

# 面向智能电网的保护控制系统

李 斌<sup>1</sup>, 薄志谦<sup>2</sup>

- (1. 天津大学电力系统仿真控制教育部重点实验室, 天津市 300072;
- 2. 英国 AREVA 输配电自动化公司, 斯塔福德郡 ST17 4LX, 英国)

**摘要:** 智能电网是以智能一次设备和二次设备为基础, 深度集合电力与通信技术而形成的未来电网体系结构。介绍了智能电网的发展及其技术内涵。针对智能电网保护控制系统的需求特点, 指出同步测量技术为面向智能电网的保护控制系统提供了必要的技术基础, 提出了基于广域信息的保护控制系统结构设计, 并探讨了智能配电网保护控制面临的技术课题与研究思路。

**关键词:** 智能电网; 分布式电源; 同步测量技术; 保护与控制

**中图分类号:** TM764

## 0 引言

随着全球资源环境压力的不断增大, 电力市场化进程的不断深入, 可再生能源等分布式发电单元的数量不断增加, 用户对电能质量要求的不断提升, 建设更加安全、可靠、环保、经济的智能电网成为全球电力行业的共同目标<sup>[26]</sup>。

目前中国实施的/西电东输、南北互供、全国联网0电力发展战略有利于能源资源在全国范围内的优化配置。同时, 采用就地能源的分布式电源大量接入电网, 通过合理的规划设计, 可实现分区分片灵活供电, 使分布式电源与大电网协调工作, 保证对重要负荷的供电<sup>[7]</sup>。因此, 具有自愈能力、兼容多种发电资源的智能电网研究不仅有助于提高电力系统的安全性和可靠性<sup>[8]</sup>, 也有助于分布式发电技术的大规模推广应用。

基于目前电力行业的发展与研究基础, 专家学者对未来电网构建了智能电网的发展蓝图<sup>[26]</sup>。超、特高压电网的保护控制一体化技术是实现坚强智能大电网的关键, 而大规模随机能源的接入及其灵活控制也为智能配电网的保护控制带来了新的挑战。本文介绍了智能电网的技术内涵, 从技术的角度强调了同步测量技术以及数据通信在未来保护控制系统中的重要作用, 探讨了智能电网保护控制技术的发展需求与技术难点。

## 1 智能电网的内涵

近年来国际范围内逐步开展了智能电网的研究

与实践计划。在美国国家电力科学研究院(EPR)等单位领导的电力基础设施战略防护系统(strategic power infrastructure defense system, SPID)的研究项目中, 提出了对未来电网实现基于实时信息的广域、智能、自适应保护与控制系统, 快速的系统脆弱性评估, 以及基于系统广域分析的自愈重构方案等<sup>[9,21]</sup>。其中, 基于多代理技术的具有自愈能力的电网结构得到了较广泛的认可, 如图 1 所示<sup>[9]</sup>。

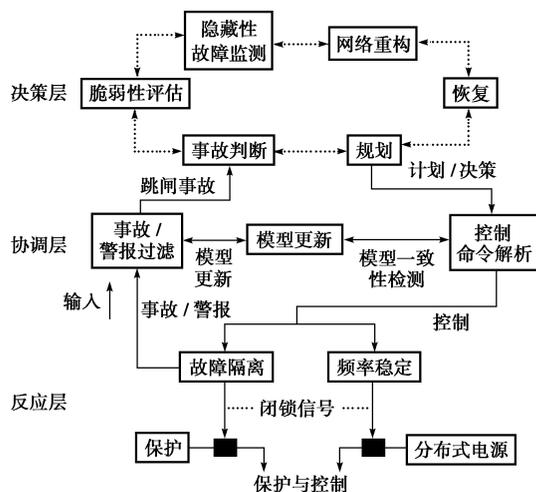


图 1 SPID 系统结构建议

Fig. 1 Proposed system structure of SPID

如图 1 所示, 反应层具有分布自治和快速动作的特性, 可实现数据信息采集与控制; 决策层具有全局响应能力; 通过协调层的设计, 解决全局控制方案与局部保护控制之间的配合关系。但要实现基于广域系统评估体系的电网自愈控制, 必然更大程度地依赖于通信系统的建设。美国自 2003 年起开始研

收稿日期: 20090209。

国家自然科学基金资助项目(50977061); 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2007AA05Z241)。

究综合能源及通信系统体系结构(integrated energy and communication systems architecture, IECSA), 建立了一个面向电力行业信息基础设施需求的参考架构框架, 但尚未给出可真正实现互操作性的数据交换模型<sup>[12]</sup>。

显然, 上述电网协调控制方案及其数据信息通信方案的实施尚属于初期探索阶段。同时, 电力系统自身也在发电、输电、配电以及用户需求方面发生着革命性的变化。可再生能源、间歇性电源等分布式能源成为发电系统不可或缺的组成部分, 输电网的运行要求更具弹性, 配电网应具有更高的运行可靠性, 并允许微电网的独立运行。另外, 不同用户对电能质量具有不同的要求水平。

因此, 智能电网的发展将是一项长期、庞大的科研课题与工程实践, 它以智能一次设备和二次设备为基础, 并集合了通信、计算机、电力电子技术的发展。其研究目标是实现抵御事故扰动为主的安全稳定运行以降低大规模停运风险, 使分布式电源得到有效的利用, 提高用户用电的效率和电能质量, 提高电网资产的利用率等。

由于电力系统的运行、控制以及管理是依靠跨越各个分布系统或终端的信息交换来实现的, 智能电网体系结构可以看成是集成电力系统和通信系统的一组蓝图。从电网体系结构划分(参见附录 A 图 A1), 智能输电网和智能配电网是智能电网的两大重要部分, 智能变电站则是实现电网智能化运行与控制的关键。在此基础上, 智能化电力调度的目标是建立一个基于同步信息的广域保护和紧急控制一体化理论与技术, 协调电力系统元件保护和控制、区域稳定控制系统、紧急控制系统、解列控制系统和恢复控制系统等具有多道安全防线的综合防御体系<sup>[4, 6]</sup>。同时, 智能电力交易及价格形成机制也是电力市场化的关键技术。鉴于电力系统具有广域动态的特征, 智能电网的保护控制必然要进一步在数据信息交换的基础上, 解决全局与局部的功能协调和速度协调, 实现广域控制与分布保护控制的协调性。

## 2 智能电网的信息支撑技术

为实现智能电网的自愈控制, 提高系统可靠性, 电网的广域信息必不可少, 实现电网广域信息数据交换的高级量测系统是实现电网智能化的第 1 步。国内已形成以光纤、微波、电力线载波、卫星等为主要载体的电力通信网络。在这些通信设施建设的基础上, 形成了 2 个面向应用的通信网络: 国家电力数

据网(SPDnet)和国家电力信息网(SPINet)。其中: SPINet 专门针对地理信息系统等; SPDnet 专门针对实时性强的应用, 例如基于 PMU 的广域测量保护控制(WAMPAC)系统、EMS/SCADA 系统等。随着光纤复合架空地线(OPGW)和全介质自承式光缆(ADSS)的铺设, 很多通信回路的通信容量超过 2.5 Gbit/s, 个别省市甚至达到 40 Gbit/s。因此, 面向智能电网广域测量与数据交换的通信硬件基础逐步得到完善<sup>[13]</sup>。

### 2.1 同步测量技术的应用及其发展

智能电网广域测量手段主要包括 SCADA/EMS、广域测量系统(WAMS)等。SCADA/EMS 将向可视化方向发展, 为电网的安全运行发挥更加实效的作用。但从电网实时性控制方面来说, SCADA/EMS 不能刻画电网的动态行为, 较难实现保护控制设备的局部快速动作与全局决策的协调统一。以全球定位系统(GPS)为基础的同步测量技术是电网广域测量、实时监控的主干支撑技术, 在电网保护控制领域具有广阔的应用前景<sup>[14, 15]</sup>。

目前, 基于同步测量技术建立的 WAMPAC 系统在大电网广域后备保护、负荷转移识别、系统振荡监控等方面均已有了相关的研究<sup>[16]</sup>。作为同步测量技术的典型设备, 同步相量测量单元在保护控制领域方面的研究与应用问题主要取决于以下的几个方面:

1) 时间精度: 在考虑各种内在误差的条件下, PMU 的时间精度分别在  $\pm 3 L_s$  (IRIG2B) 和  $\pm 100 \text{ ns}$  (1PPS) 以内<sup>[17]</sup>。

2) 空间上不同位置之间信息交换的时滞: 尽管传输时滞具有一定的随机性, 但根据电网的实测显示数据, 传输延时仅在几毫秒至几十毫秒之间<sup>[13]</sup>。该时滞问题必然随着通信基础设施的完善日益满足电网广域保护控制系统的要求。

3) 同步相量测量自身的暂态性能: 同步相量测量的最新国际技术标准虽对计算精度等问题给予了明确规定, 但其仍停留在电网节点稳态测量的基础上。为逐步面向电网的保护控制, 同步相量测量单元向暂态信息测量方向发展已成为必然的发展趋势<sup>[18]</sup>。

### 2.2 广域信息的数据交换

面向数据信息交换的通信体系是实现智能电网的关键<sup>[19]</sup>, 而广域测量与数据交换更是实现智能电网保护控制系统的重要基础。针对电网的运行管理, 电网数据信息的交换应重点考虑输电网或配电网的控制中心内外部、变电站内外部以及它们之间

的数据通信。

在目前已经实现或者正在建设中的通信标准与技术, IEC 61970 和 IEC 61850 通信协议具有一定的代表性<sup>[20]</sup>。

IEC 61970 定义了 EMS 相关的公共信息模型 (common information model, CIM) 和组件接口规范 (component interface specification, CIS), 其主要目的是实现 EMS 软件的组件化和开放化, 实现对控制中心内部以及控制中心之间的信息交互。

IEC 61850 主要针对变电站自动化的分层分布控制体系, 定义了数据通信接口与交换技术。另外, IEC 正在试图拓展并建立一个完整的面向电网的 IEC 61850 协议, 如用于变电站之间数据通信的 IEC 61850 9021, 以及用于变电站与控制中心之间数据通信的 IEC 61850 9022。其他协议可考虑添加通用的协议转换来实现与 IEC 61850 的平滑过渡, 真正实现互操作。图 2 表示了电网数据信息交换的简单示意图。

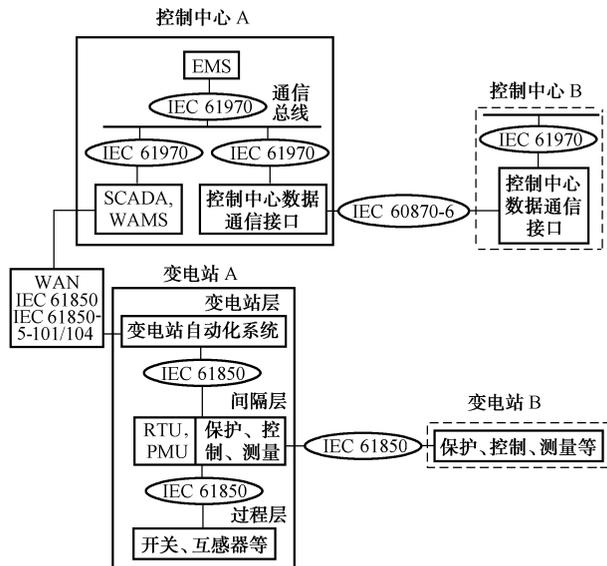


图 2 电网数据信息交换

Fig.2 Landscape of data transmission

图 2 中, IEC 6087026 是控制中心相互之间的通信协议(inter2control center protocol, ICCP)。随着同步测量技术的迅速发展, 同步相量测量与数据通信也日益受到业内的广泛关注。2006 年颁布的同步相量测量及其数据通信标准 IEEE C37.118 对同步相量的测量精度以及 GPS 的同步信号质量等重要信息量给出了具体规定, 并且同步相量测量技术正在向暂态信息测量的方向发展。可以预见, 基于同步测量技术的 WAMS 将能够准确描述系统的动态行为, 为智能电网的高级保护控制系统提供必要

的技术手段。

### 3 智能电网的自适应保护与控制

#### 3.1 智能电网保护控制的特点

智能电网涵盖智能输电网和智能配电网, 因此, 智能电网的保护控制以保证输配电网的安全可靠运行以及不间断供电为基本原则。智能电网最突出的特点是其自愈能力。所谓自愈, 包括自我防御和自我恢复两方面内容。针对这 2 个目标, 智能电网的自愈技术主要有: SCADA, WAMS, 配电生产管理地理信息系统 (TGIS) 以及输电生产管理地理信息系统 (DGIS) 等实现的电网在线监测技术; 广域全景分布式一体化的电网调度技术; 基于预想事故、预设专家系统的快速分析诊断技术; 电网故障在线快速诊断技术、网络最优重构、电压与无功控制策略以及快速故障定位、隔离和系统回复技术等<sup>[21]</sup>。因此可以说, 电网自愈技术的核心是在线实时决策指挥, 目标是灾变防治, 实现大面积连锁故障的预防。显然, 欲实现电网自愈能力, 智能化保护控制系统是最基础的技术支撑之一。

随着光纤通道的广泛应用, 输电网络中高压、超高压系统主保护得到进一步强化。随着光互感器技术的发展, 暂态量保护、行波保护等新一代保护理论技术日臻完善<sup>[2223]</sup>, 使得电网主保护在性能、动作速度、可靠性等方面都有较大程度的提高。相比而言, 仅采集本地信息量的后备保护无法自适应智能输电网灵活的运行方式与拓扑结构的变化, 在大电网特殊运行情况下很难保证后备保护动作的可靠性, 进而造成系统失稳。如前文所述, 同步测量技术的发展, 尤其是 WAMS 的建设, 大大促进了广域保护控制系统的研究与实施。

另外, 国内城市配电网规划的科学性较差, 网络拓扑结构不够强。随着分布式电源的接入和微电网的形成, 未来的智能配电网具有以下几个特点:

- 1) 配电系统拓扑结构多变, 为实现供电灵活性, 配电线路多分段多连接, 形成网络式的拓扑结构。
- 2) 城市工业体系中数字化产业比重大, 对电能质量要求苛刻。因此, 部分城市配电网从辐射状网络结构向闭环环网模式转变<sup>[24]</sup>。
- 3) 大量分布式电源接入, 形成微电网与配电网并网运行模式。这使得配电网从单一的由大型注入点单向供电的模式, 向大量使用受端分布式发电设备的多源多向模块化模式转变。

未来配电网发展中的上述变化, 使得传统配电网保护配置方式与原理无法更高水平地满足智能电网的安全运行需要。

### 3.2 智能电网保护控制系统的设计与研究

面向灵活的拓扑结构、允许多种分布式电源接入、具备高水平供电质量要求的智能电网,其保护控制必须具备以下能力:

1) 自适应: 自适应系统运行方式、拓扑结构的变化; 支持微电网的并网与孤岛运行方式。

2) 广域信息测量: 基于同步测量技术, 拓展稳态和暂态条件下的量测性能, 实现空间上不同位置的保护控制单元可以利用区域动态测量结果实现自适应和相互协调。

3) 相互协调: 控制中心集中决策与保护控制单元分布自治之间的协调问题。

目前, 在电力系统保护控制领域开展的广域保护、自适应保护、基于多信息的集成保护以及面向间歇式电源的并网保护控制的研究, 均在不同层面不同程度地代表了智能电网对保护控制系统的发展需求<sup>[25]</sup>。

作为同步测量技术的主要应用之一, 同步相量

测量功能往往集成在现有保护设备中, 但目前仅仅是设备集成, 有利于节约成本和方便应用。从保护控制系统的发展来看, 同步相量测量与保护控制的功能集成将是发展趋势, 这样智能电子设备( IED) 之间的信息采集与故障判断具有同步性, 不仅有利于变电站内各 IED 之间的互操作, 也有利于变电站之间的数据通信。

随着 WAMS 的应用与发展, 实现电力系统广域保护控制系统成为必然趋势。目前, 基于同步测量技术的 WAMPAC 系统的研究分别在网络拓扑和运行方式识别、继电保护在线自适应整定、保护防连锁跳闸等方面逐渐深入展开。

随着光互感器的研究及其开发, 基于 IEC 61850 规范的标准化信息模型和网络化信息处理机制使得变电站向智能化方向发展。针对智能电网的发展需求, 在通信协议完善和统一的发展基础上, 本文提出了面向集中决策与分布自治的保护控制系统结构设计, 如图 3 所示。

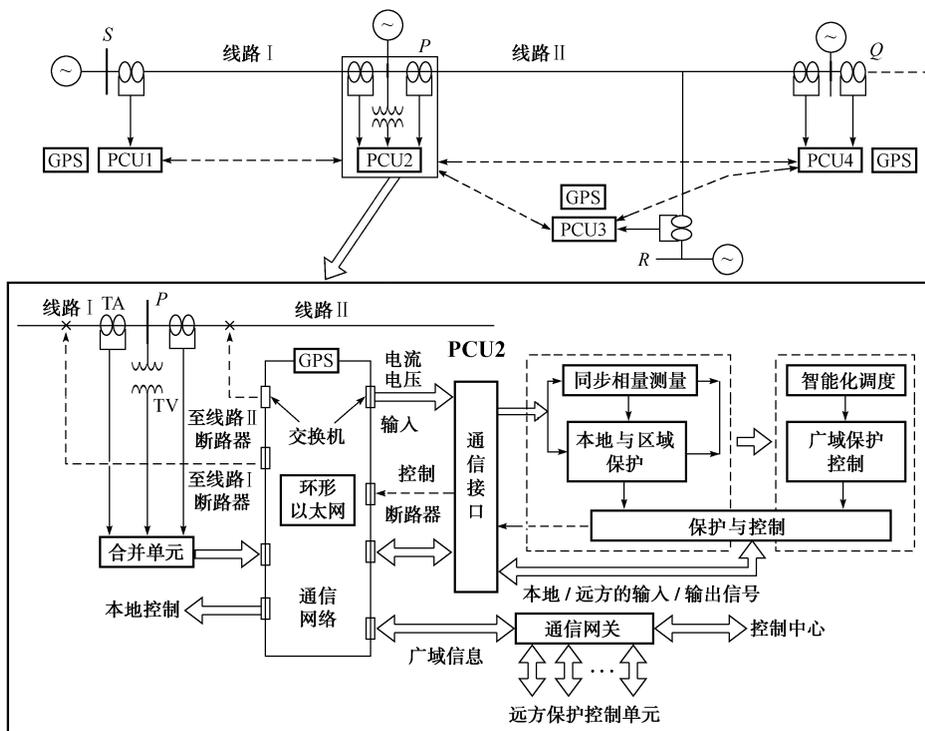


图 3 面向广域信息的保护控制系统结构设计

Fig. 3 Design of protection and control system based on wide area information

图 3 中主要包括 3 部分:

- 1) 合并单元, 从互感器采集本地电气量;
- 2) 通信网络, 实现具有一定冗余度的数据通信网络;
- 3) 保护控制单元( PCU), 既包括基于本地信息量的快速主保护、快速故障隔离与定位、同步相量测

量以及本地控制系统, 也包括向调度控制中心提供同步相量等信息, 为全局控制的集中决策提供依据。

从图 3 所示的保护控制系统结构设计可见, 电网中的就地主保护控制单元保持相对独立, 在电气元件故障时能够快速切除故障, 保证系统的安全可靠运行。另一方面, 随着通信网络的发展, 广域测量

系统已经满足电网后备保护及控制系统的时延要求,因此可以从系统全局的角度研究实现电网的保护控制。这就要求分布自治的保护控制单元与调度控制中心的相互协调,要求就地保护控制单元必须能够自适应网络拓扑结构的变化,根据配电网重构特征对保护定值等属性进行调整。而在广域信息基础上建立的智能调度则需研究系统快速仿真与模拟、智能预警技术、优化调度技术、预防控制技术、事故处理和事故恢复技术、智能数据挖掘技术、调度决策可视化技术等,以保证系统运行及保护控制的全局最优。

以含分布式电源的智能配电网为例,在配电网变电站内实现功能集成的集成保护方案具有更高水平的智能性<sup>[26]</sup>。对于含微网的配电网供电区域,根据保护配合关系确定集成方式,实现区域集成保护控制策略具有较强的可操作性,也使得保护控制在动作速度和灵敏性方面有更高的提升<sup>[27]</sup>。基于同步相量测量技术,实测微网和配电网功角及功角变化率,依据系统功角稳定性的等面积法则,检测微电网的失步状态<sup>[28]</sup>。另外,计及同步相量测量的时滞影响,可建立含微电网的系统动态过程的自回归模型,并求解自回归模型参数,从而实现频率和功角信息的动态预测,实现具有预测能力的微电网失步解列保护控制方案。微电网的孤岛检测是微电网孤岛运行的前提,可利用同步相量测量单元,实测并计算空间不同位置的频率、功角等信息,实现可靠的微电网的孤岛检测技术。并且在孤岛形成的状态下,可实现基于同步相量测量的微网孤岛同步运行控制理论与方法等<sup>[29]</sup>。

#### 4 结语

随着全球资源环境压力的不断增大、电力市场化进程的不断深入,以及分布式电源的接入,智能电网的研究与发展得到了广泛认同与关注。本文阐述了智能电网的发展及其技术内涵,指出以光纤为主要载体的电力数据网使广域信息的传输得到保障,而同步测量技术则实现了电网的动态观测,为实现智能电网的保护与控制奠定了技术基础。针对智能电网保护控制系统的需求特点,给出了基于广域信息的保护控制系统结构设计,并论述了智能配电网保护控制面临的技术课题与研究思路。

附录见本刊网络版(<http://www.aeps2info.com/aeps/ch/index.aspx>)。

#### 参 考 文 献

[1] AMIN S M, WOLLENBERG B F. Towards smart grid. IEEE

Power & Energy Magazine, 2005, 3(5): 34241.

- [2] European Technology SmartGrids Platform. SmartGrids: vision and strategy for european electricity network of the future [EB/OL]. [20092001]. <http://www.smartgrids.eu/documents/vision.pdf>.
- [3] 余贻鑫. 面向 21 世纪的智能配电网. 南方电力技术研究, 2006, 2(6): 14216.  
YU Yixin. Intel12Grid for the 21st century. Southern Power System Technology Research, 2006, 2(6): 14216.
- [4] 余贻鑫. 智能电网. 中国电力发展和技术创新院士论坛[R]. 北京: 中国电力科学研究院, 2008.
- [5] U. S. Department of Energy. Smart grid system report [EB/OL]. [20090202]. [http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/SGSRMain\\_090707\\_lowres.pdf](http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/SGSRMain_090707_lowres.pdf).
- [6] GIRI J, SUN D, AVILA2ROSALES R. Wanted: a more intelligent grid. IEEE Power & Energy, 2007, 7(2): 34240.
- [7] 王成山, 王守相. 分布式发电供电系统若干问题研究. 电力系统自动化, 2008, 32(20): 124, 31.  
WANG Chengshan, WANG Shouxiang. Study on some key problems related to distributed generation systems. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(20): 124, 31.
- [8] 程时杰, 余文辉, 文劲宇, 等. 储能技术及其在电力系统稳定控制中的应用. 电网技术, 2007, 31(20): 92108.  
CHENG Shijie, YU Wenhui, WEN Jinyu, et al. Energy storage and its application in power system stability enhancement. Power System Technology, 2007, 31(20): 92108.
- [9] LIU C C, JUNG J, HEYDT T, et al. Conceptual design of the strategic power infrastructure defense (SPID) system. IEEE Control System Magazine, 2000, 20(4): 4052.
- [10] 王明俊. 自愈电网与分布能源. 电网技术, 2007, 31(6): 127.  
WANG Mingjun. Selfhealing grid and distributed energy resource. Power System Technology, 2007, 31(6): 127.
- [11] 郭志忠. 电网自愈控制方案. 电力系统自动化, 2005, 29(10): 8291.  
GUO Zhizhong. Scheme of selfhealing control frame of power grid. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(10): 8291.
- [12] 柳明, 何光宇, 沈沉, 等. IECISA 项目介绍. 电力系统自动化, 2006, 30(13): 992104.  
LIU Ming, HE Guangyu, SHEN Chen, et al. Brief introduction to the IECISA project. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(13): 992104.
- [13] XIE Xiaorong, XIN Yaozhong, XIAO Jinyu, et al. WAMS applications in Chinese power systems. IEEE Power and Energy Magazine, 2006, 4(1): 54263.
- [14] YANG Qixun, BI Tianshu, WU Jingtiao. WAMS implementation in China and the challenges for bulk power system protection// Proceedings of Power Engineering Society General Meeting, June 24228, 2007, Tampa, FL, USA: 6p.
- [15] NOVOSEK Damir, MADANI Vahid, BHARGAVA Bharat, et al. Dawn of the grid synchronization. IEEE Power and Energy Magazine, 2008, 6(1): 49260.
- [16] CHAKRABARTI Saikat, KYRIAKIDES Elias, BI Tianshu, et al. Synchronized measurement technology has the potential of becoming the backbone for realtime monitoring. IEEE Power and Energy Magazine, 2009, 7(1): 4249.

- [17] AREVA T & D. Product specification for MiCOM P594 GPS synchronizing unit[ EB/OL]. [200920225]. ftp://ftp. areva2td. com/ brochures\_ web/ P594\_ en4p\_ 1795. pdf.
- [18] PHADKE A G, KASZTENNY Bogdan. Synchronized phasor and frequency measurement under transient conditions. IEEE Trans on Power Delivery, 2009, 24(1): 82-95.
- [19] 沈国荣, 黄健. 2000 年国际大电网会议系列报道))) 通信技术是变电站自动化的关键. 电力系统自动化, 2001, 25(10): 125. SHEN Guorong, HUANG Jian. A review of CIGRE. s 2000 on substation automation. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(10): 125.
- [20] PREISSO, KOSTIC T. Unified information models in support of location transparency for future utility applications// Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences, January 27, 2006, Kauai, HI, USA: 242a.
- [21] 曾祥君, 尹项根, 陈德树, 等. 基于整个输电网故障 GPS 行波定位系统. 电力系统自动化, 1999, 23(10): 8210. ZENG Xiangjun, YIN Xianggen, CHEN Deshu, et al. GPS travelling wave fault location systems for transmission network. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(10): 8210.
- [22] DONG X Z, GE Y Z, HE J L. Surge impedance relay. IEEE Trans on Power Delivery, 2005, 20(2): 1242-1256.
- [23] BO Z Q, REDFERN M A, WELLER G C. Positional protection of transmission line using fault generated high frequency transient signals. IEEE Trans on Power Delivery, 2000, 15(3): 888-894.
- [24] LI Bin, YU Xuan, BO Zhiqian. Protection schemes for closed loop distribution network with distributed generator// Proceedings of the 1st International Conference on Sustainable Power Generation and Supply, April 27, 2009, Nanjing, China.
- [25] SHU J, ZHANG BH, LI P, et al. The investigation of power system integrated VSCF wind generator control// Proceedings of China International Conference on Electricity Distribution (CICED 08), December 10-13, 2008, Guangzhou, China.
- [26] ZHANG Hao, HE Jinghan, LI Bin, et al. An improved transformer protection scheme based on integrated protection system// Proceedings of the 44th International Universities Power Engineering Conference, September 24, 2009, Glasgow, UK.
- [27] 王慧芳, 何奔腾. 利用状态量信息的集合保护规范化判据研究. 中国电机工程学报, 2008, 28(22): 8286. WANG Huifang, HE Benteng. Study on normative criterion for aggregate protection based on digital information. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(22): 8286.
- [28] CENTENO V, DE LA REE J, PHADKE A G, et al. Adaptive two-step relaying using phasor measurement techniques. IEEE Computer Application in Power, 1993, 6(4): 12-17.
- [29] BEST R J, MORROW D J, MCGOWAN D J, et al. Synchronous islanded operation of a diesel generator. IEEE Trans on Power Systems, 2007, 22(4): 2170-2176.

李 斌(1976), 男, 通信作者, 副教授, 主要研究方向: 电力系统保护与控制. E-mail: libin\_tju@126.com  
薄志谦(1955), 男, 教授, 主要研究方向: 电力系统保护与控制. E-mail: zhiqian. bo@areva2td.com

## Investigation on Protection and Control of Smart Grid

LI Bin<sup>1</sup>, BO Zhiqian<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Power System Simulation and Control of Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. AREVA T & D, Stafford ST17 4LX, UK)

Abstract: It is the trend to investigate and implement smart grid in the 21st century. Based on the intelligent primary and secondary equipments, smart grid is the future power grid which integrates electrical and communication technologies closely. The paper introduces the development and technical content of smart grid firstly. According to the requirement of protection and control system of smart grid, the paper indicates that synchronized measurement technology provides necessary technical basis for protection and control, and proposes the structural design of integrated protection and control system based on wide area information. Lastly, the paper discusses the technical issues and research ideas for smart distribution grid.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 50977061) and National High Technology Research and Development Program of China (No. 2007AA05Z241).

Key words: smart grid; distributed generator; synchronized measurement technology; protection and control

## 关于5电力系统自动化6电子信箱变更的启事

5电力系统自动化6原电子信箱 aeps@nar2china. com 变更为 aeps@sgepri. com。投稿者敬请登录网站: <http://www.aeps2info.com>。