

电力系统几个新的发展动向

周玲 颜自坚 丁晓群

(河海大学电气工程学院 210098 南京)

TM72
TM73
TM76
TAA72

摘要 扼要介绍国内外电业部门正在研究和尝试应用的电力系统的最新技术和管理模式。在输电技术方面,介绍灵活交流输电系统与分频输电系统的背景、特点及发展现状;在配电技术方面,对城网与农网改造中引出的配电管理系统这一热门课题作了简单介绍;文末就目前电力部门十分关注与参与的电力市场的性质、模式及发展,电力市场所面临的问题加以阐述。

关键词 灵活交流输电系统;分频输电系统;配电管理系统;电力市场

电力系统, 输电技术, 配电管理, 自动化.

随着国民经济的快速发展,我国城乡的用电量在急剧增加,单位面积负荷密度大大超过了原定的用电指标,对电能质量和供电可靠性也提出了更高的要求。以往在电力建设中,长期计划经济形成了“重发、轻供、不管用”的局面,随着改革开放的深入,要求既要提高输电、配电、供电质量和可靠性,又要保持系统的稳定运行,迫切需要新的技术及管理模式提高其运行和管理的自动化水平来解决这个矛盾。

1 灵活交流输电系统与新型输电技术

1.1 灵活交流输电系统

1.1.1 背景

电力系统中广泛使用的具有机械传动部分的断路器,例如油断路器、空气断路器等,不仅动作速度慢,而且遮断容量也受到限制,不能满足现代庞大电力系统高度自动控制的要求。这时可采用一系列电力电子可控设备,对电网的阻抗参数、电压、相角、功率潮流等实现快速的、灵活的控制。这种新型的输电系统称为灵活交流输电系统(flexible AC transmission system, FACTS)^[1,2]。

1.1.2 灵活交流输电技术的优越性

a. 快速性。快速控制的实现,有效地改善了被控系统的稳定和动态品质。

b. 灵活性。被控参数既可以断续,也可以连续调节。由于操作采用的是电子式开关,导通时压降很小,关断时漏电流很小,是十分理想的无触点开关元件,理论上可以无限次操作而没有磨损。因而,可以根据系统控制的需要可靠地调节控制变量,大大提高了系统控制的灵活性。

c. 可控性。灵活交流输电技术可以通过在线、实时地对一个或多个交流系统参数(如阻抗、相角、电压)的快速、精确控制,改善和提高电力系统潮流变化、功率流向、输送能力、阻尼振荡以及防止事故扩大等多方面的运行性能,大大增强了系统的可控性,为提高系统的安全与经济运行水平提供了崭新、强有力的控制手段。

1.1.3 发展现状

灵活交流输电技术是电力电子技术在电力系统中应用的重要方面,FACTS装置的应用可实现对交流输电功率潮流的灵活控制,大幅度提高电力系统的稳定水平。和其它输电型 FACTS 控制器相比,统一潮流控制器在阻尼振荡、提高暂态稳定等方面具有优越的性能,许多研究都已证明了改善电力系统稳定方面的重要作用^[3]。但总体而言,这方面的工作还处于起步阶段,许多研究仍集中在利用 NETOMAC 等仿真系统对统一潮流控制器(UPFC)、静止无功补偿器(SVC)做仿真^[4]。对于 UPFC 控制策略现在也进行了一定的研究^[5,6],有的提出了 FACTS 的最优控制策略,有的提出了面向目标的 FACTS 设备智能预估控制策略^[7,8]。

1.2 分频输电系统

1.2.1 背景

长期以来,国内外的远距离输电方式主要采用高压交流输电和高压直流输电。要发展更高一级电压的输电系统及制造出相应的电力设备,需要投入大量的资金和花费较长的时间,而直流输电,虽不存在交流输电那样的功率极限的限制,但输电线路两端的换流设备非常复杂、昂贵,且在输电线路中间难

以引出支路功率,为了提高输电系统的容量和经济效益,西安交通大学王锡凡教授提出了一种全新的输电方式——分频输电方式^[9,10]。

众所周知,输电系统的最大输送功率可用下式估计:

$$P_{\max} = \frac{U \cdot U}{X} \quad (1)$$

式中: U 为输电系统的额定电压; X 为系统电抗。

由式(1)可知,欲提高其输电容量,除按现有方法提高输电系统的额定电压外,还可以采用降低系统电抗的方式,即利用降低输电频率(如 50/3 Hz)来减小输电系统的电抗 X ,从而可成倍地提高输电容量,以达到减少输电线路的回路和出线走廊的目的。

水电站的水轮发电机组因转速较低,发出的电力频率较低(如 50/3 Hz),如采用分频输电,将会使水轮发电机组及其输电系统都能运行在各自最合理的频率之下,从而提高整个电力系统的运行指标,获得较大的经济效益,因此,水电站更适于采用分频输电方式。

我国是一个水力资源十分丰富的国家,已建和正在建设的有三峡水电站、小浪底水电站等一大批水力发电站,但这些水电站大多集中在西部地区,而用电负荷多在东部沿海,形成我国电力工业“西电东送”的基本格局,且输电距离一般都达到 1 000 ~ 2 500 km。因此,分频输电系统的研究对我国更具有现实意义和长远意义。

1.2.2 分频输电系统的构成

分频输电系统构成如图 1 所示,图中,水轮发电机发出分频(如 50/3 Hz)电力,经变压器升压后由输电线路输送至末端,再经倍频变压器将分频电力转变为工频电力向工频电力系统供电。

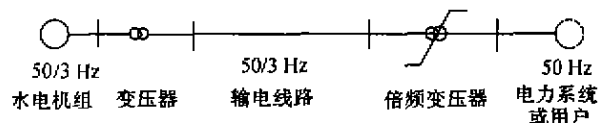


图 1 分频输电系统的构成

1.2.3 发展现状

分频输电是一种全新的输电方式,还需从理论到实践作更深入、全面的研究和探索。如系统中由于非线性元件所产生的电压、电流波形严重畸变,需在非线性理论的基础上,同时考虑各次谐波的影响,建立更精确的电力系统数学模型和分析方法,用以研究各种运行状态下的特性,同时还需开发分频输电系统的保护与控制系统;研制分频输电系统所需的关键电力设备,如倍频变压器、开关设备等,优化其设计,改善其结构,提高其性能指标,以满足分频输

电系统的需要^[11~13]。

2 配电管理系统

2.1 背景

面对复杂的新任务,既要开放市场,让发电方和用电方自由交易,又要管好电网为用户服务,必须在这个新的认识基础上提高我们的技术,需要创造性地用新技术来解决新问题,这就引出了配电管理系统(distribution management system)这一热门课题的研究和应用^[14]。

2.2 配电管理系统的主要功能

配电管理系统有以下主要功能:①配电网的自动绘图/设备管理/地理信息管理系统(AM/FM/GIS);②配电网数据采集、传送与共享(SCADA);③配电自动化系统(DA);④配电网负荷控制与负荷管理(LM);⑤配电网电量计费(OPTION);⑥配电网用户电话投诉管理(TCM);⑦需方用电管理(DSM)。

配电自动化系统是配电网开放的关键技术条件,必须首先加以建设。它包括配电网的多种通信方式、变电站自动化、馈线自动化和用户自动化。①配电网的多种通信方式。配电管理系统中有一层量大面广、面向现场的 F/RTU(间隔单元),对电力线路、分段器、重合器、用户仪表等进行监视与控制。②变电站自动化。经电流互感器(CT)或电压互感器(PT)后进行各电量的交流采样,将重合闸、谐波分析、故障录波、接地选线、故障测距等功能集成于一体形成“保护单元”,全面实现了综合自动化系统对变电站的保护、测量通信和控制功能。③馈电线路自动化包括线路运行参数采集单元、配电自动监控单元及故障定位、隔离和自动恢复供电系统。④用户自动化是需求侧管理,是用户自己控制的用电计划。

2.3 发展现状

国外如英、美、日、法等国家,从事这方面的工作较早也较为深入,已取得了成功的经验。国内配电网系统自动化起步较晚,尚处于摸索阶段,由于配电网自动化对电力系统的安全、经济、可靠运行具有重大的作用和实用价值,因此前景广阔,引起了众多的科研院所、厂家及供电部门的兴趣并投身于这个领域的研究和实践。如南京电力自动化研究院电网控制所已研制有 DMS 系列调度、配电综合自动化系统运行于上海浦东、山西大同地区,保定三川电力技术研究所研制的配电自动化系统在河北邯郸运行可靠,并已通过国家电力公司的技术鉴定等。

从发展趋势和现有不足来看,网络化、集成化、通用化、实时性、开放式平台,面向对象式设计,多种智能技术灵活采用,结合灵活输电、电网结构规划需

方管理,实现无人值班,组成综合自动化系统等将是以后的发展趋势。

3 电力市场

3.1 基本概念

近年来国际电力界的一个热门话题是电力市场问题,也就是所谓“解除管制”(deregulation)问题。原先电力行业由于其生产和消费的特点,一向把发、输、配电作为一个整体,用户在用电时取得电能并按统一价格支付电费(或分时电费)。现在的问题是用户能否选择不同的“发电”,但却经过同一的输电系统,而使最终的价格低于流行的电价,也就是要打破大多数国家已实行了 100 多年的由电力公司垄断的电力供应制度,转变为多个独立发电厂商形成的以电价为焦点的电力自由竞争的市场机制。把电能本身看成一种商品,而把输配电看成是一种服务,电能可以自由买卖并在电网上任意传输,买方和卖方可以根据双方的条件形成一个“交易”,并支付输配电服务费用,这就成了理想的电力自由竞争的市场模式。

3.2 电力市场改革体制模式

电力经营方式从过去的独家专营变成市场竞争已是必然的趋势。电力市场怎样经营,欧美诸国正在研究,经营体制怎样改革已经成为讨论的热点。从已见的资料可知,欧美各国电力市场改革体制可以大致分为四类^[15,16]:①垂直管理系统,由总公司发、输、配,一直管到用;②部分批发转售;③在趸售上进行公开竞争,发电与售电在这一层上完全脱钩,在高压网(或国家网)上进行市场竞争(有人称之为 UK Model,英国模式,或 England/Wales Model);④零售竞争,以美国的加利福尼亚州及新英格兰诸州为主(有人称之为 California Model,加州模式)。

3.3 发展电力市场所面临的问题^[17]

3.3.1 电价问题

电价是公平交易和公开竞争的基础。发电单位计算预报电价及优惠电价都必须考虑到许多因素的影响,如所用燃料价格、运行管理的费用等等。其中,不确定因素很多,加入电网的发电单位有的须承担备用容量的任务,旋转备用、热备用、冷备用,将有不同的费用。在购售电交易中有越过第三者电网的电力须计算过境费用,过境时不但有线损,还有占用输、配电线路的“买路钱”。总之,在经济调度、频率控制、安全校核、拥挤(堵塞)疏解等活动中都必须考虑电价问题,把各方应负担的费用公平分摊,使各方都能接受。

3.3.2 控制手段

为创造电网上公开进行竞争的条件,调度员(ISO)须有比现在更灵活的控制手段。应从三方面考虑:①正常情况下,须增加移相器、潮流控制器、无功发生器等可控硅控制器,利用大功率的 GTO,称为 FACTS 设备;②紧急情况下,还要调用辅助电源、备用发电容量及可停电的负荷等;③零售竞争层上,用户网上为了保证越来越高的供电质量要求,可应用一种和趸售层上 FACTS 设备相似的“用户电力”(custom power)设备。

3.3.3 通信数据网

为了中央调度员(ISO)能及时妥善洽商、综合解决电价问题,进行灵活而迅速的控制,必须有一个相应的信息网,做到市场的价格变动对用户透明,使电网能公开、开放,电力供应与需求之间能自由选择,通信网能及时而可靠地处理用户和供电点之间的信号和信息传达。而这些需要大力发展运动技术。

3.4 发展现状

电力体制改革已风靡全球,继英国、挪威的改革取得成效之后,欧洲议会要求欧洲各国于 1999 年 2 月初步进入电力市场运行,美国加利福尼亚州的电力市场管理系统已于 1998 年 4 月投入运行,阿根廷、新加坡等国的电力市场也取得很多经验^[18]。

当前我国电力工业仍带有国家垄断性质,相对于完全开放的电力市场尚有很大的差别,而且在今后相当长的一段时间内是否要走到彻底的市场化,也需要根据我国的国情而定,要逐步用市场机制来对待和利用各家提供的电源,以满足电力工业不断发展的需要。因此,如何更好地对电网调度和运行进行商业化运营,已成为当前的重要问题。总之,电力市场体制改革和电力市场发展是大势所趋,发展过程中会出现不少问题,我们应该密切关注。

4 结 语

电力系统技术及管理水平的 高低,直接影响着电力工业的发展速度。欧美各国过去不重视用电,现在大有转变,正在积极应用输、配电方面的新技术,解决电力系统复杂控制问题;依赖于对电力市场的“放松管理”,提高供电质量和服务水平,这一切的经验和教训都是我们宝贵的参考资料。就我国电力发展的速度而言,已为世界瞩目,1997 年装机达 2.54 亿 kW,发电 1.134 万亿 kW·h,但不得不承认,电力技术及管理水平的来讲与西方还有差距,有待我们作出进一步的努力,迎接新世纪的挑战,尝试电力系统的最新动向,满足电力增长的需求,任重而道远。

(下转第 26 页)

难的,因此,模型试验的研究就显得非常必要。模型试验不仅要模拟相似材料,而且要模拟施工方法及过程。尽管在 50 年代我国一些从事地下工程研究的学者就试图通过试验研究衬砌上的土压力问题,但由于各种试验条件及量测手段的限制,其进展并不大。近年来,离心模型试验技术的发展,为隧道衬砌上土压力的模型试验研究创造了良好的条件,因为它能补偿因模型缩尺带来的自重损失,使模型的应力状态与原型保持一致,较真实地模拟原型的性态,这对于研究衬砌上的土压力问题来说是非常重要的。当前,离心模型试验的主要问题在于如何在试验过程中模拟隧道的施工过程,对此一直没有较好的解决方法,另外,由于试验时模型处于高速旋转状态,对测试元件的要求极高,因此要研究适用于离心试验的微型土压力盒。

c. 多积累现场的量测数据。现场量测数据是现场各影响因素的综合反映,受现场各种必然因素及偶然因素的影响。要对其中的主要影响因素有针对性地进行深入探讨,去粗取精,去伪存真,为理论分析提供充分的论据。在条件许可的情况下,要多做现场测试,以利于进行比较分析。

最后,从工程实用角度出发,从理论及试验分析中提出简便、易行、所需参数较易获取的土压力计算公式供设计之用也是今后努力的一个方向。

参考文献

- 1 孙钧.地下工程设计理论与实践.上海:上海科学技术出版社,1996
- 2 Zavriev G P.从现场试验资料得出地下结构上的粘土压力.隧道译丛,1979(1):18~20
- 3 El-Nahhas F, El-Kadiand F, Ahmed A. Interaction of tunnel linings and soft ground. Tunneling and Underground Space Technology, 1992(7):33~44
- 4 Eisenstein Z, El-Nahhas F, Thomson S. Pressure-displacement relations in two systems of tunnel lining. In: Resendiz D, Romo M D, Balkema A A eds. Soft Ground Tunneling, Rotterdam, 1981. 85~94
- 5 关树宝译.拼装衬砌上的土压力分布和变形.隧道译丛,1978(4):79~86
- 6 孙钧,侯学渊.上海地区圆形隧道设计的理论与实践.土木工程学报,1984,17(3):35~47
- 7 侯学渊.隧道设计模型理论与试验.岩土工程学报,1984,6(3):35~43
- 8 徐楨祥.地下工程试验与测试技术.北京:中国铁道出版社,1984
- 9 姜朴.现代土工测试技术.北京:中国水利水电出版社,1997
- 10 孙更生,郑大同.软土地基与地下工程.北京:中国建筑工业出版社,1984

(收稿日期:1998-06-05 编辑:熊水斌)

(上接第 22 页)

参考文献

- 1 王仁洲,颜湘武,尚秋峰.未来灵活交流输电系统的研究方向.华北电力大学学报,1996(10):1~4
- 2 何大愚.柔性交流输电系统概念研究的新进展.电网技术,1997(2):9~14
- 3 李海峰.统一潮流控制策略的研究:[学位论文].南京:河海大学,1998
- 4 梁旭,姜齐荣,王仲鸿等.NETOMAC 在静止调相器仿真中的应用.电网技术,1998,22(4):1~6
- 5 奚江惠,涂光瑜.基于统一潮流控制器对电力系统暂态稳定控制的研究.电力系统自动化,1997,21(3):51~53
- 6 罗春雷,孙洪波,徐国禹.UPFC 动态建模与最优控制研究.电力系统自动化,1997,21(11):4~6
- 7 卢强,孙元章,沈沉,梅生伟.面向目标的 FACTS 设备智能预估控制方式(一).电网技术,1998,22(4):6~9
- 8 卢强,孙元章,沈沉,梅生伟.面向目标的 FACTS 设备智能预估控制方式(二).电网技术,1998,22(5):5~9
- 9 王锡凡.分频输电系统.中国电力,1995,28(1):2~6
- 10 韩居华,辛玲.一种新型的远距离输电系统——分频输电系统介绍.电力情报,1998(3):11~14
- 11 王锡凡,王秀丽.分频输电系统的可行性研究.电力系统自动化,1995,19(4):5~13
- 12 王秀丽,王锡凡,王建华等.分频输电系统实验初探.中国电力,1996,29(6):33~36
- 13 Wang Xifan, Wang Xiuli. Feasibility study of fractional transmission system. IEEE/PES Summer Meeting, Portland, 1995
- 14 王明俊,于尔铿,刘广一.配电系统自动化及其发展.北京:中国电力出版社,1998
- 15 王平洋.电力市场与远动技术.电力系统自动化,1997,21(4):1~2
- 16 刘觉,金振东.电力市场的发展对 EMS 的新挑战.电力系统自动化,1997,21(2):7~9
- 17 王平洋.电力市场竞争与电力调度.电力系统自动化,1997,21(2):10~12
- 18 辛耀中,李泽,赵祖康.国际电工委员会第 57 技术委员会 1998 年会议概述.电力系统自动化,1998,22(10):45~49

(收稿日期:1998-11-10 编辑:熊水斌)