

智能配电网研究

张铁峰¹, 王江涛², 苑津莎¹

(1. 华北电力大学, 河北 保定 071003 2. 保定供电局, 河北 保定 071051)

摘要: 不断增长的高质量电能需求和供电企业改善基础设施的资金不足, 是供电企业面临的主要挑战。为此, 许多国家开始着眼于建造智能化的配电网。文章介绍了智能配电网应用的各种技术, 包括自动计量管理、资产的远程监视和控制、基于 IP 的监控与数据采集技术、移动作业管理、可视化的地理信息系统平台及先进的配电网络分析, 并给出了智能配电网框架。

关键词: 配电网; GIS 自动计量管理; 移动作业管理; 资产的监视和控制; SCADA

中图分类号: TN915.5

文献标识码: A

文章编号: 1005-7641(2007)11-0049-04

0 引言

目前电力传输基础设施基本可满足电力工业的需要, 然而随着高质量、不间断服务电能需求的不断增长, 陈旧资产造成的供电瓶颈将再次显现; 另一方面, 利润空间受到电价政策限制和供电区域市场容量限制, 供电企业没有足够的资金应付日益增长的基础设施改善需求。

为了应对上述挑战, 许多国家将配电系统的研究集中在 /微网络 (Microgrid) 0, 包括智能通信、控制、传感技术等领域。美国在 2003 年 6 月发布的 /Grid 2030)) 电力下一个 100 年的国家设想^[1] 报告中提到应用分布式智能体, 建造智能的、自动化的配电网结构, 并计划在未来将其变为现实。

事实上, 目前的配电网已经在向 /智能化 0 的方向迈进。如自动计量管理、资产的远程监视和控制、基于 IP 的监控与数据采集技术 (SCADA)、移动作业管理和数据挖掘、地理信息系统 (GIS Geographic Information System) 及先进的配电网络分析等单项技术, 以及它们的个别组合已在配电网中成功应用, 并显现出不同的优势。

/智能 0 的提法在配电领域的各种技术中也并不鲜见, 但 /智能配电网 0 的概念尚无完整准确的定义。智能配电网是以配电网及其相关资产为中心, 针对其设计建造、运行、维护等综合应用各种先进自动化技术、通信技术、信息技术以及现代管理理念和手段, 实现延长设备寿命, 确定更换资产的

优先顺序, 降低配电网改造花费和防止配电网故障等目的, 最终使供电企业能够提供质优价廉的服务。随着科学技术的发展, 其定义、内容也将不断补充、完善和发展。

1 供电企业面临的挑战

1.1 概述

资本密集的配电事业长期以来实行 /成本加 0 的政策回收投资, 因此基础设施的更新通常引起电价的上升。1998 年我国开始大规模城乡电网改造, 就是通过 /销售电量加价 0^[2] 来实现还本付息。对于普通的输变电工程来说, /电量加价 0 不仅可操作性差, 也容易引起公众不满。

在目前电力改革中, 用户对电力销售价格的预期水平是不变或逐步降低的, 电力价格的上涨空间将越来越小。而随着电力需求的增加和大量电源的建设, 电网逐步向高电压、大电网发展, 电网的运行、控制将更加复杂, 整个电网的建设投资和运行成本将逐步提高, 这将进一步压缩电网企业的效益空间。对于相当一部分尚未改造的配电设施来说, 根据代表设备可靠性的浴盆曲线理论, 供电企业会发现自己的资产进入多事之秋, 时刻威胁着电网的安全和稳定。

1.2 峰荷挑战配电网容量

随着经济发展, 人们生活水平提高, 电力作为清洁能源成为人们能源消费的首选。大量家用电器进入家庭, 给人们带来了舒适和便利, 人们对电的依赖程度不断增加; 信息技术的广泛应用, 大量的计算机和电子设备对电能质量提出了新的要求,

停电和电能质量低劣越来越令人难以容忍。

用户对电能需求的快速变化以及高峰负荷的急速增长带来配电网容量增长的需要,大量的空调负荷更加剧了电力危机,需求增长导致需要投资的数额不断增加。在管制的背景下,调节需求和供给的价格杠杆不能有效发挥其作用,在极端情况下,用户不得不在拉闸限电的困扰。

1.3 分布式发电带来新的压力

根据电力工业经济学,大规模并不总是经济的,这给支持小规模发电装置连接到配电网一个有利的信号。

(1)来自环境的制约

一方面是人们对于污染和气候变化引发对新的发电技术探索,许多国家的政府支持有利于环境的发电方式,诸如太阳能、风能、燃料电池、潮汐和地热等;另一方面,一些国家,尤其是一些发达国家的现有输电容量已到极限,开辟新的电力走廊不仅占用日见珍贵的土地和影响景观,也对周围的居民健康带来潜在的危害,因而遭到人们的反对,开辟代价日益高昂。

(2)来自追求效率的驱动

人们在就地利用小规模燃气发电装置等新技术方面有了进步。

(3)来自经济性的考虑

面对短时的峰荷和人们对供电质量和可靠性的高要求,建设远离负荷中心的大电厂,就应付峰荷而言相当不经济(其成本在寿命期内几乎不可能收回),而对可靠性和供电质量来说,也无优势可言(不用说线路的偶然故障,日益增多的恐怖主义也是巨大的威胁)。

分布式发电以其投资省、发电方式灵活、与环境兼容等特点与大电网日益联合运行,给现代电力系统运行与控制带来巨大的变化^[3]。无数的小电源嵌入在原来设计用于大规模集中发电厂的电网中。这种趋势对于传统配电网模型极富挑战性,不仅对原来设计的自动电压控制可能造成破坏,也带来复杂潮流管理问题(如当发电机断开时的突然逆流),小电源的接入也增加了保护的复杂性^[4]。

1.4 收入限制基础投资

面对日益增长的投资需求,政策性的价格管制和有限的市场容量限制了供电企业的收入,而窃电进一步侵蚀着供电企业的效益,最终导致企业对基

础设施改善的投入能力不足。

2 智能配电网

2.1 智能配电网依赖的技术

(1)自动计量管理

自动计量管理^[5-6]能缓和需求增长和减少窃电。智能仪表装在家中或商业区,通过用智能仪表收集不同时间的电力消费数据,帮助实现分时计价,鼓励消费者在高峰时间少用电能。分时电价受到各国政府的欢迎,因为它有助于减少高峰需求增长,推迟配电网改造,保持电价稳定。另外,安装在配电网上的智能仪表也能帮助供电企业确定窃电位置,从而减少企业损失。通过鼓励避峰消费,还能帮助平衡配电网负载。

(2)资产的远程监视与控制

资产的远程监视与控制^[7]能够延长关键配电网资产寿命和通过故障预测改善客户服务。传统的遥测网依赖于点对点的通信系统,设置在配电网的故障指示器和开关连接到中央控制室,为了发送和接收信息,每个设备需要建立专门的通道,许多设备完全不连接,大量的计量设备由现场工作人员人工读取,配电网管理基于受限和时延的信息。设备投资基于年限和设备人工检查,运行人员通常在用户投诉时才发现故障。

智能配电网的遥测提供更实时的状态检测,它废除了点对点的通信而支持标准的分组网络。简单的故障指示器被先进的状态传感器替代,能提供详细的设备状态信息,帮助运行人员确定设备何时将出现故障。智能配电网不仅提供数据预测和帮助防止故障,而且也提供事故追忆。能够使控制中心准确地向故障所处位置派遣工程师。

远程传感器能够监测配电网运行和配电网容量是否一致,当元件开始超出优化范围时可及时给运行人员警示。传感器能在配电网开始发生局部故障时探测发现问题,例如长时间过热引起的变压器绝缘恶化。基于这些传感器的反馈,控制中心能调整配电网结构以减少危及设备安全的负荷,或通知现场运行人员来处理。来自传感器的数据也能用于优化维修计划和更新设备,使已有配电网容纳分布式发电的同时避免改造花费。

故障预测的位置数据,有助于分配工作小组到配电网中受影响的地方。同样地,智能终端仪表能通过远程识别配电网上的故障发生地点,提供诊断数据以加快修复时间,提高服务水平。

(3)基于 IP的 SCADA 与无线通信技术

配电网的数据采集及监控 (SCADA)^[8]对象来自广大地域的配电线路、一次设备以及配电终端,它们大多运行在温度变化剧烈、环境污染、电磁干扰、存在外力破坏可能性的恶劣环境中,因此要求它们及连接它们的通信系统具有很高的可靠性。

利用基于 IP的 SCADA,能削减通信成本,并提供一个健壮的、容错的体系结构,容易大规模跨通信网络支持传感器、智能仪表和远程个人数字助理 (PDA, Personal Digital Assistant)的使用,超越原有通信基础设施的限制。

基于 IP的 SCADA以标准互联网通信协议替代成本密集的专用 SCADA系统。这种变化将从依赖设备生产厂商的私人通信协议中解放出来(转换时可保留现有设备),并提供更高的通信网络容错。

SCADA功能覆盖了高、中压的配电网,并正在向低压发展。新的宽带电力线通信技术的应用范围正不断扩大,为基于 IP的 SCADA开辟了新的手段,进一步巩固基于 IP的 SCADA互联技术。

无线通信技术不仅作为基于 IP的 SCADA系统的一部分得到蓬勃发展,同时,装备 PDA和数字地图的工作组随时掌握由中央控制中心传来的信息,便于实现移动作业管理^[9-10],有助于提高维护、修理速度和正确性,改善客户服务和树立企业良好形象。

(4)地理信息系统

GIS应用于配电网的规划优化有广阔的前景^[11-14],与电力系统可靠性密切相关的 SCADA需要在 GIS上显示实时信息,调度 SCADA/DA(包括实时应用功能)也需要 GIS图形和数据,GIS平台与 SCADA的结合^[15]是必然趋势。

GIS对于管理配电网的物理设备,实现空间管理和快速定位,具有非常重要的意义。尤其在发生故障时,用于确定故障设备的位置和调派移动作业小组进行快速抢修,可明显缩短故障引起的停电时间,GIS也可用于事故预想和模拟停电以及开展空间负荷预测和空间数据挖掘。

(5)先进的配电网分析

先进的配电网分析集中在设备寿命分析、配电网设计优化和配电网运行分析 3个方面。

1)设备寿命分析

有助于确定配电网元件何时被更新和当它们发生故障时如何维护。配电网元件(如变压

器绝缘)伴随使用恶化,因相似的设备以相似的形式发生故障,通过数据挖掘,它们的寿命能基于历史使用模式进行分析,实现状态评估。

2)配电网设计优化

能降低配电网的运行成本和减少资金支出。没有来自智能配电网的详细信息,供电企业必须通过大面积改造配电网,以应对负荷增长的需求(假设每个用户都是大客户)。

从另一方面说,单独用户负荷模式的分析,能够使供电企业避免在事实上不需要改造的地方改造线路。

3)配电网运行分析

能改善配电网的可靠性。通过实时监测伴随的故障电流,运行人员通过配电网分解和开关转换来实现故障区域的隔离和运行方式的改变,以减少网损,增加系统安全性。

2.2 智能配电网框架

结合上述各种技术,建立智能配电网框架如图 1所示。配电网作为主体处在框架的最底层。

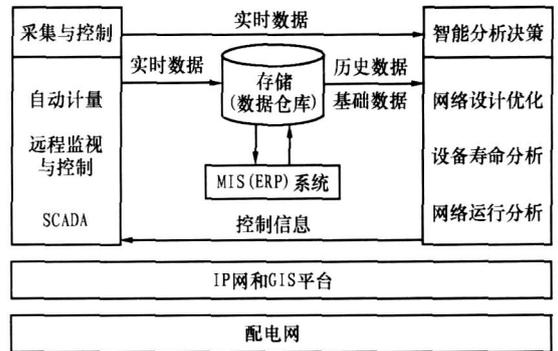


图 1 智能配电网框架

Fig 1 Frame of intelligent distribution network

智能配电网将多种技术整合,它们相互补充、相互作用,成为一个有机整体,不仅具有单个技术的特点,也能产生协同优势。用传感器和智能仪表持续监测和采集配电网的数据,加工后流入企业数据仓库,然后通过先进的配电网分析,数据被/挖掘支持公司的关键战略需要,帮助企业确定目标投资,也可使运行人员在配电网将要出现停电时进行实时重构、优化配电网结构,甚至在企业无力投资时,这些详细的数据也可作为说服政府做出投资支持决策的有力证据,有效避免政府和企业的信息不对称,增加政府和企业的互信。

3 结束语

本文介绍了供电企业面临的挑战,探讨了智能配电网依赖的多种技术,并综合当前多种先进技术,建立了智能配电网框架。智能配电网充分利用各种技术的优势,为供电企业满足负荷增长,提高供电质量和供电可靠性,减少花费提供了可能。目前,软硬件成本下降,相关技术应用也日趋成熟,针对配电网进行应用整合的时机已经到来。面对有限资金和不确定的决策环境,建造智能配电网将成为供电企业的重要选择之一。(L)

参考文献:

[1] 鲁宗相,蒋锦峰. 解读美国/ Grid 20300电网远景设想 [J]. 中国电力企业管理, 2004 (5): 38- 41.

[2] 电力部. 电网建设项目经济评价暂行办法 [Z]. 1998.

[3] Smith Ieng Douglas J. Distributed generation coming into focus [J]. Power Engineering (Barrington Illinois), 2002, 106(4): 26- 30.

[4] Ackermann, Thomas, Knyazkin, et al. Interaction between distributed generation and the distribution network: operation aspects [C]. Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference 2002.

[5] Sridharan, Krishna, Schulz, et al. Outage management using automated meters [C]. Proceedings of the American Power Conference 1999.

[6] Whiteman M. Applications of distribution automation and demand side management in AMR systems [J]. IEEE Conference Publication 1996, (426): 1- 5.

[7] Farls J R, Hartzel R D, Swanson L G. Case studies in managing distributed assets [C]. Proceedings of the

IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference 2000.

[8] McClanahan, Robert H. The benefits of networked SCADA systems utilizing IP-enabled networks [C]. Rural Electric Power Conference 2002.

[9] BenBassat Moshe. In the Field Yankee Gas improves service with mobile workforce [J]. Gas Utility Manager, 2003, 47(7): 18- 19.

[10] Holtz Benjamin. CRM for the mobile workforce: The past, the present, the future [J]. Customer Interactions Solutions, 2003, 22(5): 44- 46.

[11] Lin W M, T say M T, Wu S W. Application of geographic information system for substation and feeder planning [J]. International Journal of Electrical Power and Energy System, 1996 18(3): 175- 183.

[12] 王成山,王赛一. 基于空间 GIS的城市中压配电网网络智能规划(一)辐射接线模式的自动布局 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28(5): 45- 50.

[13] 王成山,王赛一. 基于空间 GIS的城市中压配电网网络智能规划(二)多分段多联络接线模式的自动布局 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28(6): 55- 59.

[14] 王成山,王赛一. 基于空间 GIS的城市中压配电网网络智能规划(三)带开闭所接线模式的自动布局 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28(7): 58- 61.

[15] 高颂九. 基于 GIS及 SCADA 的配网运方的管理及深化应用 [J]. 继电器, 2002, 30(1): 57- 59.

张铁峰 (1974-),男,内蒙凉城人,讲师,从事信息分析与处理,配电网辅助决策研究。

王江涛 (1981-),男,河北保定人,助理工程师,从事配电自动化工作。

苑津莎 (1957-),男,天津人,博士生导师,从事信息分析与处理,计算机通信网研究。

Research of intelligent distribution network

ZHANG Tiefeng¹, WANG Jiangtao², YUAN Jinsha¹
 (1 North China Electric Power University, Baoding 071003, China
 2 Baoding Power Supply Bureau, Baoding 071051, China)

Abstract The contradiction between demand for high quality power supply with shortage of finance for improving the infrastructure is the main challenge that power supply enterprises are facing to. So many countries start to build intelligent distribution network. This paper introduces the technologies applied to intelligent distribution network including automatic metering management, remote asset monitoring and control, IP2based SCADA, mobile operation management, visualized GIS platform and advanced distribution network analysis. The framework of intelligent distribution network is also presented in the paper.

Key words distribution network; GIS; automated metering management; mobile operation management; remote asset monitoring and control; SCADA