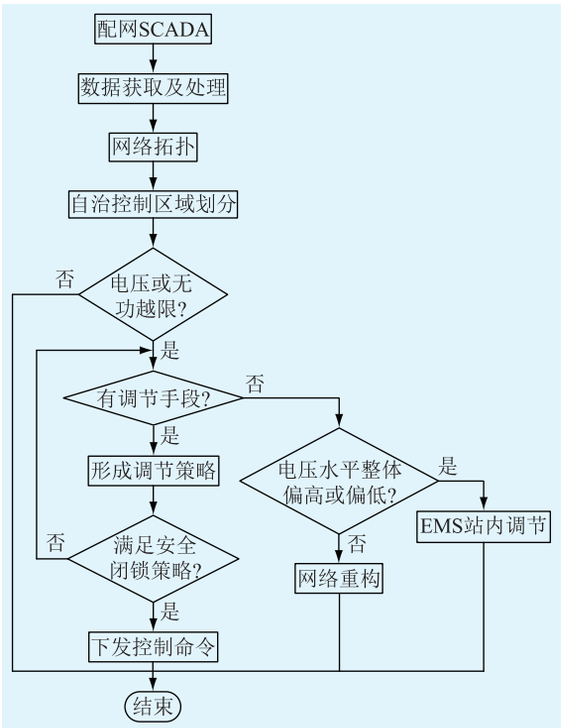


图 3 配电网自动电压控制整体流程

Fig.3 Overall flow chart of distribution network automatic voltage control

4 实例分析

利用文中所述方法设计的主动配电网自动电压控制系统(distribution network automatic voltage control,DAVC)已在南瑞继保配电自动化系统(PCS-9000)平台上开发与集成。该系统已成功应用于上饶主动配电网配电自动化系统中,上饶主动配电网中,有 233 台专变可通过智能 TTU 遥调其无功设定参数,5 个 10 kV 光伏并网站点可通过智能 RTU 进行无功调节。在实际运行过程中,DAVC 系统能根据 SCADA 采集正确进行自治控制区域划分,当馈线内出现电压越限或功率因数越限时,DAVC 系统能正确给出调节策略,当系统处于闭环时,能将控制策略正确下发给对应终端设备。通过连续实时控制,能将配电网的电压无功水平维持在合格范围内。

上饶主动配电网其中 2 条馈线的联络图如图 2 所示,其中 BK1 开关、BK2 开关、DG 的采集电压在某天的实测曲线如图 4—图 6 所示。

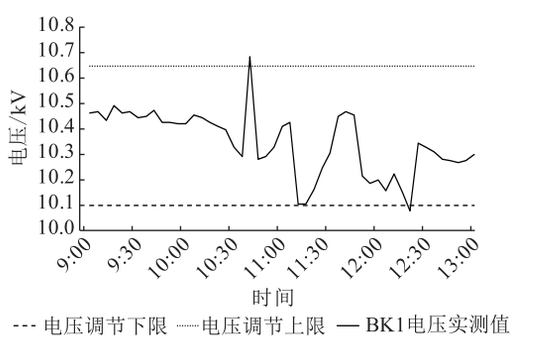


图 4 开关 BK1 实测电压曲线

Fig.4 Actual voltage curve of breaker BK1

从图 4 看出,在当日 BK1 电压出现两次越限,BK2 电压出现一次越限,DG 电压出现一次越限。在 DAVC 系统闭环运行情况下,表 1 为自动电压控制系统闭环后的实时调节策略。(图 4—图 6 实测曲线来自于系统历史数据导出,间隔为 5 min,

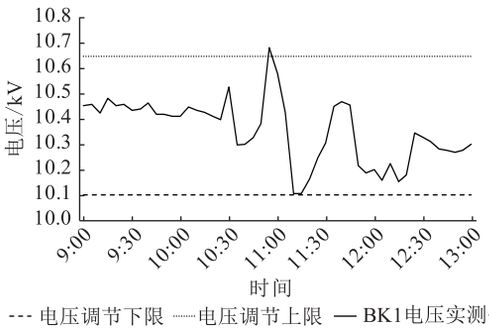


图 5 开关 BK2 实测电压曲线

Fig.5 Actual voltage curve of breaker BK2

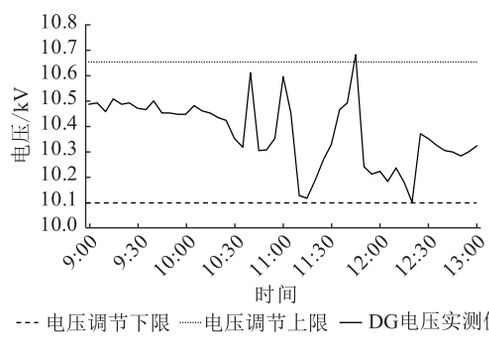


图 6 DG 实测电压曲线

Fig.6 Actual voltage curve of DG

DAVC 系统并非在 5 min 整点采样,而是实时采样实时调节,所以表 1 中时间并非是 5 min 整点)。

表 1 实时调节策略

Table 1 Real-time adjustment strategy

时间	越限设备	越限类型	实测电压	调节策略
10:40:23	BK1	越上限	10.68	DG 减无功
10:55:02	BK2	越上限	10.67	DG 减无功
11:45:32	DG	越上限	10.66	DG 减无功
12:23:17	BK1	越下限	10.08	DG 增无功

在图 2 中,BK1 和 DG 同属于自治控制区域 1,区域内具有一个分布式电源 DG1,BK2 属于非自治控制区域。当 BK1 和 DG 电压越限时均通过 DG 的无功调节使电压恢复到正常范围,BK2 越限时调节与其电气距离最近的无功可调设备,在图 2 中为 DG。表 1 实时控制策略说明文中设计的自动电压控制系统,可利用分布式电源等无功可调设备的调节能力使配电网电压保持在正常水平。

5 结语

主动配电网中由于大量分布式电源的接入,其运行特性和无功电压特性与传统配电网有着显著差别。文中所述主动配电网自动电压控制架构是一种在配电自动化系统层面进行电压无功控制的探索。加强主动配电网自动电压控制研究对主动配电网安全经济运行有着重要意义。

参考文献:

[1] 范明天,张祖平,苏傲雪,等. 主动配电系统可行技术的研究[J]. 中国电机工程学报,2014,33(22):12-18.
FAN Mingtian,ZHANG Zuping,SU Aoxue,et al. Enabling technologies for active distribution systems[J]. Proceedings of the CSEE,2013,33(22):12-18.

[2] 王蓓蓓,李扬,高赐威. 智能电网框架下的需求侧管理展望与思考[J]. 电力系统自动化,2009,33(20):17-22.
WANG Beibei,LI Yang,GAO Ciwei. Demand side management outlook under smart grid infrastructure [J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(20):17-22.

[3] 刘东,张弘,王建春. 主动配电网技术研究现状综述[J]. 电力工程技术,2017,36(4):2-7.
LIU Dong,ZHANG Hong,WANG Jianchun. Review on the state of the art of active distribution network technology research [J]. Electric Power Engineering Technology,2017,36(4):2-7.

[4] 王昌照. 基于大数据的"三统一"配电网规划辅助决策系统[J]. 供用电,2017,34(1):32-37,23.
WANG Changzhao. "Three unified" decision-making support system of distribution network planning based on big data [J]. Distribution & Utilization,2017,34(1):32-37,23.

[5] 尤毅,刘东,于文鹏,等. 主动配电网技术及其进展[J]. 电力系统自动化,2012,24(18):10-16.
YOU Yi, LIU Dong, YU Wenpeng, et al. Technology and its trends of active distribution network [J]. Automation of Electric Power Systems,2012,24(18):10-16.

[6] YALVERDE G,VAN C T. Model predictive control of voltages in active distribution networds[J]. IEEE Trans on Smart Grid,2013,4(4):2152-2161.

[7] 胡晓菁,陈磊,牛全保,等. 配电网低电压治理关键问题研究[J]. 供用电,2017,34(2):35-39.
HU Xiaojing,CHEN Lei,NIU Quanbao,et al. Research on the key issues of low voltage management in distribution networks [J]. Distribution & Utilization,2017,34(2):35-39.

[8] 陈浩,王海蓉,余英杰. 基于配电网最大供电能力理论的规划应用研究[J]. 供用电,2017,34(2):55-58,63.
CHEN Hao,WANG Hairong,YU Yingjie. TSC-based planning applied research for distribution networks [J]. Distribution & Utilization,2017,34(2):55-58,63.

[9] 陈旭,张勇军,黄向敏. 主动配电网背景下无功电压控制方法综述[J]. 电力系统自动化,2016,40(1):143-151.
CHEN Xu,ZHANG Yongjun, HUANG Xiangmin. Review of reactive power and voltage control method in the background of active distribution network [J]. Automation of Electric Power Systems, 2016,40(1):143-151.

[10] 康龙云,郭红霞,吴捷,等. 分布式电源及其接入电力系统时若干研究课题综述[J]. 电网技术,2010,34(11):43-47.
KANG Longyun,GUO Hongxia,WU Jie,et al. Characteristics of distributed generation system and related research issues caused by connecting it to power system [J]. Power System Technology,2010,34(11):43-47.

[11] MAJUMDER R. Aspect of voltage stability and reactive power support in active distribution[J]. IET Generation Transmission & Distribution, 2014,8(3):42-45.

[12] WALLING R A,SAINT R DUGAN R C,et al. Summary of distributed resources impact on power delivery system[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2008, 23(3):1636-1644.

[13] 尤毅,陈炯聪,余南华. 主动配电网电压协调控制[J]. 南方电网技术,2015,9(9):81-86.
YOU Yi, CHEN Jiongcong, YU Nanhua. Coordinated voltage control of active distribution network[J]. Southern Power System Technology,2015,9(9):81-86.

[14] 陈飞,刘东,陈云辉. 主动配电网电压分层协调控制策略[J]. 电力系统自动化,2015,39(9): 61-67.
CHEN Fei, LIU Dong, CHEN Yunhui. Hierarchically distributed voltage control strategy for active distribution network[J]. Automation of Electric Power Systems,2015,39(9):61-67.

[15] 刘东,陈云辉,黄玉辉,等. 主动配电网的分层能量管理与协调控制[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(31): 5500-5506.
LIU Dong, CHEN Yunhui, HUANG Yuhui, et al. Hierarchical energy management and coordination control of active distribution network[J]. Proceedings of the CSEE,2014,34(31): 5500-5506.

[16] 张明晔,郭庆来,孙宏斌, 等. 基于合作博弈的多目标无功电压优化模型及其解法[J]. 电力系统自动化,2012,38(18):116-121.
ZHANG Minye,GUO Qinglai,SUN Hongbin,et al. A cooperative game theory based multi-objective reactive voltage optimization model and its solution [J]. Automation of Electric Power Systems,2012,38(18):116-121.

[17] 黄素娟,张晓青,孙保华,等. 主动配电网协调控制系统设计及应用[J]. 电力工程技术,2017,36(4):25-30.
HUANG Sujuan,ZHANG Xiaoqing,SUN Baohua,et al. Design and application of coordinated control system in active distribution network [J]. Electric Power Engineering Technology, 2017,36(4):25-30.

[18] FABIO B,ROBERTO C,VALTER P. Radial MV networds voltage regulation with distribution management system coordinated controller[J]. Electric Power Systems Research,2008,78(4):634-645.

[19] CALDERARO V,CONIO G,GALDI V. Optimal decentralized voltage control for distribution systems with inverter-based distributed generators[J]. IEEE Trans on Power Systems,2014, 29(1):230-241.

[20] 廖秋萍,吕林,刘友波,等. 考虑重构的含可再生能源配电网电压控制模型与算法[J]. 电力系统自动化,2017,41(18):1-8.
LIAO Qiuping,LYU Lin,LIU Youbo,et al. Model and algorithm of voltage regulating for distribution network with renewable energy based on reconfiguration [J]. Automation of Electric Power Systems,2017,41(18):1-8.

[21] 吴文传,张伯明,巨云涛,等. 配电网高级应用软件及其实用化关键技术[J]. 电力系统自动化,2015,39(1):213-219.
WU Wenchuan,ZHANG Boming,JU Yuntao,et al. Distribution network advanced application software and its key techniques [J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(1): 213-219.

作者简介:


邹大云

邹大云(1986),男,硕士,工程师,从事自动电压控制系统开发研究工作(E-mail:zoudy@nrec.com);

陈根军(1974),男,博士,研究员级高级工程师,从事调度自动化系统开发工作;

徐晓亮(1981),男,硕士,高级工程师,从事调度自动化系统开发工作。

Architecture design of automatic voltage control system for active distribution network

ZOU Dayun, CHEN Genjun, XU Xiaoliang, ZHAO Yuehui

(NR Electric Co., Ltd.,Nanjing 211102,China)

Abstract:Aiming at the significant differences between operating characteristics, reactive voltage characteristics and traditional distribution networks after the introduction of a large number of distributed power sources in the distribution network, an automatic voltage control system architecture of active distribution network based on distribution automation system is proposed. Based on the real-time topology connection of feeders, an autonomous control region division method with reactive power adjustable device as the control object is proposed, including: voltage control partition strategy, voltage over-limit control strategy, feeder reactive over-limit control strategy,coordinated control strategy with other systems and safety blocking strategy. Then, a voltage and reactive power control strategy based on autonomous control region is designed, and the overall flow of the automatic voltage control system for distribution network is given. Finally, combined with the actual case, the active distribution network automatic voltage control system architecture described in this paper is a useful exploration of voltage reactive power control at the level of distribution automation system.

Keywords:active distribution network;autonomous control area;automatic voltage control

(编辑 钱悦)