
 电力系统生产技术丛书

ZHINENG BIANDIANZHAN SHIYONG JISHU WENDA

智能变电站 实用技术问答

● 主编 李智敏 林慧 郑琰

3-39

 郑州大学出版社



电力系统生产技术丛书

ZHINENG BIANDIANZHAN SHIYONG JISHU WENDA

智能变电站 实用技术问答



●主编 李智敏 林 慧 郑 琰



郑州大学出版社

郑 州

图书在版编目(CIP)数据

智能变电站实用技术问答/李智敏,林慧,郑琰主编. —郑州:
郑州大学出版社,2013.6
ISBN 978-7-5645-1416-7

I. ①智… II. ①李… ②林… ③郑… III. ①智能技术-应
用-变电所-问题解答 IV. ①TM63-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 073587 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

郑州市诚丰印刷有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:8.5

字数:204 千字

版次:2013 年 6 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

印次:2013 年 6 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-1416-7

定价:35.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

作者名单

主 编 李智敏 林 慧 郑 琰
副主编 景中熠 李宏伟 李宏华 朱 峰
编 委 (按姓氏笔画排序)

丁同奎 马 骏 王 坤 王 然 王 勇
 王世旭 王核哲 石 峰 卢 慧 邝 石
 苏 迪 杜 春 李 蒙 李 一 宁 杨 琳
 杨 铮 张 卓 张 栋 张 超 陈 力
 陈 昕 陈志刚 赵 珩 高 欢 郭 峰
 曹亚旭 彭 波 程生安 靳 巍 管 杰
 潘海圉

前 言

智能化是目前世界电力发展的新趋势,发展智能电网已在世界范围内形成共识。坚强智能电网是以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强网架为基础,以通信信息平台为支撑,具有信息化、自动化、互动化特征,包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电以及规划、调度、通信等各个环节,覆盖所有电压等级,实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合的现代化电网。同时智能电网的透明开发与互动性,让用户了解更多的电源和电能质量信息,使得电网能够构建新型商业模式、发挥用户的积极性,向用户提供电力的优质和增值服务、节约用电和能源等拓展电网的战略发展提供更大的空间。

智能变电站是数字化变电站的升级和发展,在数字化变电站的基础上,结合智能电网的需求,对变电站自动化技术进行充实,以实现变电站智能化功能。智能变电站采用先进、可靠、集成、低碳、环保的智能设备,以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求,自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能,并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能。

智能变电站相对于常规变电站的优越性:智能变电站能够完成比常规变电站范围更宽、层次更深、结构更复杂的信息采集和信息处理,变电站内、站与调度、站与站之间、站与大用户和分布式能源的互动能力更强,信息的交换和融合更方便快捷,控制手段更灵活可靠。智能变电站设备具有信息数字化、功能集成化、结构紧凑化、状态可视化等主要技术特征,符合易扩展、易升级、易改造、易维护的工业化应用要求。

《智能变电站实用技术问答》一书就是为了加快智能电网、智能配电网、智能变电站建设,满足供电企业电网、调度及变电运行人员岗位能力及综合素质强化培训教学的实际需要组织编写的,是一本理论与实际应用相结合的知识问答型培训教材。

全书共分八章,主要介绍了智能电网、智能变电站一次设备、智能变电站二次设备、智能电子装置 IED、辅助设备、智能变电站运行管理、智能变电站运行操作、智能变电站异常事故紧急处置等知识,以便提高对智能电网、智能变电站的认识和了解。

本书知识面宽、简单易懂,可作为供电企业智能电网、变电站相关工作人员的培训教材,也可作为供电企业管理人员和技术人员的工作参考书。

目 录

第一章 智能电网	1
第一节 智能电网概述	1
第二节 智能发电	6
第三节 智能输电	10
第四节 智能变电站	13
第五节 智能配电网基础知识	14
第六节 智能用电基础知识	18
第七节 智能调度	22
第八节 通信信息	29
第二章 智能变电站一次设备	34
第一节 变压器	34
第二节 并联电抗器	40
第三节 互感器	41
第四节 断路器	48
第五节 隔离开关	50
第六节 无功补偿装置	51
第七节 母 线	56
第八节 避雷器	57
第九节 电力电缆	58
第十节 GIS	60
第十一节 开关柜	61
第三章 智能变电站二次设备	62
第一节 新技术与变电站继电保护装置	62
第二节 智能变电站网络结构	65
第三节 智能变电站继电保护及运行规定	69
第四节 GPS 同步技术	74

第五节	智能变电站信息流	75
第四章	智能电子装置 IED	77
第一节	智能变电站 IED 概述	77
第二节	智能变电站 IEC 61850 通信规约	79
第三节	合并单元运行及异常处理	83
第四节	智能单元运行及异常处理	88
第五节	交换机及相关通信设备	90
第五章	辅助设备	94
第一节	智能变电站低压交直流设备	94
第二节	智能变电站安防设备	99
第三节	智能变电站其他设备	102
第六章	智能变电站运行管理	104
第一节	智能变电站巡视管理	104
第二节	智能变电站缺陷管理	107
第三节	智能变电站运行规范	108
第七章	智能变电站运行操作	112
第一节	智能变电站的顺控操作	112
第二节	智能变电站操作流程	114
第三节	智能变电站与常规综合自动化变电站倒闸操作的区别与注意事项	115
第四节	智能变电站五防系统的特点	117
第五节	智能变电站的智能操作票系统	118
第八章	智能变电站异常事故紧急处置	120
第一节	智能变电站事故及异常处理一般原则	120
第二节	智能设备常见异常信号分析判断	123
第三节	智能变电站设备常见异常及故障处理方法	126



第一章 智能电网

第一节 智能电网概述

1. 什么是智能电网?

答:智能电网(smart power grids)是将先进的传感量测技术、信息通信技术、分析决策技术、自动控制技术和能源电力技术相结合,并与电网基础设施高度集成而形成的新型现代化电网。

2. 智能电网架构层次是什么?

答:“智能电网”的架构层次包括数据采集、数据传输、信息集成、分析优化和信息展现五大方面。

3. 智能电网的目标是什么?

答:智能电网的目标是实现电网运行的可靠、安全、经济、高效、环境友好和使用安全,降低用户的电费支出,并提高能源利用效率,实现节能减排。

4. 我国为什么要发展智能电网?

答:智能电网是我国电网发展的必然趋势,其重要意义体现在以下方面。

(1)强大的资源优化配置能力。我国智能电网建成后,将形成结构坚强的受端电网和送端电网,电力承载能力显著加强,形成“强交、强直”的特高压输电网络,实现大水电、大煤电、大核电、大规模可再生能源的跨区域、远距离、大容量、低损耗、高效率输送,区域间电力交换能力明显提升。

(2)具备更高的安全稳定运行水平。电网的安全稳定性和供电可靠性将大幅度提升,电网各级防线之间紧密协调,具备抵御突发性事件和严重故障的能力,能够有效避免大范围连锁故障的发生,显著提高供电可靠性,减少停电损失。

(3)适应并促进清洁能源发展。电网将具备风电机组功率预测和动态建模、低电压穿越和有功无功控制以及常规机组快速调节等控制机制,结合大容量储能技术的推广应用,对清洁能源并网的运行控制能力将显著提升,使清洁能源成为更加经济、高效、可靠的能源供给方式。

(4)实现高度智能化的电网调度。全面建成横向集成、纵向贯通的智能电网调度技术支持系统,实现电网在线智能分析、预警和决策,以及各类新型发输电技术设备的高效调控和交直流混合电网的精益化控制。

(5)实现电网资产高效利用和全寿命周期管理。可实现电网设施全寿命周期内的统筹



2 智能变电站实用技术问答

管理。通过智能电网调度和需求侧管理,电网资产利用小时数大幅提升,电网资产利用效率显著提高。

(6)实现电网管理信息化和精益化。将形成覆盖电网各个环节的通信网络体系,实现电网数据管理、信息运行维护综合监管、电网空间信息服务以及生产和调度应用集成等功能,全面实现电网管理的信息化和精益化。

(7)发挥电网基础设施的增值服务潜力。在提供电力的同时,服务国家“三网融合”战略,为用户提供社区广告、网络电视、语音等集成服务,为供水、热力、燃气等行业的信息化、互动化提供平台支持,拓展及提升电网基础设施增值服务的范围和能力,有力推动智能城市的发展。

(8)促进电网相关产业的快速发展。建设智能电网,有利于促进装备制造和通信信息等行业的技术升级,为我国占领世界电力装备制造领域的制高点奠定基础。

5. 智能电网具有哪些特征?

答:(1)坚强。在电网发生大扰动和故障时,仍能保持对用户的供电能力,而不发生大面积停电事故;在自然灾害、极端气候条件下或外力破坏下仍能保证电网的安全运行;具有确保电力信息安全的能力。

(2)自愈。具有实时、在线和连续的安全评估和分析能力,强大的预警和预防控制能力,以及自动故障诊断、故障隔离和系统自我恢复的能力。

(3)兼容。支持可再生能源的有序、合理接入,适应分布式电源和微电网的接入,能够实现与用户的交互和高效互动,满足用户多样化的电力需求并提供对用户的增值服务。

(4)经济。支持电力市场运营和电力交易的有效开展,实现资源的优化配置,降低电网损耗,提高能源利用效率。

(5)集成。实现电网信息的高度集成和共享,采用统一的平台和模型,实现标准化、规范化和精益化管理。

(6)优化。优化资产的利用,降低投资成本和运行维护成本。

6. 我国发展智能电网的目标是什么?

答:我国发展智能电网的目标是以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强电网为基础,利用先进的通信、信息和控制技术,构建以信息化、自动化、数字化、互动化为特征的国际领先、自主创新、中国特色的坚强智能电网。

7. 我国发展智能电网的主要领域有哪几方面?

答:我国发展智能电网主要包括以下方面:智能电网的综合和规划,智能发电、智能输电、智能变电、智能配电、智能用电、智能调度、通信信息。

8. 为什么说智能电网是电网发展的必然趋势?

答:电网已成为工业化、信息化社会发展的基础和重要组成部分。同时,电网也在不断吸纳工业化、信息化成果,使各种先进技术在电网中得到集成应用,极大提升了电网系统功能。

(1)智能电网是电网技术发展的必然趋势。近年来,通信、计算机、自动化等技术在电网中得到广泛深入的应用,并与传统电力技术有机融合,极大地提升了电网的智能化水平。传感器技术与信息技术在电网中的应用,为系统状态分析和辅助决策提供了技术支持,使电网



自愈成为可能。调度技术、自动化技术和柔性输电技术的成熟发展,为可再生能源和分布式电源的开发利用提供了基本保障。通信网络的完善和用户信息采集技术的推广应用,促进了电网与用户的双向互动。随着各种新技术的进一步发展、应用并与物理电网高度集成,智能电网应运而生。

(2)发展智能电网是社会经济发展的必然选择。为实现清洁能源的开发、输送和消纳,电网必须提高其灵活性和兼容性。为抵御日益频繁的自然灾害和外界干扰,电网必须依靠智能化手段不断提高其安全防御能力和自愈能力。为降低运营成本,促进节能减排,电网运行必须更为经济高效,同时须对用电设备进行智能控制,尽可能减少用电消耗。分布式发电、储能技术和电动汽车的快速发展,改变了传统的供用电模式,促使电力流、信息流、业务流不断融合,以满足日益多样化的用户需求。

电力技术的发展,使电网逐渐呈现出诸多新特征,如自愈、兼容、集成、优化,而电力市场的变革,又对电网的自动化、信息化水平提出了更高要求,从而使智能电网成为电网发展的必然趋势。

9. 智能电网与传统电网相比的优势是什么?

答:(1)对变压器主要状态信息化,实现变压器实时状态可知,实时运行可控。

(2)可对区域电网内变压器信息进行收集整理。

(3)实现对变压器及相关设备信息的整合分析,以此来降低成本,提高有效率,提高整个设备及电网的可靠性,优化运行和管理。

10. 智能电网将对世界经济社会发展产生哪些促进作用?

答:智能电网建设对于应对全球气候变化,促进世界经济社会可持续发展具有重要作用。主要表现在:

(1)促进清洁能源的开发利用,减少温室气体排放,推动低碳经济发展。

(2)优化能源结构,实现多种能源形式的互补,确保能源供应的安全稳定。

(3)有效提高能源输送和使用效率,增强电网运行的安全性、可靠性和灵活性。

(4)推动相关领域的技术创新,促进装备制造和信息通信等行业的技术升级,扩大就业,促进社会经济可持续发展。

(5)实现电网与用户的双向互动,革新电力服务的传统模式,为用户提供更加优质、便捷的服务,提高生活质量。

11. 我国建设智能电网具有哪些有利条件?

答:多年来,我国电力行业大力加强电网基础建设,同时密切关注国际电力技术发展方向,重视各种新技术的研究创新和集成应用,自主创新能力快速提升,电网运行管理的信息化、自动化水平大幅提高,科技资源得到优化,建立了位居世界技术前沿的研发队伍和技术装备,为建设智能电网创造了良好条件。

(1)在电网网架建设方面,网架结构不断加强和完善,特高压交流试验示范工程和特高压直流示范工程成功投运并稳定运行;全面掌握了特高压输变电的核心技术,为电网发展奠定了坚实基础。

(2)在大电网运行控制方面,具有“统一调度”的体制优势和丰富的运行技术经验,调度技术装备水平国际领先,自主研发的调度自动化系统和继电保护装置获得广泛应用。



4 智能变电站实用技术问答

(3)在通信信息平台建设方面,建成了“三纵四横”的电力通信主干网络,形成了以光纤通信为主,微波、载波等多种通信方式并存的通信网络格局;SG186工程取得阶段性成果,ERP、营销、生产等业务应用系统已完成试点建设并开始大规模推广应用。

(4)在试验检测手段方面,已根据智能电网技术发展的需要,组建了大型风电并网、太阳能发电和用电技术等研究检测中心。

(5)在智能电网发展实践方面,各环节试点工作已全面开展,智能电网调度技术支持系统、智能变电站、用电信息采集系统、电动汽车充电设施、配电自动化、电力光纤到户等试点工程进展顺利。

(6)在大规模可再生能源并网及储能方面,深入开展了集中并网、电化学储能等关键技术的研究,建立了风电接入电网仿真分析平台,制定了风电场接入电力系统的相关技术标准。

(7)在电动汽车充放电技术领域,我国在充放电设施的接入、监控和计费等方面开展了大量研究,并已在部分城市建成电动汽车充电运营站点。

(8)在电网发展机制方面,我国电网企业业务范围涵盖从输电、变电、配电到用电的各个环节,在统一规划、统一标准、快速推进等方面均存在明显的优势。

12. 什么是坚强智能电网?

答:坚强智能电网是以特高压为骨干网架、各级电网协调发展的坚强网架为基础,以通信信息平台为支撑,具有信息化、自动化、互动化特征,包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度的各个环节,覆盖所有电压等级,实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合的现代电网。

13. 为什么必须以坚强为基础来发展智能电网?

答:坚强的内涵是指具有坚强的网架结构、强大的电力输送能力和安全可靠的电力供应。坚强的网架结构是保障安全可靠电力供应的基础和前提;强大的电力输送能力,是与电力需求快速增长相适应的发展要求,是坚强的重要内容;安全可靠的电力供应是经济发展和社会稳定的前提和基础,是电网坚强内涵的具体体现。以坚强为基础来发展智能电网,可以提高电网防御多重故障、防止外力破坏和防灾抗灾的能力,能够增强电网供电的安全可靠性;可以提高电网对新能源的接纳能力,推动分布式和大规模新能源的跨越式发展;可以提高电网更大范围的能源资源优化配置能力,可充分发挥其在能源综合运输体系中的重要作用。所以,必须以坚强为基础来发展智能电网。

14. 为什么要建设以特高压电网为骨干网架的坚强智能电网?

答:随着国民经济的持续快速发展和人民生活水平的不断提高,我国电力需求较快增长的趋势在较长时间内不会改变。同时,我国能源与生产力布局呈逆向分布,能源运输形势长期紧张。但目前我国电网发展相对滞后,在能源综合运输体系中的作用还不明显。这些在客观上要求加快转变电力发展方式,提升电网大范围优化配置能源的能力,建设以特高压电网为骨干网架的坚强智能电网是满足这一要求的必然选择。

特高压输电具有远距离、大容量、低损耗、高效率的优势,建设以特高压电网为骨干网架的坚强智能电网,能够促进大煤电、大水电、大核电、大型可再生能源基地的集约化开发利用。同时,特高压电网可以提升电网抵御突发性事件和严重故障的能力,进一步提高电力系



统运行的可靠性和稳定性,使坚强智能电网建设具备坚实的网架基础。

因此,在坚强智能电网建设中,必须以特高压电网为骨干网架,连接大型能源基地及主要负荷中心,以更好地保障国家能源供应和能源安全,满足经济社会快速发展的需要。

15. 建设坚强智能电网对于清洁能源发展有何重要作用?

答:目前,风能、太阳能等清洁能源的开发利用以生产电能的形式为主,建设坚强智能电网可以显著提高电网对清洁能源的接入、消纳和调节能力,有力推动清洁能源的发展。①智能电网应用先进的控制技术以及储能技术,完善清洁能源发电并网的技术标准,提高了清洁能源接纳能力。②智能电网合理规划大规模清洁能源基地网架结构和送端电源结构,应用特高压、柔性输电等技术,满足了大规模清洁能源电力输送的要求。③智能电网对大规模间歇性清洁能源进行合理、经济调度,提高了清洁能源生产运行的经济性。④智能化的配用电设备,能够实现对分布式能源的接纳与协调控制,实现与用户的友好互动,使用户享受新能源电力带来的便利。

16. 建设坚强智能电网对于提升能源资源的优化配置能力有何重要意义?

答:我国能源资源与能源需求呈逆向分布,80%以上的煤炭、水能和风能资源分布在西部、北部地区,而75%以上的能源需求集中在东部、中部地区。能源资源与能源需求分布不平衡的基本国情,要求我国必须在全国范围内实行能源资源优化配置。建设坚强智能电网,为能源资源优化配置提供了一个良好的平台。坚强智能电网建成后,将形成结构坚强的受端电网和送端电网,电力承载能力显著加强,形成“强交、强直”的特高压输电网络,实现大水电、大煤电、大核电、大规模可再生能源的跨区域、远距离、大容量、低损耗、高效率输送,显著提升电网大范围能源资源优化配置能力。

17. 坚强智能电网建设分为哪三个阶段?

答:第一阶段为规划试点阶段(2009~2010年):重点开展坚强智能电网发展规划工作,制定技术标准和管理规范,开展关键技术研发和设备研制,开展各环节的试点工作。第二阶段为全面建设阶段(2011~2015年):加快特高压电网和城乡配电网建设,初步形成智能电网运行控制和互动服务体系,关键技术和装备实现重大突破和广泛应用。第三阶段为引领提升阶段(2016~2020年):基本建成坚强智能电网,使电网的资源配置能力、安全水平、运行效率,以及电网与电源、用户之间的互动性显著提高。

上述三个阶段是为实现坚强智能电网建设目标做出的整体性安排,并不能截然分开。技术研发、设备研制、试点验证、标准完善和推广应用等工作将贯穿始终。针对不同阶段的建设需求,将陆续安排新的技术研究和工程试点项目,待成熟后统一组织推广应用。

18. 坚强智能电网体系架构包括哪四个部分?

答:坚强智能电网的体系架构包括电网基础体系、技术支撑体系、智能应用体系和标准规范体系四个部分。电网基础体系是电网系统的物质载体,是实现“坚强”的重要基础;技术支撑体系是指先进的通信、信息、控制等应用技术,是实现“智能”的基础;智能应用体系是保障电网安全、经济、高效运行,最大效率地利用能源和社会资源,为用户提供增值服务的具体体现;标准规范体系是指技术、管理方面的标准、规范,以及试验、认证、评估体系,是建设坚强智能电网的制度保障。



19. 坚强智能电网的内涵包括哪五个方面?

答:坚强智能电网的内涵包括坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放和友好互动五个方面。坚强可靠是指具有坚强的网架结构、强大的电力输送能力和安全可靠的电力供应;经济高效是指提高电网运行和输送效率,降低运营成本,促进能源资源和电力资产的高效利用;清洁环保是指促进可再生能源发展与利用,降低能源消耗和污染物排放,提高清洁电能

在终端能源消费中的比重;透明开放是指电网、电源和用户的信息透明共享以及电网的无歧视开放;友好互动是指实现电网运行方式的灵活调整,友好兼容各类电源和用户的接入与退出,促进发电企业和用户主动参与电网运行调节。

20. 智能电网预计的投资情况如何?

答:国网和南网两大电网公司未来在智能电网方面的总投资将不低于2 000 亿元,2015年之前将完成主要框架建设。投资构成上,结合中国式电网的几大部分目前的状态和未来的发展方向,预计,智能电网的投资构成上,不考虑大规模储能装置,配网自动化和用户侧系统将占40%,智能变电站占20%,智能调度占15%,柔性输电系统(含清洁能源接入侧设备)占10%,其他投资占15%。

21. 国家电网公司公布的中国智能电网发展计划及其建设内容是什么?

答:2009~2010年是规划试点阶段,重点开展坚强智能电网发展规划,制定技术和管理标准,开展关键技术研发和设备研制,开展各环节的试点。

2011~2015年是全面建设阶段,将加快特高压电网和城乡配电网建设,初步形成智能电网运行控制和互动服务体系,关键技术和装备实现重大突破和广泛应用。

2016~2020年是引领提升阶段,将全面建成统一的坚强智能电网,技术和装备达到国际先进水平。届时,电网优化配置资源能力将大幅提升,清洁能源装机比例达到35%,分布式电源实现“即插即用”,智能电表普及应用。

到2020年,可全面建成统一的“坚强智能电网”。

22. 我国与欧美发展智能电网有何区别?

答:美国电网建设和技术发展相对比较成熟,但近年来,美国对电网建设投入不足,从业人员年龄结构逐渐老化,电网设备陈旧,系统稳定性问题突出,电网运营的可靠性亟须提高。因此,美国智能电网建设关注于加快电力网络基础架构的升级更新,最大限度地利用信息技术,提高系统自动化水平。欧洲智能电网建设更加关注可再生能源和分布式电源的接入、供电可靠性和电能质量的提高以及对社会用户增值服务的完善。中国的智能电网是以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强电网为基础,以通信信息平台为支撑,具有信息化、自动化、互动化特征,包含发电、输电、变电、配电、用电和调度各个环节,覆盖所有电压等级,实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合的现代电网。

第二节 智能发电

1. 智能发电的发展目标是什么?

答:智能发电的发展目标是通过深入研究和应用网厂协调技术、风电及太阳能发电并网



技术和大容量储能技术,促进电源结构优化,适应清洁能源规模化发展。具体内容为:促进电源结构优化,强化网厂协调,全面完成涉网机组励磁系统、调速系统的参数实测;研究和应用常规机组快速调节技术;依托国家能源大型风电并网系统中心和国家能源太阳能发电研发中心等重点工程,加快清洁能源发电及其并网运行控制技术研究,重点开展风电功率预测和风电场多时间尺度建模、低电压穿越和有功无功控制等问题研究,建立风电功率预测和运行监控系统,促进大规模清洁能源科学合理利用;推动大容量储能技术研究。

2. 智能发电主要涉及哪些技术领域?

答:智能发电主要涉及常规能源、清洁能源和大容量储能应用等技术领域。

(1)在常规能源方面,主要开展常规电源网厂协调关键技术(参数实测、常规机组快速调节技术以及常规电源调峰技术等)研究及应用;研制大型能源基地机组群接入电网的协调控制系统及设备,水电、火电、核电机组优化控制系统,机组和设备状态监测与故障诊断系统等。

(2)在清洁能源方面,主要开展风电场、光伏电站的建模、系统仿真、功率预测和并网运行控制等先进技术的研发及推广应用;研制大规模可再生能源接入电网安全稳定控制系统、可再生能源发电站综合控制及可靠性评估系统、可再生能源功率预测系统、风光储互补发电及接入系统等。

(3)在大容量储能应用方面,需要研制大容量储能设备。结合各种储能技术的特点,在抽水蓄能电站的智能调度运行控制系统、化学电池储能装置(如钠硫电池、液流电池、锂离子电池)等方面实现突破。

3. 新能源发电有哪些类型?

答:与广泛使用的常规能源(如煤、石油、天然气、水能等)相比,新能源是指在新技术基础上开发利用的非常规能源,包括风能、太阳能、海洋能、地热能、生物质能、氢能、核聚变能、天然气水合物能源等。

新能源发电是指把新能源转换为电能的过程。

风力发电和太阳能发电作为技术成熟、具有规模化开发和商业化应用的新能源发电方式,发展速度居于新能源前列,其主要特点有:可再生、分布广、低污染;能量密度低、单机容量小;间歇性、周期性、随机性、波动性;大量采用电力电子技术;有分散和集中开发两种典型的接入电网方式。

4. 什么是并网型风力发电系统?

答:并网型风力发电系统是指风电机组与电网相连,向电网输送有功功率,同时吸收或者发出无功功率的风力发电系统,一般包括风电机组(含传动系统、偏航系统、液压与制动系统、发电机、控制和安全系统等)、线路、变压器等,其结构见图 1-1。

5. 光伏电池的原理是什么?

答:光伏电池是利用光伏效应直接将太阳能转换为电能的装置。光伏效应又称“光伏特效”,是指光照使不均匀半导体或半导体与金属结合的不同部位之间产生电位差的现象。太阳光照射光伏电池,太阳光的光子在电池里激发出电子空穴对,电子和空穴分别向电池的两端移动,如果外部构成通路,就形成电流,产生电能。

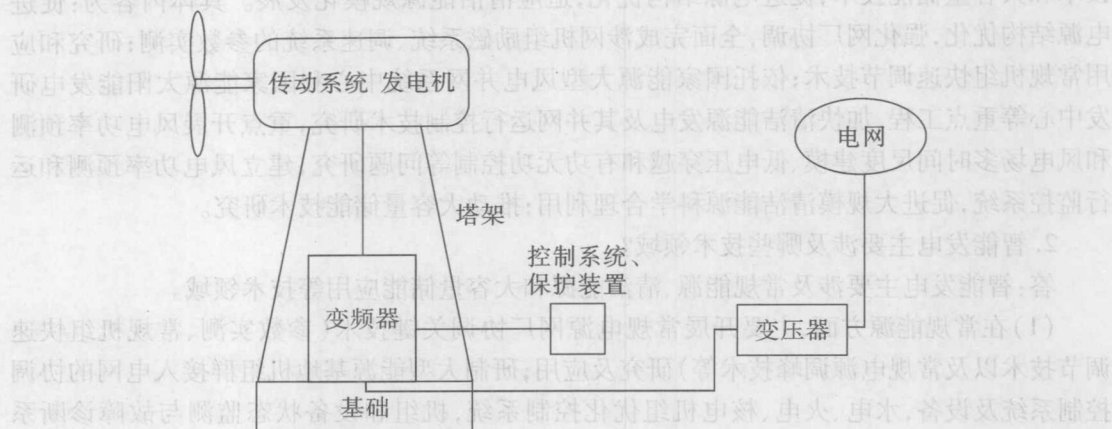


图 1-1 并网型风力发电系统的结构示意图

光伏电池主要分为晶硅类(单晶硅和多晶硅)、薄膜类和化合物类(非晶硅、铜铟镓硒、砷化镓、碲化镉等)和新概念类(染料敏化电池等)。

目前比较成熟且广泛应用的是晶硅类电池。在能量转换效率和使用寿命等综合性能方面,单晶硅和多晶硅电池优于非晶硅电池。目前大规模工业化生产条件下,单晶硅电池的转换效率已达到了 16% ~ 18%,多晶硅电池的转换效率为 12% ~ 14%。多晶硅比单晶硅转换效率低,但价格更便宜。

6. 太阳能发电有哪几种方法?

答:太阳能是一种极为丰富的能源,地球每年所接收的太阳能大约为地球上同期消耗能量的几万倍。太阳能是一种清洁能源,这在环境污染日益严重的今天,尤为重要。目前,太阳能发电有两种方法。一种是先将太阳能转换为热能,然后按常规方法发电,称为太阳能热发电。另一种是通过光电器件(如太阳能电池)将太阳能直接转换为电能,称为太阳能光伏发电。

7. 发展分布式发电有何意义?

答:分布式发电(distributed generation, DG)指为满足终端用户的特殊需求、接在用户侧附近的小型发电系统。它具有以下意义:

(1) 分布式发电系统中各电站相互独立,由于用户可以自行控制,不会发生大规模停电事故,所以安全可靠比较高。

(2) 分布式发电可以弥补大电网安全稳定性的不足,在意外灾害发生时继续供电,已成为集中供电方式不可缺少的重要补充。

(3) 可对区域电力的质量和性能进行实时监控,非常适合向农村、牧区、山区,发展中的中、小城市或商业区的居民供电,可大大减小环保压力。

(4) 分布式发电的输配电损耗很低,甚至没有,无须建配电站,可降低或避免附加的输配电成本,同时土建和安装成本低。

(5) 可以满足特殊场合的需求,如用于重要集会或庆典的(处于热备用状态的)移动分散式发电车。



(6) 调峰性能好,操作简单,由于参与运行的系统少,启停快速,便于实现全自动。

8. 分布式发电技术有哪些?

答:(1) 燃气轮机、内燃机、微燃机发电技术。

(2) 光伏(photo-voltaic, PV)发电技术。

(3) 燃料电池(fuel cell)发电技术。

(4) 生物质(biomass)发电技术。

(5) 风力发电技术。

(6) 分布式储能技术。

9. 分布式发电接入配电网的基本要求有哪些?

答:(1) 与配电网并网时,可按系统能接受的恒定功率因数或恒定无功功率输出的方式运行。分布式发电本身允许采用自动电压调节器,但在进行电压调节时应遵照已有的相关标准和规程,不应造成在公共连接点(point of common coupling, PCC)处的电压频繁越限,更不应对所连配电网的正常运行造成危害。一般而言,不应由分布式发电承担 PCC 处的电压调节,该点的电压调节应由电网企业来负责,除非与电网企业达成专门的协议。

(2) 采用同期或准同期装置与配电网并网时,不应造成电压过大的波动。

(3) 分布式发电的接地方案及相应的保护应与配电网原有的接地方式相协调。

(4) 容量达到一定大小(如几百千伏安至 1MVA)的分布式发电,应将其连接处的有功功率、无功功率的输出量和连接状态等方面的信息传给配电网的控制调度中心。

(5) 分布式发电应配备继电器,以使其能检测何时应与电力系统解列,并在条件允许时以孤岛方式运行。

(6) 与配电网间的隔离装置应该是安全的,以免在设备检修时造成人员伤亡。

10. 分布式发电对电能质量有何影响?

答:分布式发电相关的电能质量问题主要应考虑以下方面。

(1) 供电的短暂中断。许多情况分布式发电设计成当电网企业供电中断时,它可作为备用发电来向负荷供电,较典型的是采用柴油发电机作为备用电源。但从主供电电源向备用电源的转移往往不是一种无缝转移,开关切换需要一定的时间,所以可能仍存在极短时间的中断。如果正常运行时,分布式发电与电网企业的主供电电源并列运行,情况有可能好一些,但需要付出一定的成本费用,并且还要受到容量和运行方式的限制。如果分布式发电处于热备用状态,且与系统并列运行或同时还带部分负荷,一旦系统出现故障,若分布式发电容量太小,或转移的负荷太大,则可能需要切除部分负荷,也可将负荷分组,在电源转移时仅带少量不可中断的负荷,否则会引起孤立系统电压和频率的下降并越限,无法维持正常运行。

(2) 电压调节。由于分布式发电的发电机具有励磁系统,可在一定程度上调节无功功率,从而具有电压调节能力。由此,一般认为分布式发电可以提高配电馈线的电压调节能力,而且调节的速度可能比调节变压器抽头或投切电容器快,但实际上并非完全如此。当分布式发电远离变电站时,对变电站母线电压的调节能力就很弱;有些发电机采用感应电机(如风力发电机),可能还要吸收无功,而不适用于电压调节;逆变器本身不产生无功功率,需要由其他无功设备作补偿;电网企业往往不希望分布式发电对公共连接点处的电压进行调



节,担心对自己的无功调节设备产生干扰;在多个分布式发电之间有时也会产生调节时的互相干扰;小容量的分布式发电通常也无能力进行电压调节,而往往以恒定功率因数或恒定无功功率的方式运行;大容量的分布式发电虽然可以用来调节公共连接点处的电压,但必须将有关信号和信息传到配电系统的调度中心,以进行调度和控制的协调。问题是分布式发电的启停往往受用户控制,若要其来承担公共连接点处的电压调节任务,一旦停运,公共连接点处的电压调节就有可能成问题。

(3)谐波问题。采用基于晶闸管和线路换相的逆变器的分布式发电会有谐波问题,但采用基于 IGBT(绝缘栅双极型晶体管)和电压源换相的逆变器越来越多,使谐波问题大大缓解。采用后者有时在切换过程中会出现某些频率谐振,在电压波形上也会出现高频的杂乱信号,造成时钟走时不准等。这种情况需要在母线上安装足够容量的电容器,将高频成分滤除。

(4)电压暂降。电压暂降(voltage dip 或 voltage sag)是最常见的电能质量问题,分布式发电是否有助于减轻电压暂降,取决于其类型、安装位置以及容量大小等。

11. 新型储能方式(装置)有哪几种?

答:储能方式,主要分为化学储能、物理储能。化学储能主要分为蓄电池储能和电容器储能,物理储能方式主要有飞轮储能、超级电容储能、扬水蓄能、压缩空气储能和超导储能。

12. 储能装置在智能电网中所发挥的作用主要有哪些方面?

答:(1)调峰。发挥“削峰填谷”作用,改善了电力系统的日负荷率,使发电设备的利用率大大提高,火电机组的煤耗大大降低,足以补偿能量转换过程中的损失,从而提高电网整体的运行效率。

(2)降低发电成本。电能储存系统的发电成本普遍低于峰荷电源,而且具有不消耗一次能源、常用电率低、管理人员少等优点,能代替峰荷电源。

(3)提高可靠性。电能储存系统可作为电网应急备用电源迅速投入运行,从而提高供电可靠性。

(4)提高电能质量。适当控制的电能储存系统可以抑制电压的异常上升,并可减少系统调频设备,提高供电质量。

(5)改善电网特性。将储能设备与先进的电能转换和控制技术相结合,可以实现对电网的快速控制,改善电网的静态和动态特性。

第三节 智能输电

1. 智能输电的发展目标是什么?

答:智能输电的发展目标是在以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强电网基础上,集成应用新技术、新材料、新工艺,实现勘测数字化、设计模块化、运行状态化、信息标准化和应用网络化。广泛采用柔性交流输电技术,提高线路输送能力和电压、潮流控制的灵活性,技术和装备全面达到国际领先水平。推动全面实施输电线路状态检修和全寿命周期管理,建设输电设备状态监测系统,在重要输电线路及人工巡检较困难的地区实现智能巡