

倪建立 马放瑞 毕鹏翔 李永来 编著

农村电网节能降损 与 自动化实用技术



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

农村电网节能降损 与 自动化实用技术

倪建立 马放瑞 毕鹏翔 李永来 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了农村电网节能降损实用技术和农村电网自动化实用技术。节能降损部分从线损的来源出发,介绍了农网理论线损计算的实用方法、农网线损管理的主要内容及降低线损的主要措施,对无功补偿方法、无功补偿装置和变压器等的选用、运行维护技术进行了较为详细的论述。自动化部分从农网的特点出发,介绍了农网综合自动化系统及实施、农网调度自动化系统、农网变电站自动化、农网配电自动化及农网自动抄表系统设计、建设及运行维护技术等。

本书可作为农电系统线损管理的培训教材,可供自动化专业人员阅读、参考,也可以作为有关院校、师生的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

农村电网节能降损与自动化实用技术/倪建立等编著. —北京:中国电力出版社,2008

ISBN 978-7-5083-6067-6

I. 农… II. 倪… III. ①农村配电-电力系统-节能
②农村配电-电力系统-自动化技术 IV. TM727.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第144715号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008年1月第一版 2008年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 17.5印张 424千字

印数0001—3000册 定价30.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

农村电网连接着千家万户，承载着现代文明，是我国建设社会主义新农村，构建和谐社会的重要物质基础。农村电网在社会主义新农村建设中有着举足轻重的作用，它在时间上影响着社会主义新农村建设的进度，在空间上影响着社会主义新农村建设的广度和深度。

为此，国家电网公司于2006年适时提出了服务建设社会主义新农村的“新农村、新电力、新服务”的农电三新发展战略，并先后制定出台了一系列建设标准体系，为我们建设社会主义新农村电网指明了方向和提供了标准。陕西省电力公司在国家电网公司的大力支持下，自2006年开始组织实施新农村电网科技示范县建设和营配一体自动化系统建设，于2007年11月先后建成了凤县、户县等农村电网科技示范县以及潼关农电营配一体自动化系统，并在其他县级供电企业大力推广应用适于农村电网的新技术新设备，如农村供电所标准化管理系统、无功自动补偿装置及自动化系统建设等，进一步提高了陕西农村电网科技水平和现代化管理水平。同时，明确提出了“科学发展农村电网，科技引领农村电网，节能降损提高效益，和谐服务农村农户”的工作方针，从五方面着力建设新的农村电网，以服务陕西建设社会主义新农村的迫切需求：一是坚持科学规划发展农村电网，继续加大加快农村电网建设改造，适度超前建设农村电网；二是不断提高农村电网技术装备水平和科技应用水平，推广应用新技术、新设备，特别是节能型、免维护设备，以及自动化系统建设；三是加强农村电网线损管理，加快农村电网信息化建设和标准化管理系统建设；四是不断研究分析县级电网安全、经济运行状况，合理配置电压无功自动装置，提高农村电网的安全、经济运行水平；五是加大农村电网运行维护管理人员教育培训力度，不断提高技术水平、技能水平和服务水平，确保电网运行安全稳定的需要，确保全面服务社会主义新农村建设的需要。

《农村电网节能降损与自动化实用技术》一书按照“实用为先，提高为本”的基本思路，从农村电网线损管理与分析计算、无功补偿及自动化三方面，较系统地阐述了相关实用技术和策略、方法。作者在编写中注重理论阐述简明化、实用化，案例描述完整化、实施过程具体化等问题，既保证了作为解决问题所必需的理论基础与案例借鉴问题，又对今后解决类似问题提供了一定的参考，不失为一本好书。欣闻中国电力出版社即将出版发行，欣然提笔，是为序。

贾福清

2007年12月

中国科学院《中国能源可持续发展战略专题研究》中指出：“在电能的生产、传输、储存和使用的各个环节使用新技术，提高电能的生产、传输、储存和使用效率，对缓解我国能源危机具有迫切的现实意义。”农村电网是大电网的末端，承担着电能的传输基本功能。虽经过近五年的农村电网建设与改造，发展较快，电网的供电能力和供电可靠性有了较大幅度提高，电网结构得到一定改善，技术装备水平有了较大提高，但由于历史原因及负荷构成因素的影响，我国农村电网的基本现状仍然是：一是农村电网结构仍需进一步加强。个别地方，特别是经济基础较差的地区农村电网建设改造相对滞后，部分 110kV 和 35kV 变电站依然是单电源供电，不满足 $N-1$ 准则；线路 T 接过多，供电可靠性较差，存在不安全因素；110kV 和 35kV 变电站布点少，供电半径较长，负荷密度小，末端电压合格率较低，电能损耗较大。二是农村电网整体技术装备水平与管理水平仍较落后，科技含量有待提高。一方面为用户拥有的变压器、电能计量装置等电力设备中，还存在大量的高耗能、应淘汰的电力设备仍在使用。另一方面，无功补偿设备配置不合理、10kV 线路补偿不足，自动调压手段不健全，既影响电网、线路损耗的降低，同时也影响电压合格率的进一步提高。此外，自动化水平较低，只有较少县城区实现了配网自动化或馈线自动化，影响供电可靠性的进一步提高；通信网络建设滞后，制约着调度自动化水平、农电管理水平的进一步提高。三是县级供电企业的运行维护管理人员专业技术水平、技能水平及管理水平较低，影响了新技术新设备的推广使用。

要解决好以上问题，主要有三个途径：一是在加快农村电网建设改造时，必须坚持科学规划、适度超前，必须适应建设社会主义新农村的发展需要。二是大力推广使用农村电网节能降损的新技术新设备，有效降低农村电网损耗，提高农村电网电能传输与使用效率。众所周知，电力新技术新设备的推广应用，对降低农村电网电能损耗发挥着重要作用。电网电能损耗是县级供电企业的一项重要经济技术指标，也是电网规划、生产技术管理、电网运行和经营管理水平的综合反映。特别是在目前能源紧缺、电网企业向经营型和服务型转化的形势下，如何利用现代科学技术，实现规范化、标准化、精细化管理，强化线损管理，降低电网损耗，促进社会和谐是十分重要的。三是加强员工培训，通过培训学习完善知识结构、切实掌握新技术新设备的运行维护管理技术，提高电网安全稳定运行和经济运行水平，提高优质服务水平。这不仅对搞好农村电网

节能降耗和提高县级供电企业经济效益以及优质服务具有非常重要的意义，而且对切实实现国家电网公司“新农村，新电力，新服务”的农电发展战略具有基础性、战略性作用。

为此，我们组织陕西省电力公司有关单位或部门的专家，历时一年多时间，几经修改讨论，编写成书，并定名为《农村电网节能降损与自动化实用技术》。其目的就是通过通过对农村电网节能降损与自动化实用技术的较系统论述及具体技术方案或者案例应用的介绍，使广大农村电网运行维护管理人员，掌握农村电网节能降损与自动化的实用技术，从而为确保农村电网安全稳定与经济运行、实现农村电网节能降损与自动化目标提供坚强的人力资源与智力支持。这既是贯彻落实党中央“加快建设节约型社会”精神的需要，也是提高农村电网经济运行和企业效益的需要，更是切实实现农村电网、企业与员工的协调统一发展的需要。

本书分为农村电网节能降损实用技术和农村电网自动化实用技术。节能降损部分以线损管理务实、农村电网无功补偿方法、无功补偿装置与变压器等技术设备的选用、运行维护技术要点、案例等内容的实用技术为重点；自动化部分从农村电网的特点出发，介绍了农村电网自动化系统的组成以及如何组织实施、农村电网调度自动化系统、农村电网变电站自动化、农村电网配电自动化及农村电网自动抄表系统等实用技术及案例应用。其特点是注重实际过程中的技术指导性、应用工程的参考性，为工作实践提供直接帮助。

本书共 13 章，其中第一～五章由陕西省电力公司马放瑞、邢军高级工程师和西北电力职工培训中心毕鹏翔博士共同执笔，渭南供电局侯升旗高级工程师和徐文胜工程师修改审核；第六～八章由陕西商洛供电局倪建立、西北电力职工培训中心颜惠宇讲师和金青副教授共同执笔，毕鹏翔博士提出了许多修改意见，西安供电局宋元峰高级工程师审核；第九～十三章由陕西省电力公司李永来高级工程师、陕西商洛供电局倪建立高级工程师、西北电力职工培训中心贺军荪讲师共同执笔，咸阳供电局袁斌高级工程师修改审核。全书由倪建立、马放瑞、毕鹏翔、李永来统稿修改。在编写过程中陕西省电力公司吴凤鸣同志以及中国电科院刘凯同志提出了许多宝贵建议和意见，同时亦参考吸收了国内众多专家的研究成果与工程实践，在此一并致谢！但是，由于电力新技术新设备发展日新月异，农村电网发展建设较快，如有不妥之处，敬请读者或专家指正为怀！

编者

2007 年 11 月

序

前言

第一章 概述	1
第一节 我国农村电网现状及其发展	1
第二节 农网存在的主要问题及农网“十一五”的主要任务	5
第三节 农村电网节能降损基本概念	6
第四节 农村电网节能降损的主要方法措施	10
第二章 农村电网能耗的管理	15
第一节 农村电网电能损耗的组织管理	15
第二节 指标管理	16
第三节 用电管理	20
第三章 农村电网线损理论计算的方法	32
第一节 概述	32
第二节 线损理论计算的推荐方法	34
第三节 选择线损理论计算软件的基本原则	46
第四章 农村电网线损报表的编制与农网线损分析	49
第一节 农电线损报表	49
第二节 农网线损综合分析	51
第三节 线损报表的参考格式	54
第五章 降低农村电网线损的措施	56
第一节 加强用电管理	56
第二节 加强电能计量的管理	62
第三节 均衡用电、减少负荷波动及其峰谷差	66
第四节 降低农村低压电网线损的措施	68
第五节 合理规划电网, 及时进行技术改造	71
第六节 农村电网的升压改造与升压运行	79
第七节 积极推广应用集束导线	82
第八节 配电网的经济运行	84
第六章 农村电网无功补偿的实用技术	87

第一节	农村电网无功补偿现状	87
第二节	无功补偿配置的技术原则	88
第三节	确定无功补偿容量的常用方法	91
第四节	低压无功补偿箱及其应用	102
第五节	无功补偿及其节能效果实例分析	106
第七章	并联电力电容器及无功补偿装置	110
第一节	无功补偿装置概述	110
第二节	并联电容器设备现状及存在问题	113
第三节	并联电容器无功补偿	117
第四节	并联电容器选型注意事项	120
第五节	并联电容器应用参考数据	122
第六节	无功补偿装置的运行和管理实用技术	129
第八章	降低变压器损耗实用技术	146
第一节	配电变压器配置的基本原则	146
第二节	配电变压器的类型及选择	148
第三节	合理选择变压器容量	149
第四节	合理选择变压器的安装位置	151
第五节	高压单相变压器配电技术	152
第六节	变压器的经济运行	158
第七节	变压器计收铜铁损的办法	159
第八节	变压器负载率考核奖惩办法	159
第九章	农村电网自动化系统体系结构及组织实施模式	161
第一节	农村电网自动化系统体系结构及其主要功能简介	161
第二节	农村电网自动化系统的组织实施	164
第十章	县级电网调度自动化实用技术	167
第一节	县级电网调度地位及其自动化的简要发展	167
第二节	县级电网调度自动化系统的功能配置及主站选择方案	168
第三节	县级电网调度自动化系统中常见的几种通信方式	175
第四节	县级电网调度自动化设计实例	178
第五节	建设县调自动化系统应注意的几个问题	190
第十一章	农村电网变电站自动化技术	192
第一节	变电站综合自动化概述	192
第二节	变电站综合自动化系统的基本功能以及技术特点、设计原则	195
第三节	变电站综合自动化系统的体系结构和配置	201

第四节	变电站自动化的通信系统及抗干扰措施	205
第五节	变电站自动化的遥视功能	208
第六节	变电站综合自动化系统的选型	211
第十二章	农村电网配电自动化实用技术	216
第一节	配电网自动化的概念	216
第二节	实现馈线自动化的几种方案	217
第三节	配电变电所、开闭所自动化	223
第四节	配电 GIS	230
第五节	配电网自动化的实施	233
第六节	某县电网调度与配电网自动化一体工程的实施	235
第七节	实施配电网自动化时应注意的问题	240
第十三章	农村电网自动抄表实用技术	244
第一节	农村电网自动抄表技术的应用现状、基本概念	244
第二节	基于低压载波通信的自动抄表实用技术	248
第三节	基于 GSM-SMS 通信方式的自动抄表实用技术	251
第四节	变电站远程自动抄表	255
第五节	某县电力局集抄及营配自动化管理系统	260
附录	农村电网线损统计表	265
参考文献		269



第一章

概述

第一节 我国农村电网现状及其发展

目前,我国电网的最高电压等级除西北电网为 750kV,新疆、海南电网为 220kV 外,其他地区均为 500kV。随着国家新农村建设的宏观政策引导,县域社会经济发展不断壮大,城镇化建设飞速发展,县以下地区电力负荷将不断增大。无论在经济社会发达的东部,还是发展强劲的中部,以及快速发展的西部,农网将不断扩大,500kV 电压等级开始进入地级市电网,220kV 电压等级也已逐步进入县级电网,而且县域内建有 220kV 变电站已经成为现实。

目前,农网供电最高电压为 220kV,主要分布在华东地区,电压等级组合为 220/110/35/10/0.4kV;其他大部分地区农网的最高供电电压为 110kV,电压等级组合大多为 110/35/10/0.4kV;而东北地区农网最高电压为 66kV,电压等级组合为 66/10/0.4kV。从农网结构看,各省(市、区)的农网一般以县为单位,县内电网形成了以 110kV 为主的辐射网络。农网的供电方式主要以大电网供电为主,在负荷分散、远离电力系统的地区,则考虑充分利用本地区地方能源,因地制宜地建设小型电站自行供电。

一、农网规模

截至 2006 年底,国家电网公司所管辖农网有 35kV 及以上线路 41.58 万 km,变电容量 57952.4 万 kVA。其中 220kV 线路 3.79 万 km,变电站 570 座,变压器 997 台,变电容量 13667.5 万 kVA,平均单台容量 13.70 万 kVA;110kV 线路 11.69 万 km,变电站 4634 座,变压器 7809 台,变电容量 25241.00 万 kVA,平均单台容量 3.23 万 kVA;66/35kV 线路 26.10 万 km,变电站 16790 座,变压器 29753 台,变电容量 19043.90 万 kVA,平均单台容量 6400.67kVA。3~10kV 线路 234.58 万 km,配电变压器 368.25 万台,容量 51379.29 万 kVA。低压配电线路 619.04 万 km。

经过第一、二期农网建设与改造,按照农网建设与改造的技术原则,目前农网供电半径逐步缩小,大部分地区农网的供电半径达到了技术原则的要求,部分经济落后的偏远地区仍然与技术要求相差较大。例如,绵阳地区农网部分 10kV 线路供电半径长度达到 30km,比技术导则要求的 15km 长 1 倍。

目前,国家电网公司农网变电容载比基本达到 DL/T 5118—2000《农村电力网规划设计导则》的要求,能够满足当地经济发展的要求。但是从全系统看,发展并不平衡,东部经济发达地区面临着经济的快速发展,农网改造完成后不久电网又出现了新一轮的供电紧张局面,110kV 容载比已经不能满足《农村电力网规划设计导则》要求,需要对电网进行建设与改造;中部地区经济发展相对稳定,110kV 容载比能够满足《农村电力网规划设计导则》要求,但超前程度不大,基本可以满足 2~3 年发展需要;而西部经济发展比较落后地区,110kV 容载比不仅能够满足要求,而且超前较多,基本可以满足未

来 5 年发展需要。

二、农网运行状况

2006 年度国家电网公司电压合格率统计县数 1917 个, 比 2002 年统计数 (1393 个) 增加 60.9%; 2002 年度综合电压合格率 96.64%, 比 2002 年度 (96.06%) 提高 0.58%。

2006 年度国家电网公司农网中压用户供电可靠率统计县数 1917 个, 比 2002 年统计数 (1302 个) 增加 47.24%; 供电可靠率 RS-1 统计数据 99.491%, 比 2002 年统计数 (99.369%) 提高 0.122%; 农村用户全年平均停电时间 (AIHC-1) 44.588 时/户比 2002 年统计数 (55.298 时/户) 缩短 10.71 时/户。

国家电网公司农网 2006 年全年统计综合线损率、高压线损率和低压线损率分别是 7.17%、5.08%、9.50%。2006 年东北地区、华东地区、华北地区、西北地区和华中地区综合线损率分别为 9.154%、6.737%、6.044%、9.492% 和 7.818%。2006 年国家电网公司各地区农网线损率情况如图 1-1 所示。

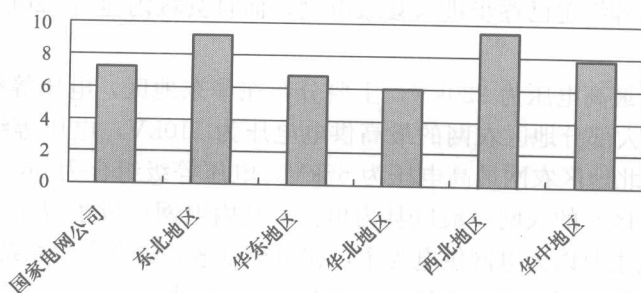


图 1-1 2006 年国家电网公司各地区农网综合线损率情况

三、农网建设与改造实施情况

1998~2003 年, 国家实施了两期农网改造投资。1998~2001 年进行了第一期农网建设与改造, 2002 年开始了第二期农网建设与改造, 到 2003 年基本完成。从 2003 年下半年开始启动了对县城电网的建设与改造工程。国家电网公司第一、二期农网建设与改造投资规模累计 2141 亿元。工程涉及 1759 个县, 平均每县投资 1.22 亿元。

截至 2003 年 6 月底, 第一、二期农网建设与改造累计完成 2095.03 亿元, 完成计划的 98.40%。其中华东地区五省 (市) 及山东、河北、四川、陕西、青海共 11 个省 (区、市) 电力公司已经全部完成第一、二期投资计划, 其他各省公司完成比例基本都在 95% 以上。工程累计新建和改造各电压等级输、配电线路 472.81 万 km, 其中新建和改造 110kV 线路 2.78 万 km; 新建和改造 35 (66) kV 线路 7.01 万 km; 新建和改造 10kV 线路 109.18 万 km; 新建和改造低压线路 358.84 万 km。新建和改造 35kV 及以上变电站 9367 座, 其中新建和改造 110kV 变电站 1859 座, 总容量 5343.5 万 kVA; 新建和改造 35 (66) kV 变电站 7508 座, 总容量 3328.3 万 kVA。更新改造高耗能配电变压器 79 万台, 容量 5584.8 万 kVA; 建设改造配电台区 120 万个。

通过一、二期农网建设与改造, 基本上改变了农村电力基础设施简陋落后的状况, 使农村电气化事业进入了新的历史发展阶段。农村用电普及率、用电量和供电质量有较大提高, 改善了农村经济环境和农民生活条件, 带动了相关产业的发展。农网建设与改造工程使农网

主网架结构得到了很大改善,我国东部经济发达地区的 220kV 枢纽电源及 110、35kV 主干电网得到完善,随着经济的快速发展,已开始逐步向更高电压等级发展;中西部地区通过第一、二期农网建设与改造,增加了 110kV 电源布点,缩短了供电半径,大大提高了电网的可靠性。

经过农网建设与改造,农网设备技术含量增大,提高了安全运行水平,供电质量不断提高,线损率明显下降;节能型配电变压器占有率达 95.5%以上,35 kV 及以上电压等级有载调压主变压器占有率达到 60%以上;实现开关无油化的 35 kV 及以上变电站占有率达到 58.8%;微机保护和综合自动化装置占有率达 90%以上,无人值班的 35 kV 及以上变电站占有率达 49.5%;35 kV 及以上小型化变电站占有率达 25.6%;推广使用了 782 个 35 kV 箱式变电站;非晶合金配电变压器和调容配电变压器得到了应用;基本淘汰了高耗能配电变压器、过励磁变压器、铝线圈变压器、多油断路器、阀型避雷器、电磁型保护装置;电压合格率和供电可靠率的调控手段和能力得到不断加强和提高,变电站内电容器补偿容量占主变压器容量的比例达到 15.2%;安全性评价、带电作业和状态检修技术得到推广应用,各类电压监测仪及供电可靠性管理软件得到推广普及,电压合格率和供电可靠率水平得到不断提高,“十五”期末农电系统客户端电压合格率达到 95%,供电可靠率 RS1 达到 99.2%,RS3 达到 99.6%。

但是,农网与城网相比还有一定差距,而且有些地区农网改造的覆盖面还不足 80%,部分经济落后的偏远地区在供电半径、供电质量、线损率等方面仍然与技术要求相差较大。

四、农网无功补偿现状

农网要实现节能降损,主要有两个途径:一是加强农网线损管理,通过管理措施杜绝人情电,杜绝不合法的用电行为,实现节能降损;二是技术措施,包括科学规划农村电网、在农网中积极采用节能型电力传输设备(如新型节能型变压器等)、合理配置无功补偿及积极推广使用节能型用电设备(如节能灯)等。其中,由于受我国农村电力负荷分布、变化特性及农村电网特点影响,采用无功补偿技术实现我国农村电网节能降损,既是电网企业提高经济效益的需要,也是电网企业为客户提供优质电能服务的主要技术措施之一。

我国农网无功补偿主要是从 20 世纪 80 年代初开始的,经过 20 多年的工作,现在已具备了一定规模。农网补偿的电容器容量,高压部分主要是由农电经营企业配置,低压部分主要是实行功率因数考核的一些用电大户安装,而没有实行功率因数考核的农村综合客户很少进行补偿。由于农村综合变压器的客户较多,用电大户较少,所以无功缺额数量较大。高、低压电容器安装容量比例,各地情况不同,总体来看高压多,低压少。

国家电网公司各地区变压器无功补偿容量所占主变压器容量比例最高的是西北和华中地区,分别为 41.97%和 27.87%,变压器无功补偿容量所占主变压器容量比例最低的是东北地区为 6.9%;高压客户补偿容量最高的是西北和华东地区,分别为 1044 万 kvar 和 741 万 kvar,其次为华北和华中地区,高压客户补偿容量最低的是东北地区为 24 万 kvar;低压客户补偿容量最高的是华北和华东地区,分别为 716 万 kvar 和 487 万 kvar,其次为华中和西北地区,低压客户补偿容量最低的是东北地区为 23 万 kvar。有载调压变压器所占主变比重最大是华东和华北地区,分别为 64.69%和 64.24%,所占比重最小的是东北地区,为 11.3%。总体看国家电网公司农网无功的现状如下:

(1) 无功缺额数量大。原因之一是补偿容量不足。按无功考核的规定,只对容量

100kVA 以上的客户执行功率因数调整电费,考核其功率因数。这部分客户为了减少电费支出、达到要求的功率因数值,大多数都安装了补偿电容器。但农网负荷中,这类客户占的比例较小,大多数负荷为综合变压器客户,对综合变压器客户而言,不执行功率因数调整电费,所以这些客户很少安装电容器,这就使补偿电容器安装容量不足。其二是电容器投运率低,主要原因是电容器设备质量不稳定,故障率多,影响了投运;农网负荷变化大,电压波动大,又没有有载调压设备,致使电容器不能很好地投入运行,造成了农网功率因数低,无功缺额数量大。据有关资料统计,农网中由于缺少无功造成的有功损失约占总线损的 20%~30%。

(2) 电容器配置不合理。在农网上除按功率因数考核的大客户自装低压电容器外,其他大部分都装在高压侧,形成在高压侧安装电容器补低压侧的无功负荷,即“以高补低”的形成,这不符合无功负荷“分级补偿、就地平衡”的原则,对农网本身所起的降损作用很小,而且增加了技术装备方面的困难。

(3) 农网中有载调压变压器或有载调压设备少,这不利于调节电压波动和补偿电容器投入容量之间的关系,造成补偿电容器不能有效地发挥补偿作用。

五、农网自动化状况

由于经济发展的原因,农网发展很不平衡,落后地区一个县级电网仅有几座 35kV 变电站,没有或仅有 1 座 110kV 变电站,供电量较小,还没有迫切的需要实现电力系统调度自动化的要求。农网通信多以有线电话、无线扩频或电力线载波为主要通信方式,即以调度所为中心,沿着输电线的走向沟通各变电站的通信联系。在沿海和经济发达地区,农网规模不断扩大,基本上一个县内有 1~2 座 220kV 变电站,110kV 及以下变电站数量明显增多,实现农网调度自动化的要求也越来越迫切。目前农网通信网络的主要通信方式有 6 种,分别为微波、载波、光纤、无线扩频、音频电缆和租用公网专线等。

县级电网调度自动化工作始于 20 世纪 80 年代中期,是我国农电系统中开展得比较早、普及面比较广、产生的社会效益和经济效益都比较显著的一项重要的自动化工作。随着通信技术和自动化技术的发展,县级调度自动化技术和配网自动化技术得到了快速普及和发展。“十五”期末,农电系统 613 个县级调度自动化系统已经建设完成,其中通过实用化验收的县级调度自动化系统达 538 个;完成配网自动化系统建设的系统 26 个;完成调配合一自动化系统建设的系统 25 个。

但是由于投资规模、设备选择技术水平、人员素质、使用水平上的差异,目前在县调自动化实用化工作中还存在以下普遍问题:

(1) 电网调度自动化系统的使用和运行管理不够完善,使用水平不高。

(2) 远方终端(RTU)的问题主要集中在遥测量不准和遥信误动等方面,另外部分 RTU 不具备多发多收功能。

(3) 对于调度自动化系统的主站部分,其功能一般均能满足实用化达标验收细则的要求,最大的问题是部分县调的自动化系统可靠性低,平均无故障时间短,与实用化要求还有一段距离。

(4) 还有近半数县尚未实施调度自动化。

■ 第二节 农网存在的主要问题及农网“十一五”的主要任务

一、农网存在的主要问题

经过近 5 年的农网建设与改造,我国农网发展较快,电网的供电能力和供电可靠性有了较大幅度提高,电网结构得到一定改善,促进了地区经济的发展。但由于历史原因形成的农网结构薄弱,电源点少,10kV 线路迂回供电、卡脖子、老化等问题严重,在农网建设与改造中由于资金不足,投资力度不够,建设项目经过了再三优化调整才得以实施,致使农网建设水平还不能从根本上满足农村经济发展的需要,部分地区供电能力不足、供电半径过长、电压质量差、线损大、用电可靠性低的问题仍然比较突出。同时近年来部分地区农村用电增长比较快,已建输配电网络的安全运行水平和供电能力还有待进一步提高。从各地区农网存在的主要问题看,主要包括以下几个方面:

1. 农网结构仍需进一步加强

由于受建设资金的限制,个别地方特别是经济基础差的地区农村电网建设相对滞后,部分 110 kV 和 35kV 变电站依然是单电源供电,不满足 N-1 准则。线路 T 接过多,供电可靠性较差,存在不安全因素,110kV 和 35 kV 变电站布点少,供电半径较长,线路损失较大,在农网建设改造中对低压配电室等投资少,致使这部分用电设备陈旧,线路老化现象依然存在。

2. 农网装备水平仍较落后,科技含量有待提高

由于两期农网改造的重点是低压供电网络,对提高农网装备水平和科技含量方面投入较少,随着农村经济的不断发展,大量新的用电大户不断涌现,电力需求增势强劲,对供电质量和供电可靠性的要求不断提高,目前的装备水平很难满足农村经济快速发展的要求,集中体现在无功优化和自动调压手段不健全,影响电压合格率的进一步提高;只有较少县城区实现配网自动化,影响供电可靠性的进一步提高;农电信息管理系统还没有建成,与供电所和变电站连接的通信网络建设滞后,调度自动化程度较低,制约着农电管理水平的进一步提高。

二、农网“十一五”期间的主要任务

按《国家电网公司农网“十一五”规划及远景展望》的要求,到 2020 年,农网将从根本上解决设备能耗高、供电可靠性低、电能质量差的问题,建成网架坚实、布局合理、装备先进、管理科学、自动化程度比较高的农网,实现安全、优质、低耗的供电目标,为未来农村经济发展和电力市场运营提供坚实的物质基础。具体目标如下:

1. 中、低压配电网

加快县城配网自动化建设;研究开发 10kV 调容、低空载损耗配电变压器;选用节能型配电变压器;配电变压器外露带电部分实现绝缘化;低压线路向绝缘化方向发展,低压绝缘线路推广采用集束绝缘导线。

2. 无功补偿

电网无功平衡是保证电力系统的电能质量、降低损耗,使电网经济、安全、可靠运行所不可缺少的部分。无功补偿坚持分级补偿就地平衡的原则,重点应注重低压网的无功补偿。在变电站推广密集型电力电容器和可控自动投切的动态无功补偿装置。综合分析各地电网运

行状况,合理分配各种补偿方式的容量,合理选择补偿装置的补偿点,实现农网最佳的补偿效果。

3. 自动化与通信技术

农网自动化包括调度自动化、变电站综合自动化、配电网自动化和管理自动化。农网自动化规划应逐步实现县级电网调度自动化;县调自动化系统符合实用化要求。有条件的逐步形成集调度自动化、电量计费系统、配电管理系统、生产设备管理系统等子系统的一体化新型调度管理系统。在有条件的地区进行配电网自动化试点,在统一规划的基础上,分步实施自动化功能。

■ 第三节 农村电网节能降损基本概念

一、电力网的线损

1. 电力网

电力网是电力系统的一部分。它由电力线路(输电线路和配电线路)、电力变压器(升压变电站和降压变电站中的主变压器及电力客户的配电变压器)、电气开关设备(断路器、熔断器、隔离开关等)、电气测量仪表(含电能计量装置)、无功补偿设备(如移相电容器等)、继电保护装置等元件所组成。这就是说,在电力系统中,除发电厂外和电力客户的用电设备、器具之外,具有输送和分配电能功能的所有全部电气设备(包含各种不同电压等级的线路、装置)按照一定规则所连接成的网络,就是电力网。

2. 电力网的线损

从发电厂发出来的电能在电力网输送、变压、配电各环节中所造成的损耗,称为电力网的电能损耗,简称为线损。即电力网的线损是发电厂(站)发出来的输入电网的电能量与电力客户用电时所消耗的电能量之差。线损在理论上的特点,是电能以热能和电晕的形式散失于电网元件的周围空间。就是说,电力网的线损是一种自然的物理现象,也是线损电量中不可避免的部分。但是,线损电量中还有可以避免和不合理的部分,因此,各个电网的线损大小是有区别的,管理部门只要采取适当措施,是可以把它降低到合理值或控制在国家规定值之内。

3. 线损率

电网中的线损电量对电网购电量(或供电量)之百分比,称为线损率,亦称供电损失率。计算公式为

$$\text{线损率}(\%) = \frac{\text{电网线损电量}}{\text{电网购电量(供电量)}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式(1-1)中,电量的单位为kWh、万kWh或亿kWh。

在实际工作中,线损电量有两个值,即实际线损电量与理论线损电量,因此,线损率也有两个对应值,即实际线损率与理论线损率。计算公式为

$$\begin{aligned} \text{实际线损率}(\%) &= \frac{\text{实际线损电量}}{\text{电网购(供)电量}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{购(供)电量} - \text{售电量}}{\text{电网购(供)电量}} \times 100\% \end{aligned} \quad (1-2)$$

$$\begin{aligned}
 \text{理论线损率}(\%) &= \frac{\text{理论线损电量}}{\text{电网购(供)电量}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{固定损耗} + \text{可变损耗}}{\text{电网购(供)电量}} \times 100\% \quad (1-3)
 \end{aligned}$$

线损率不同于线损电量，它是一个用百分比表示的相对值，因此线损率是表征电网结构与布局是否合理、运行是否经济的一个重要参数，也是国家考核供电企业经营管理和技术监督水平是否先进，所采取的措施是否得力、有效的一项重要技术经济指标。

在正常情况下，电力网的实际线损率略高于理论线损率。当今，我国电力网的实际线损率约为 7%~8.5%，此线损率涵盖了我国城网和农网，从配电变压器二次侧总表及以上，至 220kV 或 500kV 线路设备的线损。而日本、德国、法国、英国等国土面积较小的国家，其线损率约在 5%~7% 之间；美国、加拿大、前苏联等国土面积较大的国家，其线损率约在 7%~8% 之间。然而，我国农村电力网从低压到高压，包括配电网和输电网，即包括客户和电业部门，其全网的实际线损率约为 27%~30%，远高于理论线损率，也远高于工业发达国家的平均值。其中，0.4kV 线损率，即农村低压配电网线损率约为 12%~15%；10(6)kV 线损率，即农村高压配电网线损率约为 8%~10%；35~110kV 线损率，即农村输电网的线损率约为 4%~5%。

二、电力网线损产生的原因

电力网线损的产生原因，归纳起来主要有三个方面的因素，即电阻作用、磁场作用和管理方面的因素等。

1. 电阻作用

在电路中由于电阻的存在，所以电能能在电网传输中电流必须克服电阻的作用而流动，随之引起导电体的温度升高和发热，电能转换为热能，并以热能的形式散失于导体周围的介质中，即产生了电能损耗（线损）。因为这种损耗是由导体对电流的阻碍作用而引起的，故称为电阻损耗；又因为这种损耗是随着导体中通过电流的大小而变化的，故又称为可变损耗。

2. 磁场作用

在交流电路中，电流通过电气设备，使之建立并维持磁场，电气设备才能正常运转，带上负载而做功。如电动机需要建立并维持旋转磁场才能正常运转，带动机械负荷做功。又如变压器需要建立并维持交变磁场，才能起到升压或降压的作用；把电能输送到远方，而后又把电能变压为便于客户使用的电能。众所周知，在交流电路系统中，电流通过电气设备，电气设备吸取系统的无功功率并不断地交换，从而建立并维持磁场，这一过程即为电磁转换过程。在此过程中，由于磁场的作用，在电气设备的铁芯中产生磁滞和涡流现象，使电气设备的铁芯温度升高和发热，从而产生了电能损耗。因为这种损耗是由交流电在电气设备铁芯中建立和维护磁场的作用而产生的，故称为励磁损耗（其中以磁滞损耗为主，涡流损耗极小）。又因这种损耗与电气设备通过的电流大小无关，而与设备接入的电网电压等级有关，即电网电压等级固定，这种损耗亦固定，故又称之为固定损耗。

3. 管理方面的因素

管理部门管理水平落后，制度不健全，致使工作中出现一些问题。例如，客户违章用电和窃电；电网绝缘水平差，造成漏电；进行计量的表计配备不合理，修、校、调换不及时，

造成误差损失；营业管理松弛，造成抄、核、收工作的差错损失。由于这种损失没有一定的规律，不能运用表计和计算方法测算取得，只能由最后的统计数据确定，而且其数值也不十分准确，故称为不明损失；又因为这种损失是由电业管理部门的管理方面因素（或在营业过程中）造成的，故又称之为管理损失（或营业损失）。

4. 其他方面的因素

如 110kV 及以上输电线路导线因电晕放电产生的电晕损耗等。

三、农网线损居高的主要原因

1. 线路架设规划不合理，供电半径过长

主要存在以下问题：迂回线路多，一条主线走到头的现象严重，造成实际供电半径大于理论供电半径；变电站、变压器选址偏离负荷中心，单边供电的问题突出，造成部分出线供电半径过大；线路延伸过长，对个别或极少数客户普及供电时，考虑到节约投资，仅仅以延伸低压线路为主，无限制的延伸低压线路，导致低压供电半径增大。

2. 变压器运行不合理

变压器三相负荷不平衡，变压器出线少，特别是纯居民用电的低压台区为节约材料，大多以单相供电为主，使得各项负荷不能平衡分配，造成中性点偏移，导致的中性点线损耗电量；变压器匹配不合理，“大马拉小车”现象广泛存在，不能根据负荷变化及时调整变压器容量，使得变压器损耗大，供电效率降低。

3. 线路设备绝缘程度低

供电线路及设备的改造维修不及时，绝缘程度低的设备材料长期使用，造成大量电能泄漏、损失。

4. 高耗能供电设备的使用

高耗能供电设备不能及时更新，长期运行造成损耗大，运行效率低。

5. 树障问题突出

农村树木覆盖面积大，对邻近导线及穿线树木如不能及时修剪，特别是树木生长最旺季降雨量大，会导致雨季线损居高的现象。

6. 功率因数低，无功电量大

由于农村电网点多面广，农网投入不足，不能给予有效的无功补偿，造成电网功率因数低，无功电量大，供电效率低。

7. 计量误差大

对计量装置检测校验不到位，计量装置负误差大，大量精确度低、故障高的电能表在农网中使用，不能准确计量。

8. 违章用电现象突出

窃电及人为破坏电能计量装置等造成了大量电能损失。电费回收率低。部分受地方政府保护的工业用电及破产、改制、效益差的企业电费难以收清，长期拖欠，变相增加了供电企业的线损。

9. 线损管理滞后

线损管理工作中存在的县（区）公司领导重视程度不高。基层站（所）人才匮乏，不能组织有针对性的线损分析活动，对线路损耗大的问题不能及时发现，有效改进。激励机制不灵活，奖惩不科学。指标下达不科学。部分供电所存在抄表工作不规范，客户基础资料不完