

智能配电网 AVC 技术探讨

丁晓群, 陆鹏程, 周玲

(河海大学能源与电气工程学院, 江苏南京 210098)

摘要: 针对当前我国配电网 AVC 建设滞后和加快发展的必要性, 结合传统 AVC 的目标和智能配电网的特征, 提出建设智能配电网 AVC 的理念和框架, 总结出智能配电网 AVC 系统的目标、主要组成和关键技术, 希望对智能配电网 AVC 的研究和开发起到抛砖引玉的作用, 并呼吁加大对智能配电网 AVC 的投入。

关键词: 智能配电网; AVC; 自愈; 海量数据; 谐波; 动态无功优化

中图分类号: TM76

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2011)02-0052-03

目前, 智能电网正在成为全世界范围关注的焦点, 世界各国为解决当前电网存在的问题和达到政策要求而积极建设更可靠、更高效、抵抗灾害能力更强、更环保和与用户友好互动的电网^[1,2]。我国电网长久以来形成“重输轻配”的局面, 配电网的重要性不言而喻, 这种局面影响了电网系统的整体性能和效率^[2], 而配电网在无功优化和电压控制方面的研究相对更加薄弱。

尽管目前传统的 AVC 在解决电压合格率、功率因数合格率、降低网损率和有效减少电力变压器分接开关、电容器、电抗器设备的动作次数等方面发挥着重要作用, 但也存在调节过程不够精细, 还不能做到真正意义上的无功就地、分层平衡, 不能完全合理地控制电压波动等问题^[3,4], 不能在电网出现故障时自愈地恢复电压, 而自愈是智能配电网的重要特点和目标, 因此, 智能配电网 AVC 的研究势在必行, 必须和智能电网的建设同步进行。本文尝试性地提出智能配电网 AVC 的目标, 构建智能配电网 AVC 的框架, 讨论研究了智能配电网 AVC 的主要技术。

1 智能配电网 AVC 的目标

1.1 兼容传统 AVC

当前, 传统 AVC 仍在输电网侧起着重大作用, 并且取得了很好的经济和社会效益, 智能配电网 AVC 的研究和开发应当在传统 AVC 的基础上进行, 并兼容传统 AVC, 做到有条不紊, 逐步取代。

1.2 自适应

不受任何通道或电网故障等影响, 分布式计算得到的结果适应于任何变化的运行方式需要的功能^[5]。

1.3 自愈

智能配电网 AVC 依靠建立在就地计算补偿构成的闭环控制系统进行自愈, 该系统首先能够进行

电压的自动优化调整, 其次在配网电压出现异常和故障时能自行诊断、隔离故障, 必要时自动寻求替代元件和设备, 恢复正常供电, 达到减少电压崩溃, 最终达到避免目前大量存在的因电压问题导致的停电的目的; 再者, 智能配网 AVC 应该能够有效抵御攻击, 帮助电网提高防灾能力。

1.4 考虑海量数据的处理

配电网用户多、电力元件和设备多, 需要采集和监控的节点繁多, 必然导致需要处理海量数据。

1.5 电力市场下的无功优化

电力系统的垄断经营已经阻碍了电力行业的发展和管理水平的提高^[6], 电力市场产生的高效率和优化资源配置已经得到广泛认可, 我国正在加快电力市场的建设, SDG AVC 应当考虑到如何适应电力市场环境下的运行。

1.6 和有功调度协调

传统无功电压控制把有功频率控制和无功电压控制分开, 简化了控制模型, 虽然优化结果也令人满意, 但是在有功满负荷运行时限制了无功输出的容量, 影响无功优化结果。智能配电网的 AVC 系统需要将无功优化和有功调度协调考虑进去。

1.7 其他

- (1) 动态电压调节, 动态无功优化;
- (2) 优化模型考虑谐波电压;
- (3) 无功就地补偿, 形成经济压差无功补偿;
- (4) 布局;
- (5) 考虑分布式电源的投切, 保证电能质量;
- (6) 资源和设备的高效使用, 降低农网线损;
- (7) 和用户友好互动, 提高社会用电效率;
- (8) 进一步减少工作人员劳动和设备折旧, 保障人员和设备安全。

为了更直观地说明 SDG AVC 的先进性, 如表 1 所示, 提供了目前 AVC 和智能配电网 AVC 的一般比较情况。

表 1 目前 AVC 和智能配电网 AVC 的比较

项目	目前 AVC	智能配电网 AVC
通信通道	模拟、数字混合	数字通道
与用户互动	很少	很多
人员依赖程度	较大	很小
可靠性	倾向于故障和电力中断	自适应保护
供电恢复	人工	自愈
功率来源	集中发电	集中发电和分布式电源
线损	较大	较小
潮流分析	有功潮流	有功、无功潮流、双向潮流
减少气体排放	帮助不大	帮助较大
数据库容量	不大	海量

2 智能配电网 AVC 的框架

2.1 主要流程

图 1 中的框架图对智能配电网 AVC 系统进行了细致的描述,首先从经过完善的智能配网 SCADA 系统采集数据,系统分两部分运行:如果配电网系统正常运行则在考虑谐波电压、电压波动、冲击电压、分布式电源等电压影响因素后进入电压分析模块,然后再进入无功分析模块后进行闭环潮流、双向潮流的计算和分析,实现真正意义上的无功就地补偿,然后发出控制指令,命令控制中心控制执行;如果配电网出现故障,则交由自愈模块进行故障定位、故障分析和故障解除,最终恢复系统的正常运行。

2.2 说明

潮流计算:配电网网络拓扑结构复杂,并行潮流计算将大大提高计算速度,但是双向潮流的出现会引起系统网损发生变化,系统需要在几方面取得平衡。

分布式电源:分布式电源并网运行可能降低系统安全可靠,系统故障时可能会加重电压跌落,此外,还需研究分布式电源接入系统引起的电压波动问题,同时还要考虑分布式电源中的某些元件产生的谐波问题。

政策性因素:阶梯式电价等政策对负荷总量的影响,会降低负荷预报的精度,最终影响无功补偿容量。

3 智能配电网 AVC 的主要技术

3.1 自愈关键技术

自愈是智能配电网区别于传统配电网的重要特征,同时也是智能配电网 AVC 的关键目标,文献

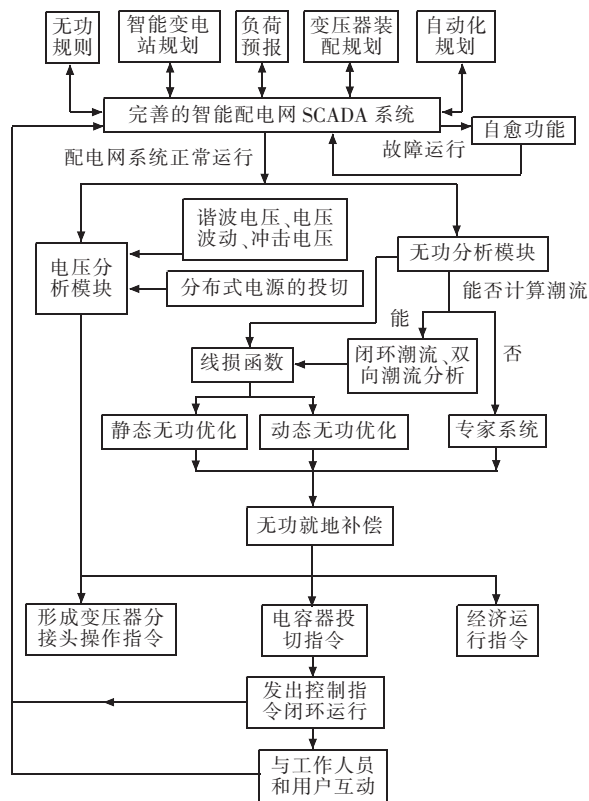


图 1 智能配电网 AVC 系统的流程框架图

[7] 中提出的智能配网自愈技术可以为智能配网 AVC 借鉴使用的关键技术有:馈线自动化技术、配网闭环运行故障隔离技术及配网广域测控技术等。

(1) 馈线自动化技术^[8]。目前的馈线自动化技术依赖主站远方遥控采集与监控数据,实施无功补偿调压,故障定位、隔离及自动恢复供电,可将自愈的速度提高至“几秒级”。

(2) 配网闭环运行故障隔离技术。配电网在线路出现故障时快速需快速隔离、切除故障,而使非故障线路的供电基本不受影响,保证 SDG AVC 的闭环运行。

(3) 配网广域测控技术。当前配电网的测控装置少,设备在线检测、配电网运行数据采集、数据传输、分析与管理服务滞后,配网广域测控技术可较大程度提高配电网信息交换与集成的水平。

3.2 先进的通信和数据处理技术

智能配电网是一个高度开放的网络系统,需要通过建立先进的通信系统来实现系统每一部分都能双向通信。

AVC 系统应当对 SCADA 等平台一体化设计,实现数据的无缝连接。而目前配网 SCADA 系统由于起步晚、配网设备多、用户多、改动多、故障频率高等原因尚不完善。配网 SCADA 系统作为配电网自动化的基础,需要加快研究和开发进度。

传统 AVC 数据库容量较小,随着智能配网建设的深入,必然要求智能配电网 AVC 考虑和存储

海量数据^[9]。

系统可采用数据全息无损压缩技术和先进的分布式数据库技术。此外,智能配电网 AVC 自身携带的某些工具软件,高度集成接口、趋势、报表等服务在数据库内,使得系统更简洁高效。

不仅如此,系统还应做到:将异常数据自动推送出来,便于用户将更多的精力放在应用的易用性和实用性上,提高自动化水平;借助海量数据的迅捷吞吐和长时间的数据在线存储,完整、精确和无损地再现任一时间段的故障回放;将可视化组态工具嵌入数据库,与数据捆绑,方式更加灵活,历史状态回放更加方便;服务器不对未请求的压缩数据解压,避免系统速度变慢;数据在压缩状态下传输,极大减少对网络带宽的占用;在客户端解压压缩数据,充分有效利用网络中计算资源系统可容纳更多用户同时访问,加快互动化。

3.3 灵活的网络拓扑

灵活的可重构的配电网拓扑需具备如下功能:便于配电网自动化水平的提高;系统在经历电压崩溃等故障时,把故障影响范围局限在最小范围,并可迅速通过 SDG AVC 等系统下发指令恢复对其他部分的供电。

3.4 无功潮流及无功功率的预报

随着我国智能配电网建设的迅速深入开展,配电网的运行方式将会有较大变化,各控制区域间相互影响,传统 AVC 对这些影响的分析不够精细,为避免各相邻子区域间相互影响,在控制目标中加入联络线无功潮流的控制手段,进行无功潮流的计算。此外,依据配电网中的历史数据结合当前系统无功的状态,预计未来一段时间内配电网无功功率的变化趋势,准确的无功预报可以经济合理的安排变压器档位、电容(抗)补偿器等设备的动作和投切容量,保持配电网运行的安全稳定性,减少不必要的无功备用容量,有效提高经济效益和社会效益。

3.5 计及谐波电压

随着配电网中非线性元件的大量使用,谐波污染愈加严重,严重影响电网安全经济运行,在无功优化模型中考虑谐波电压的影响,进行谐波评估和谐波抑制,减少谐波污染,有效提高电能质量。

3.6 动态无功优化

智能配网 AVC 不仅要取得计算模型效率和全局最优间的协调,还应处理好电压波动带来的影响。传统无功优化利用当前时刻的优化结果指导下个时刻的设备动作,这不是真正意义上的动态过程,动态无功优化的结果需要更科学,更精确。

3.7 互动化技术

实时的科学可视化技术不仅能展现配电网无功有关的数据,关键是能深入挖掘运行数据的含义,将高级应用分析出来的结果加以提炼,并进行重点展示,便于用户提取确切相关的信息。智能配电网 AVC 系统在人机交互界面应该能够精细显示实时工况和事项,并能根据用户要求自己选择显示工况和事项、事件回放、更新速度等信息。

移动通信行业的无线网络通讯技术及经营模式可以作为电力行业加快互动化的铺垫和借鉴,必将促进电力系统与用户和工作人员之间更多的互动。

4 结束语

当前我国配电投资比例较小,配电网供电能力弱、可靠性差、线损率高,传统 AVC 系统在配电网方面的研究和应用较少,智能配网 AVC 不仅要解决上述现存问题,还要积极应对智能配电网电压控制和无功优化方面的新问题。本文对智能配电网的 AVC 的理念和技术进行尝试性的研究,希望能起到抛砖引玉的作用。配电网地位的重要性和严峻的现实问题,迫切需要我们加快对智能配电网 AVC 的研究和发展。

参考文献:

- [1] Saifur Rahman. The Smart Grid and Its Benefits and Challenges [C]. International Forum on Smart Grid, 17-18 Oct 2009, Nanjing, China.
- [2] 余贻鑫,栾文鹏. 智能配电网[J]. 电网与清洁能源, 2009, 25(1): 7-11.
- [3] 丁晓群,陈 晟,许杏桃,等. 全网无功电压优化集中控制系统在泰州电网的应用[J]. 电网技术, 2000, 24(12): 21-24.
- [4] 丁晓群,黄 伟,邓 勇,等. 基于分级递阶的地调/中心站模式无功电压控制系统[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(5).
- [5] 唐寅生. 智能电网无功电压调控技术支持系统[C]. 面向电力系统的无功优化智能 AVC 研讨会, 2009.
- [6] 曾 鸣. 电力市场理论及其应用[M]. 北京:中国电力出版社, 1998.
- [7] 余贻鑫. 智能电网的原动力、技术组成和实施路线[J]. 南方电网技术, 2009, 3(2): 1-6.
- [8] 龚 静. 配电网综合自动化技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2008.
- [9] 印步(北京)软件有限公司. cDNA 实时数据库在智能 AVC 系统中的应用[Z].

作者简介:

丁晓群(1956-),男,江苏镇江人,教授,主要从事电力系统优化与控制 and 智能电网技术方面的研究和教学工作;

陆鹏程(1986-),男,江苏南通人,硕士研究生,研究方向为电网无功优化、电压自动控制和智能配电网。

(下转第 58 页)

3.3 墙面吸声措施的制定

根据配电所噪声的频谱分析,应选择对中低频有较好吸声性能(特别对 250 Hz 中心频率所在频段上有较好吸声系数)的吸声材料,通过吸声减少变压器振动产生的空气声传播进入墙体转变为结构噪声。为此选择一种“阻尼胶板”,即 PVC 橡胶混合板,该材料广泛应用于汽车、火车等发动机及家用电器的降噪,有良好的减震、降噪功能,对中低频段有着较好的吸声系数。配电所内的侧面墙体和顶面铺设一层阻尼胶板,胶板表面涂抹聚氨防水胶并用铆钉固定于墙面。

4 配电所降噪的效果检查

在先采取墙面吸声处理,再实施变压器减振措施后,分别对黄龙配电所和 12 幢住户家中进行了实际降噪效果测试,结果见表 4。

表 4 治理前后降噪效果对比表 dB

监测点	治理前	墙面吸声治理后		变压器减振治理后	
		治理后	降噪量	治理后	降噪量
2 号变压器箱外	60.8	—	—	54.1	6.7
配电所门 1 外	51.2	—	—	43.8	7.4
12 幢 105 室	35.2	34.3	0.9	30.1	4.2
12 幢 205 室	34.9	33.8	1.1	29.7	4.1

从表 4 可见,采取墙面吸声处理后,配电所上方

住户家中的降噪量为 0.9 dB 和 1.1 dB,变压器减振处理后,住户家中的降噪量为 4.2 dB 和 4.1 dB,住户家中满足建筑物内的结构噪声限值的标准要求,减振措施降低变压器低频噪声的效果要明显优于墙面吸声措施,这与噪声源能量估计的结果基本相符。并且 12 幢的住户一致反映变压器采取吸声和减振处理后,原本的变压器低频结构噪声已基本消除。由此可见采用 2 种治理措施相结合的方式彻底解决了变压器低频噪声的影响。

5 结束语

户内配电所低频噪声主要通过变压器振动传播产生的结构噪声,采用变压器减振和墙面吸声的方法能有效降低住户家中的低频结构噪声,从而降低低频噪声对住宅内的影响。近年来随着城市户内配电所数量的增加,更应该防患于未然,在配电所设计、建设过程中充分考虑选用低噪声变压器,并预先采取设备减振和降噪技术措施,确保此类配电所运行后不再出现噪声扰民现象,提高群众对供电公司的满意度。

参考文献:

- [1] 翟国庆,张邦俊.室内窄频带低频噪声烦恼度与治理对策研究[J].浙江大学学报(理学版),2002,29(1):90-91.

作者简介:

黄敏均(1981-),男,江苏江阴人,助理工程师,从事电力规划及电力环境保护管理工作。

Monitoring and Treatment of Low-frequency Noise of Indoor Distribution Transformer

HUANG Min-jun

(Jiangyin Power Supply Company, Wuxi 214400, China)

Abstract: Based on the survey and monitoring of low-frequency noise pollution caused by indoor distribution transformer installed in high-rise residential buildings, the structure noise in the building caused by the low-frequency noise is analyzed. Then effective measures and implementation plans are selected and proposed. The achieved results are proven to be well and meet the relevant environment standards after the treatments. The paper provides good noise reduction measures for the new built indoor distribution in Jiangyin city, and accumulates some experience in power environmental management.

Key words: indoor distribution transformer; low-frequency noise; structure noise; treatment

(上接第 54 页)

Research on Technology of Smart Distribution Grid AVC

DING Xiao-qun, LU Peng-cheng, ZHOU Ling

(School of Energy and Electrical Eng., Hehai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Against the construction lag and the necessity to accelerating the development speed of Smart Distribution Grid AVC (SDG AVC), the paper presents the concepts and frame, objective, main components and key technologies on the basis of combining current AVC objectives and features of SDG. Authors hope to play a role in attracting valuable opinions in research and development on SDG AVC, also call for increasing investment in SDG AVC.

Key words: Smart Distribution Grid (SDG); AVC; self-healing; mass data; harmonic; dynamic reactive-power optimization