价值调度推进智能化电网发展的思考

韩学山, 杨 明, 张 利
(山东大学电气工程学院, 山东省济南市 250061)

摘要: 电网由自动化走向智能化,技术进步起主导作用的同时,发电、用电价值的变化是根本。作为智能化电网起源的重要组成部分,文中引出价值调度的思想。该思想的特点在于赋予自然资源与社会发展水平相适应的价值尺度,达到资源价值最大化实现的目的,具有协调发电、用电、资源与环境间关系的功效,体现智能化电网的根本。在此基础上,就价值调度的概念、价值调度与智能电网建设的关系,以及价值调度研究的现状及目前需要解决的问题展开深入思考。

关键词: 智能电网; 价值调度; 电力系统

0 引言

当今,建设智能电网几乎是全世界的呼声,而且这一呼声越来越强烈[1-11]。虽然,智能电网的概念目前尚无明确界定,但智能电网建设的理想目标应该是实现电网优化运行与控制的高度柔性和自愈性,而测控、计算机及通信等技术的进步则是智能电网实现的前提和基础,为电网由自动化向智能化的转变提供了必要技术支撑。应当说,智能电网是电网自动化发展的最高境界。

然而,在强调电网技术进步的同时,建设智能电网必须清晰地认识到当今电网发展所面临的新的形势。这就是转换电能的资源格局已发生了根本性的变化,这一变化不仅体现在传统意义上的一次发电资源上,更体现在日益受到重视的环境问题。应对这一新形势的发展或许就是建设智能电网的根本动力所在。

在如此背景下,智能化的调度,作为智能电网建设的关键内容之一,就需要承担起协调控制各类智能设备,充分利用各类资源,实现智能电网可靠、灵活、经济运行的重任。其中,以资源价值为导向就必然成为新一代调度的明显特征之一。

为此,本文提出价值调度的思想。这一思想的独特之处在于其主张赋予自然资源与社会发展水平相适应的价值尺度,并将其实现过程融入到市场机制中,利用市场进行资源调配,最终实现自然资源的优化配置,从而使新一代的调度能够满足电网由自动化向智能化转变的根本需求。

收稿日期: 2009-09-23。
国家自然科学基金资助项目(50377021, 50677036);山东省自然科学基金资助项目(Y2008F19)。

1 价值调度及其含义

所谓价值调度,就是在自然资源被赋予与社会发展相适应价值前提下,以市场为调控手段、以资源实现价值最大化为目标、以电网运行物理规律及资源有限性为约束的调度形式。

从定义上看,价值调度包含了如下几个层面的含义:

1) 价值调度是正视自然资源价值的调度方式。市场环境下,电力商品的生产是以交易为目的的,其交易过程不仅是物质的传递,同时也伴随着价值的运动[12-13]。以往,调度方法对自然资源的价值并没有足够的认识,在其所遵循的经典经济学中,由于自然资源价值的缺失,使自然资源价值无法参与经济系统的价值循环,从而,各类资源也就不能在价格信号驱动下实现有效配置。因此,目前电力系统所面临的日益增长的物质利益追求与社会可持续发展间的矛盾,只有突破经典经济学的制约,将自然资源价值体现于价值循环的过程中,才有可能从根本上得以解决。

2) 价值调度继续遵循市场调配资源的原则。市场是有效的资源配置手段,当有效率的市场被建立后,经济学中所描述的"无形的手"就会在各市场参与者个体逐利的同时发挥着资源优化配置的作用[14]。当然,这必须是以自然资源价值回归为前提的。因此,构建新型的调度决策方法既不是对垄断管制的简单回归,也不是对市场机制的取缔,而应是融入劳动、生态、自然资源间替代、互补、统筹的集成和再造。

3) 价值调度的目标在于资源价值的最大化实现。对于电力系统的调度来说,利用何种资源、在何地、以何种形式发电充满着选择性,选定了资源的某种发电方式,就意味着放弃了该资源以其他形式利

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

用所可能获得的实现价值,而这种可能得到却被放弃了的实现价值的最大值就是调度决策所伴随的机会成本。因此,对于调度来说,找到给定条件下机会成本最小的调度方式也就得到了最佳的调度方式。然而,遍历各种可能的调度方式以寻找机会成本最小的调度方式的做法是难以操作的,反之,在承认了自然资源所固有的价值后,就可以以数学上对偶理论的观点,寻求资源的最大的价值实现,也就等同确定了机会成本。这样,调度的目标就自然转变为寻求资源价值的最大化。

4) 价值调度受到电网的物理规律和有限资源的约束。价值调度是基于电网物理结构上的调度,并不能脱离电网的物理结构而存在,因此,电网络的基尔霍夫电流定律(KCL)、基尔霍夫电压定律(KVL),以及广义欧姆定律依然是价值调度必须遵循的客观规律。此外,各类资源的有限性,特别是转化电能的资源总量约束以及环境所能容纳的发电排放上限约束等,使柔性调度中的刚性约束依然存在[15],这是价值调度在优化资源配置时仍然必须考虑的因素。

总之,具备了以上4点的调度就是价值调度,其不再延续垄断环境下追求耗量最小、市场机制下追求利润最大的传统经济理念,而是在自然资源利用获取社会最大价值下,追求其对应的机会成本最小的调度理论。价值调度理论无疑是电网调度理论的继承、发展和提高。需要注意的是,价值调度并没有指定具体的调度方法,而是给出了一种新的调度理念,从而使价值调度能够与各种实际相结合,具有更强的适应性和生命力。

2　价值调度与智能电网建设

能源与环境问题是当前制约很多国家发展的首要问题,而此时建设的智能电网就被委以彻底改造现有资源开发、利用体系的重任。

因而,在此环境下,智能电网的建设必须面对市场机制下如何处理可耗竭资源与可再生资源、大电网与微电网间构成的错综复杂的矛盾问题。其突出表现就是日益追求物质利益与社会可持续性发展间的冲突,节能减排是这一冲突的核心。节能意味着可耗竭资源开采速度的适度和利用效率的提高,减排意味着影响温室效应的碳排放的节制和对造成环境污染的废气、废物排放的遏制;大电网、微电网是实现节能减排的手段,也就是说,借助大电网可实现可耗竭资源的优化配置和利用,借助微电网能实现可再生资源发电、利用的统筹和集成。

为解决上述矛盾问题,调度除了需要配备精确的量测设备、发达的信息网络以及灵活的调控手段外,更需要具有先进的决策理论来指导调度方案的合理制定,以实现电网节能减排的最终目标。而价值调度,恰好能够符合这种新形势下新的需求,将电网运行方式的决策回归到资源利用效率的决策上来,从而可以在资源价值的层面统筹解决电网运行中的安全、可靠、经济等多个层面的问题。因此,可以说,价值调度应是电网由自动化走向智能化后的必然选择。这一观点更可以从以下3个具体方面得到体现:

1) 在智能电网的调度中,协调可再生资源发电与可耗竭资源发电之间、大电网与微电网之间的相互关系是必须的,而协调这一关系面临的首要问题是可再生、可耗竭自然资源的价值评估尺度问题,量化的资源价值评估为智能化调度提供了协调上述矛盾的依据。

2) 随着智能电网的发展,可再生资源发电接入电网的数量和规模的扩大,必然使电网存在强烈的不确定性,可耗竭资源电源等往往是承担其补位、备用及调节作用的主动者,这一主动者能否真正地、有效地发挥作用,取决于自然资源价值伴随随机过程的风险评估,只有解决这一评估问题,才能确保智能电网中可再生资源发电更大的价值实现。

3) 仅依靠可耗竭资源的主动调节依然无法应对智能电网发展中的不确定性,而用电者完全可以参与补位、备用及调节作用,这又使需求资源也应该纳入调度资源之中,只有解决需求资源价值评估及其伴随在随机过程中抵御风险机制,才能改变未来电网调度面临被动的局面。

综上所述,基于资源价值量化评估的价值调度理论的发展是可以适应智能电网建设需要的,能够促进智能电网完成其改变资源利用结构、促进社会持续发展的历史使命。

3　价值调度问题的发展现状

在电力系统及其自动化学科领域,电力系统调度是一个典型的资源优化配置的理论和工程问题,是引领基础数学、应用数学及数值计算科学发展的分支之一,同时又兼容管理学和经济学理论。自20世纪20年代到90年代,调度理论体系已经发展到十分成熟的地步,从国内于尔铿[16]、李文沅[17]及国外Wood、Wollenberg[18]等教授精辟的专著中,以及诸多研究中[19-23],都可领略电力系统调度理论的发展历程和进展,这些经典的调度方法体现着人们对于资源价值的追求,如水火电混合系统中的径流式水电厂必发电、有调节能力水电厂以水煤换算当量体现水的价值、热电联合电厂优先发电等,这些举

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

措不仅含有智能的思想,也显现资源利用效率和水能的价值。另外,这期间也有考虑减排问题的调度尝试[24],但并没有引起相关部门的广泛重视。

20 世纪 80 年代后期,航天、交通及通信业市场化运营改革的成功,萌发出对电力工业市场化改革的呼声,一时间电力系统调度的研究取而代之的就是电力市场的研究,可理解为市场机制体现调度,调度中包含市场机制[25-30]。十几年来,在电力市场结构、经济机制、交易手段、优化方法等理论研究与实践上有显著进展。电力工业的市场化改革,无论在实践和研究上既有成功的典范,也有失败的惨痛教训。尽管改革进程是曲折的,但国内外都在以各自不同的方式不停地探索,其所追求的也正是市场机制下资源的优化配置。

近年来,尤其是中国,需求侧响应、环保、风险等纷纷成为电力系统调度研究的焦点[31-36],风电的大规模、快速发展,并网引起的效应问题更是电力系统调度研究的热点[37],微电网也日益受到关注[4,38]。与此同时,国家相关部门推出节能发电调度办法[39],标志着电力系统调度进入了新阶段。对此,企业界和学术界展开了对具体实施过程中所面临的各种问题及相关建议的探讨[40-42]。这些无不体现人们应对如何解决可耗竭资源短缺和环境恶化这一世界难题的积极努力。

实际上,目前就调度中自然资源的选择与放弃,已经渗透了价值的理念,如解决温室气体效应有明确的国际公约,京都协议参与国都有对碳排放责任的承诺[43];中国对节能、减少环境污染有明确的法规,如在国家电力监管委员会等部门组织下,各类以可耗竭资源发电的机组耗量、效率、微增率及排放指标等都有监管,并且信息公开,可再生资源开发利用也有明确的标准。尽管这些相关文件、法规的背后不是奖励就是惩罚,也能起到一定的作用。

然而,从目前来看,由于传统的自然资源免费的潜意识阴影依然没有摆脱,缺乏对自然资源相互替代机制的价值量化研究,使得目前节能减排的各种惩罚和奖励措施难以奏效。由此,转而对自然资源相互替代机制的价值量化规律进行分析,实现价值调度,或许能够使目前文件和法规所要达到的目的更为科学和有效。

4 价值调度需解决的问题

针对上述现状,在电网由自动化向智能化发展演变的同时,价值调度应着重解决如下 3 个层面的问题。

4.1 价值调度的基础问题

建立价值调度的模型与传统模型一样,也需要从调度的目标、约束入手。与传统调度不同的是,价值调度的目标与约束中应反映资源价值因素的影响。

价值调度的广义抽象模型可以表示为:

$$\max\ \boldsymbol{\alpha}^{\mathrm{T}} x \tag{1}$$

$$\text{s.t.}\ \ g(x) \le \mathbf{0} \tag{2}$$

$$c(x) \le \mathbf{0} \tag{3}$$

式中:$\boldsymbol{\alpha}$为价值因子列向量;x 为调度要决策的量。

式(1)为资源的实现价值最大化目标;式(2)为常规调度约束,如发电与负荷的平衡,各类机组发电自身约束,以及电网安全、可靠等相关约束;式(3)为价值调度新纳入的补充约束,表征自然资源的有限性。

从式(1)～式(3)不难看出,要构建价值调度的基础模型,必须解决 2 个难点问题,即确定价值因子以及补充约束,这也是价值调度与传统调度的区别所在。

价值因子是生产单位电能量所消耗资源产生社会价值的量化因子,在国家宏观调控政策引导下,其至少应隐含 2 个因素的综合:一是与生产、购买力相当的因素;二是维持社会可耗竭资源、生态、环境保持某种平衡的因素。确定了价值因子,也就是确定了调度的目标。

对于价值因子的研究应着重解决如下问题:①价值因子的货币量化问题;②价值因子与电网运行间的互为制约规律问题;③电网运行受制约时对应影子与价值因子之间的关联关系问题。

就式(3)的补充约束,价值调度应新纳入 3 个约束:①可耗竭资源的耗量总和约束,体现一定时间周期内对可耗竭资源的协调使用;②二氧化碳排量总和约束,体现一定时间周期内对碳排放的限制;③污染排放物的总和约束,体现一定时间周期内对环境治理的要求。

对于纳入的 3 个约束,研究重点应在于一定时间周期内允许用于发电的可耗竭资源总量(标准煤)、二氧化碳排放总量、污染排放物总量的分摊规律问题,也就是总量一定情况下各调度周期内各类资源约束上限的确定问题。

按上述分析建立的模型就是价值调度的基础模型,这是一个有着时间关联的动态优化问题。在算法实现上,这一基础的价值调度模型可继承传统调度理论与算法的所有优势,特别地,借鉴和发展传统的动态调度方法,对于解决价值调度的基础模型是必需的。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4.2 价值调度的不确定性问题

调度存在风险是在所难免的,没有风险就没有收益。如何考虑风险是电力系统调度决策的核心问题。在对价值调度基础问题分析的基础上,对不确定性问题分析的宗旨就是充分满足可再生资源发电、用电需求及相应的不确定性,以及发电、输电等环节的不确定性,将基础的价值调度理论概率化,建立和给出以期望价值最大化为目标的随机价值调度模型和算法。这是吸收了概率调度的思想[35-36],其特点在于通过概率可能性与可能性背后价值的积效应,实现自然资源价值与概率的牵连,即随机的价值规律。对该问题的深入分析应聚焦于价值调度的风险决策机制、机理的分析和评判。由此,这一问题是基础价值调度理论的提升。

4.3 价值调度的需求侧问题

满足用电需求是电力系统运行的目的。然而,随着可耗竭资源用于发电的减缓和节制、可再生资源发电的迅速增加,仅靠可耗竭资源作为主动电源的电力系统调度必然出现被动局面,用电者应该或必将由被动地位向主动方向发展,这是顺应社会和谐发展的必然驱使,也是对电力系统调度被动局面的补偿。

传统电力系统调度解决自身被动局面的主要措施是储能,如抽水蓄能电站、有调节能力的水电站及电池储能设备等。如果需求侧始终被动,那么电力系统自身解决被动局面的措施必然增多,最终导致电能需求价格的攀升,显然不尽合理,如此演绎地发展下去也是可怕的。

因此,在不确定性问题分析的基础上,对需求侧问题的分析宗旨就是充分满足可再生资源发电及相应的不确定性,以及发电、输电等环节的不确定性,视需求也为决策量,在调度目标中嵌入用电需求的价值期望,建立和给出以期望价值最大化为目标的随机价值调度模型和解决方法,这是对价值调度理论的完善。

该问题的分析应聚焦于价值调度中用电需求价值的评估,以及需求价值的行为和概率规律,同时对计及需求的风险决策机制、机理进行全方位的分析和评估。

5 结语

构建智能电网的根本原因在于资源结构的变化,而价值调度是智能电网应对新挑战的必然选择。价值调度通过赋予资源与社会发展相适应的价值,使资源实现价值最大化与社会效益最大化有着直接的关系,从而可以理顺可再生资源发电与可耗竭资源发电之间、大电网与微电网之间的相互关系,满足电网节能和减排要求;通过对自然资源价值与概率的牵连的考虑,构建以期望价值最大化为目标的随机价值调度,可以使可耗竭资源真正、有效地发挥主动性,确保电网中可再生资源更大的价值实现;通过对用电需求价值的评估,在调度目标中嵌入可决策的需求项,可以充分发挥用电者的补位、备用及参与调节的潜力,从根本上解决未来调度的被动局面。

电网运行由实时监控发展到如今的自动化过程,固然是技术进步的推动,但也是发电与用电价值变化的驱使。如今要实现智能化,自然资源价值或许是一个推动力。

参 考 文 献

[1] European Commission. European technology platform smart grids: vision and strategy for Europe's electricity networks of the future [EB/OL]. [2008-10-10]. http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrids_en.pdf.

[2] EPRI. Power delivery system and electricity markets of the future, 1009102[R]. Palo Alto, CA, USA: EPRI, 2003.

[3] EAC. Smart grid: enabler of the new energy economy [EB/OL]. [2008-12-01]. http://www.oe.energy.gov/eac.htm.

[4] 余贻鑫,栾文鹏. 智能电网. 电网与清洁能源,2009,25(1):7-11.
YU Yixin, LUAN Wenpeng. Smart grid. Power System and Clean Energy, 2009, 25(1): 7-11.

[5] 肖世杰. 构建中国智能电网技术思考. 电力系统自动化,2009,33(9):1-4.
XIAO Shijie. Consideration of technology for constructing Chinese smart grid. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(9): 1-4.

[6] 谢开,刘永奇,朱治中,等. 面向未来的智能电网. 中国电力,2008,41(6):19-22.
XIE Kai, LIU Yongqi, ZHU Zhizhong, et al. The vision of future smart grid. Electric Power, 2008, 41(6): 19-22.

[7] 陈树勇,宋书芳,李兰欣,等. 智能电网技术综述. 电网技术,2009,33(8):1-7.
CHEN Shuyong, SONG Shufang, LI Lanxin, et al. Survey on smart grid technology. Power System Technology, 2009, 33(8): 1-7.

[8] 何光宇,孙英云,梅生伟,等. 多指标自趋优的智能电网. 电力系统自动化,2009,33(17):1-5.
HE Guangyu, SUN Yingyun, MEI Shengwei, et al. Multi-indices self-approximate-optimal smart grid. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17): 1-5.

[9] 罗毅,王英英,王安斯,等. 智能电网的一种分层协同式"系统的系统"概念模型. 电力系统自动化,2009,33(17):6-9.
LUO Yi, WANG Yingying, WANG Ansi, et al. A conceptual layered cooperative system of systems model for smart grid. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17): 6-9.

[10] 张伯明,孙宏斌,吴文传,等. 智能电网控制中心技术的未来发展. 电力系统自动化,2009,33(17):21-28.
ZHANG Boming, SUN Hongbin, WU Wenchuan, et al. Future development of control center technologies for smart grid. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17):

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

21-28.

[11] 姚建国,严胜,杨胜春,等.中国特色智能调度的实践与展望.电力系统自动化,2009,33(17):16-20.
YAO Jianguo, YAN Sheng, YANG shengchun, et al. Practice and prospects of intelligent dispatch with Chinese characteristics. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17): 16-20.

[12] 罗丽艳.循环经济:物质循环与价值循环的耦合.天津社会科学,2005,2(1):73-77.
LUO Liyan. Circular economics: coupling of material circle and value circle. Tianjin Social Science, 2005, 2(1): 73-77.

[13] 吴季松.循环经济.北京:北京出版社,2003.

[14] PINDYCK R, RUBINFELD D. Microeconomics. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall, 2005.

[15] 韩学山,赵建国.刚性优化与柔性决策结合的电力系统运行调度理论探讨.中国电力,2004,37(1):15-18.
HAN Xueshan, ZHAO Jianguo. Theoretical discussion on combination of rigid optimality and flexible decision-making for electric power system operation dispatching. Electric Power, 2004, 37(1): 15-18.

[16] 于尔铿,刘广义.能量管理系统.北京:科学出版社,1998.

[17] 李文沅.电力系统安全经济运行:模型与方法.重庆:重庆大学出版社,1989.

[18] WOOD A J, WOLLENBERG B F. Power generation, operation and control. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 1996.

[19] 朱继忠.实时安全经济调度及其与负荷频率控制相结合的问题[D].重庆:重庆大学,1989.

[20] 谢永胜.电力系统安全经济运行中不确定性问题的研究[D].重庆:重庆大学,1994.

[21] 陈小虎.电力系统动态优化调度研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,1993.

[22] 韩学山.动态优化调度的积留量法[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,1994.

[23] 潘毅.响应能力约束法动态优化调度研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,1997.

[24] TALAQ J H, EL-HAWARY F, EL-HAWARY M E. A summary of environmental/economic dispatch algorithms. IEEE Trans on Power Systems, 1994, 9(3): 1508-1516.

[25] SHAHIDEHPOUR S M, YAMIN Hatim, LI Zuyi. Market operations in electric power system—forecasting, scheduling, and risk management. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 2002.

[26] KIRSCHEN D S, STRBAC G. Fundamentals of power system economics. London, UK: John Willey & Sons, 2004.

[27] 赵建国.电力市场环境下有功调度与决策机制若干问题的研究[D].武汉:华中科技大学,2004.

[28] 张利.电力市场中的机组组合理论研究[D].济南:山东大学,2006.

[29] 韩学山.市场环境下电力系统运行调度理论研究的思考.电力系统及其自动化学报,2008,20(2):17-21,41.
HAN Xueshan. Consideration of power system operation dispatch study under electricity market. Proceedings of the CSU-EPSA, 2008, 20(2): 17-21, 41.

[30] 杨明.电力系统超前调度理论与算法研究[D].济南:山东大学,2009.

[31] 薛禹胜.时空协调的大停电防御框架:(一)从孤立防线到综合防御.电力系统自动化,2006,30(1):8-16.
XUE Yusheng. Space-time cooperative framework for defending blackouts: Part Ⅰ from isolated defense lines to coordinated defending. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(1): 8-16.

[32] 张钦,王锡凡,王建学,等.电力市场下需求响应研究综述.电力系统自动化,2008,32(3):97-106.
ZHANG Qin, WANG Xifan, WANG Jianxue, et al. Survey of demand response research in deregulated electricity markets. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(3): 97-106.

[33] 郭志忠.电网自愈控制方案.电力系统自动化,2005,29(10):85-91.
GUO Zhizhong. Scheme of self-healing control frame of power grid. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(10): 85-91.

[34] 冯永青,张伯明,吴文传,等.基于可信性理论的电力系统运行风险评估:(一)运行风险的提出与发展.电力系统自动化,2006,30(1):17-23.
FENG Yongqing, ZHANG Boming, WU Wenchuan, et al. Power system operation risk assessment based on credibility theory: Part Ⅰ propound and development of operation risk assessment. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(1): 17-23.

[35] 查浩,韩学山,杨朋朋.电网运行状态下的概率优化调度.中国电机工程学报,2008,28(28):54-60.
ZHA Hao, HAN Xueshan, YANG Pengpeng. Probabilistic optimal dispatching under operating condition of power network. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(28): 54-60.

[36] 杨明,韩学山,梁军,等.基于等响应风险约束的动态经济调度.电力系统自动化,2009,33(1):14-17.
YANG Ming, HAN Xueshan, LIANG Jun. Dynamic economic dispatch with equal response risk constraints. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(1): 14-17.

[37] 迟永宁,刘燕华,王伟胜,等.风电接入对电力系统的影响.电网技术,2007,31(3):77-81.
CHI Yongning, LIU Yanhua, WANG Weisheng, et al. Study on impact of wind power integration on power system. Power System Technology, 2007, 31(3): 77-81.

[38] 鲁宗相,王彩霞,闵勇,等.微电网研究综述.电力系统自动化,2007,31(19):100-106.
LU Zongxiang, WANG Caixia, MIN Yong, et al. Overview on microgrid research. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(19): 100-106.

[39] 国务院办公厅.国务院办公厅关于转发发展改革委等部门《节能发电调度办法(试行)》的通知(国办发[2007]53号文)[EB/OL].[2009-08-02]. http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfbqt/2007qita/t20070828-156042.htm.

[40] 尚金成.节能发电调度的经济补偿机制研究:(一)基于行政手段的经济补偿机制设计与分析.电力系统自动化,2009,33(2):44-48.
SHANG Jincheng. Research on economic compensation mechanism for energy-saving generation dispatch: Part one design and analysis of economic compensation mechanism based on administrative means. Automation of Electric Power Systems, 2008, 33(2): 44-48.

(下转第74页 continued on page 74)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

童晓阳(1970—),男,通信作者,博士,副教授,主要研究方向:智能 Agent 和信息技术在电力系统的应用、变电站自动化。E-mail: xytong@yahoo.cn

廖晨淞(1984—),男,硕士,主要研究方向:电力系统广域保护通信仿真。

周立龙(1983—),男,硕士研究生,主要研究方向:电力系统广域保护与通信。

The Simulation of Substation Communication Network Based on IEC 61850-9-2

TONG Xiaoyang[1], *LIAO Chensong*[1], *ZHOU Lilong*[1], *LI Yingchuan*[2], *ZHANG Li*[2], *WANG Xiaoru*[1], *XU Kelai*[2]

(1. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;
2. Jiangxi Electric Power Design Institute, Nanchang 330006, China)

Abstract: The communication capability of Ethernet is a key for normal operation of digital substation automation system based on IEC 61850. Aiming at the united ring and star networks in whole substation, the simulation software OPNET is adopted to construct the mathematical models of various typical data flow in this paper. IEC 61850-9-2 protocol is used to transfer the sampling values. A variety of simulating test schemes are made, which consider following factors such as: structure and bandwidth of network, the different transferring of sampling values by the process network, the breaking failure of the ring network, the influence of file transferring on the sampling values and tripping message. The results of simulating experiments for an actual medium-size substation are given. It provides a reference for construction of a digital substation system.

Key words: digital substation; simulation of communication; ring network; star network; real-time; OPNET

(上接第 9 页 continued from page 9)

[41] 严宇,马珂,于钊,等. 改进发电调度方式实施节能、环保、经济调度的探讨. 中国电力,2007,40(6):6-9.
YAN Yu, MA Ke, YU Zhao, et al. Primary research on improvement in generation dispatching mode to implement energy conservation and environmental protection and economic dispatching. Electric Power, 2007, 40(6): 6-9.

[42] 胥传普,杨立兵,刘福斌. 关于节能降耗与电力市场联合实施方案的探讨. 电力系统自动化,2007,31(23):99-103.
XU Chuanpu, YANG Libing, LIU Fubin. Discuss on the union implementation scheme of energy conservation measures and electricity marketability methods. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(23): 99-103.

[43] UNFCCC. Kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change [EB/OL]. [1998-05-31]. http://unfccc.int/essential_background/kyoto_protocol/items/1678.php.

韩学山(1959—),男,通信作者,博士,教授,博士生导师,主要研究方向:电力系统分析与控制。E-mail: xshan@sdu.edu.cn

杨 明(1980—),男,博士,讲师,主要研究方向:电力系统调度自动化。

张 利(1967—),女,博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向:电力工程与管理。

Contemplation of Smart Grid Development Promoted by Value Based Dispatch

HAN Xueshan, *YANG Ming*, *ZHANG Li*

(Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: The power grid is updated from automation to intellectualization, technique development plays a leading role. In the meantime, the value change of power consumption and generation is the underlying reason. So, in this paper, a value based dispatch theory is introduced as one important part of smart grid origin. The feature of this theory is that the natural resources are assigned value corresponding to the social sustainable development, and the goal is to maximize implementation of resource value. So, the proposed value based dispatch can harmonize the relationship among power generation, consumption, natural resources and environment, which embodies the basic aim of smart grid development. On the basis, the concept of value dispatch, relationship between value dispatch and smart grid construction, and current research situation and problems faced about value dispatch are contemplated further.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 50377021, No. 50677036) and Natural Science Foundation of Shandong Province, China (No. Y2008F19).

Key words: smart grid; value based dispatch; power systems

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net