

国家电力公司农电干部上岗培训教材

农村电网技术

国家电力公司农电工作部 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

国家电力公司农电干部上岗培训教材

农村电网技术

国家电力公司农电工作部 编

中国电力出版社

内 容 提 要

为配合国家电力公司国电党[1999]31号和国电农[1999]250号文件要求,提高农电干部素质,用3年时间对国家电力公司系统地(市)农电部门负责人、县级电力企业领导班子成员以及农电干部进行上岗培训工作,国家电力公司农电工作部特组织编写了《国家电力公司农电干部上岗培训教材》,共6册。《农村电网技术》是其中之一,主要内容包括电力系统与电力网基本知识、农村电网主要常见电气设备、电力网的运行与管理、农网建设与改造技术要求、县级电网调度自动化、变电所综合自动化、配电网自动化、农村电网的新装备与新技术。

本书可供各电力集团公司、各省分公司、各地(市)、县电力企业等农电领导干部及全国(乡镇)供电营业所领导干部,以及有关管理、技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

农村电网技术/国家电力公司农电工作部编. -北京:中国电力出版社,2000

国家电力公司农电干部上岗培训教材

ISBN 7-5083-0332-6

I. 农… II. 国… III. 农村配电-电力系统结构-技术培训-教材 IV. TM727.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第26180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>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2000年7月第一版 2000年7月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 10.5印张 276千字

印数0001—8000册 定价30.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《国家电力公司农电干部上岗培训教材》

编 审 委 员 会

主任委员： 陆延昌

副主任委员： 李振生 吴志远

编 委： 赵孟祥 刘宗宪 王抒祥
张莲瑛 宗 健
(以姓氏笔划为序)
王 林 牛治文 朱卫平
朱良镠 吴 浩 张兴国
张昌润 周秀峰 常双宪
曹守信 梁 旭 蒋明其
董履恒 黎 英
责任编辑： 杨元峰 张 涛 张 玲
施月华 曹新伟 王金波
陈维宁

10091/2

《县电力市场营销》

主 编：李振生

副 主 编：谢传胜

编写人员：谢传胜 郭立新 王 春 徐金亮

审定人员：于志中 徐金亮

《农村电网技术》

主 编：原国均

副 主 编：孙成宝

编写人员：牛红生 吉振中 杨金桃 殷振华 李惠涛

余清润 朱光辉 张 晖 洪 军

审定人员：金 哲 戴欧根 戴庆富

《财务管理》

主 编：李振生

副 主 编：余忠福 谭 晖

编写人员：余忠福 谭 晖 王学海 刘 辉 张维勇

龙成凤 刘 飞 袁翰青 钱 锐 郭亦玮

江秀玺

审定人员：任仲平 樊超美

《县供电企业管理》

主 编：原国均

副 主 编：张世建

编写人员：李文华 邓 达 陈 平 刘丰俭 高 峻

李 青 郑娟娟 谭 晖 王家兴 沈明龙

崔树娥 吴 民 吕巨霞 张世建 余忠福

刘 明 申屠加云

审定人员：蔡子才 李泽前

序

随着农电“两改一同价”工作的开展，农电工作出现了许多新情况，为高质量地完成“两改一同价”工作，进一步提高各级农电干部素质，国家电力公司将从2000年下半年起用3年左右时间对国家电力公司系统地（市）、县级电力企业领导班子成员以及农电干部进行上岗培训工作。通过培训，使每位参加培训的人员在理论水平、业务素质等方面得到提高，以便更好地完成本职工作。为此，国家电力公司农电工作部组织有关专家，结合农电系统实际情况，编写了这套《国家电力公司农电干部上岗培训教材》，以作为各地农电企业进行领导干部上岗培训教材。

本次新增培训教材共4册，分别是《农村电网技术》、《财务管理》、《县供电企业管理》、《县电力市场营销》。

为编好培训教材，国家电力公司农电工作部专门组织了全国各地具有丰富实践经验的专家、学者、技术人员参与教材的提纲审定、稿件编写和审稿工作，几易其稿，以使教材内容充实、实用，切合实际。在教材编写过程中，编者一方面根据广大农电干部的实际水平，注重满足农电干部的实际需要，以够用为度，多讲概念和结果，淡化过程与分析，不作过多的深入介绍；另一方面，根据目前农两改造、农电体制改革和同网同价中出现的新情况，注意吸收农电行业的新思路、新方法、新技术，使教材先进性、针对性和实用性能有机地结合起来，是农电干部培训的理想教材。由于时间短、涉及面广，教材中难免有不尽人意之处，敬希谅解。在教材的使用过程中，请及时反馈意见，以便今后修改。

本套教材不仅是全国各级农电干部的上岗培训教材，也是全

国各级农电技术与管理人员提高业务技能的培训教材，也可作为电力企业其他领导干部和技术人员的参考用书。

国家电力公司农电工作部

2000 年 6 月

前 言

为了贯彻国家电力公司对农电县局领导干部进行培训的要求,提高农电县局领导干部队伍素质,国家电力公司农电工作部组织编写了《国家电力公司农电干部上岗培训教材》,共6册。《农村电网技术》是其中一本。

在该书的编写过程中,编写人员曾多次组织专家对农村电网有关技术问题进行深入分析,对培训的对象进行反复研究,并就教材的定位问题进行了广泛的讨论。大家一致认为,对农村电网常识性的东西和基本知识,一些教科书介绍的都比较详细和系统,绝大多数的县局领导干部都已了解和基本掌握。因此,这本教材的编写,除了介绍一些必要的基本知识外,重点是介绍了农村电网中的一些新知识和新技术,以及前沿性和方向性的东西。全书的主要内容包括:农村电网基本知识、电力网运行与管理、农网建设与改造技术要求、县级电网调度自动化、变电站综合自动化、配电网自动化以及农村电网的新装备与新技术。

参加本书编写的人员都是多年从事电力工程的技术人员。全书共分七章,其中第一章由杨金桃同志编写;第二章由牛红生同志编写;第三章由吉振中同志编写;第四章由殷振华同志编写;第五章由余清润同志编写;第六章由李惠涛同志编写;第七章由朱光辉、张晖同志编写;第八章由洪军同志编写。全书由孙成宝同志统稿。在本书的编写过程中,王文德、焦仁、廖学琦、王天策、孙成宝、李颖同志对书稿提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

本书全稿由金哲教授级高级工程师、戴欧根高级工程师和戴庆富高级工程师共同审阅,并提出了许多宝贵意见,在此谨致谢意。

希望阅读本书的读者,读者能对农村电网技术有一个较详细的了解,对从事的工作有所帮助。但是,限于编者的水平,书中遗漏和错误之处在所难免,深望各同行专家和农电的各级领导不吝指正。

编 者

2000年4月

目 录

序

前 言

第一章 农村电网基本知识	1
第一节 电力系统与电力网	1
第二节 农村电网	10
第三节 电力网基本计算	22
第四节 农村小型化变电所	43
第二章 农村电网主要常见电气设备	52
第一节 变压器	52
第二节 开关电器	60
第三节 熔断器	69
第四节 漏电保护器	72
第三章 电网的运行与管理	76
第一节 变电所运行与管理	76
第二节 电力线路的运行与维护	108
第三节 电力系统常见事故及处理	116
第四章 农网建设与改造技术要求	126
第一节 规划与设计概述	126
第二节 农网建设技术原则	131
第三节 农网改造技术原则	141
第五章 县级电网调度自动化	145
第一节 县级电网调度的作用	145
第二节 调度自动化技术基础	149
第三节 电网调度通信技术	162
第四节 调度自动化系统的组成	172
第五节 调度自动化系统运行管理	183

第六章 变电所综合自动化	193
第一节 变电所综合自动化与无人值班变电所概述	193
第二节 变电所综合自动装置	204
第三节 变电所微机控制保护	215
第四节 变电所综合自动化发展趋势	223
第七章 配电网自动化	227
第一节 概述	227
第二节 配电网自动化计算机系统	242
第三节 馈线自动化	261
第四节 抄表及电能计量系统	278
第八章 农村电网的新装备与新技术	296
第一节 新装备及其应用	296
第二节 新技术应用及发展前景	312
参考文献	323

第一章

农村电网基础知识

第一节 电力系统与电力网

一、电力系统与电力网概述

(一) 电力系统

图 1-1 给出了典型的电力系统示意图。它是由发电厂、电力网和用户用电设备在电气上组成的统一的生产、输送与使用电能的整体。

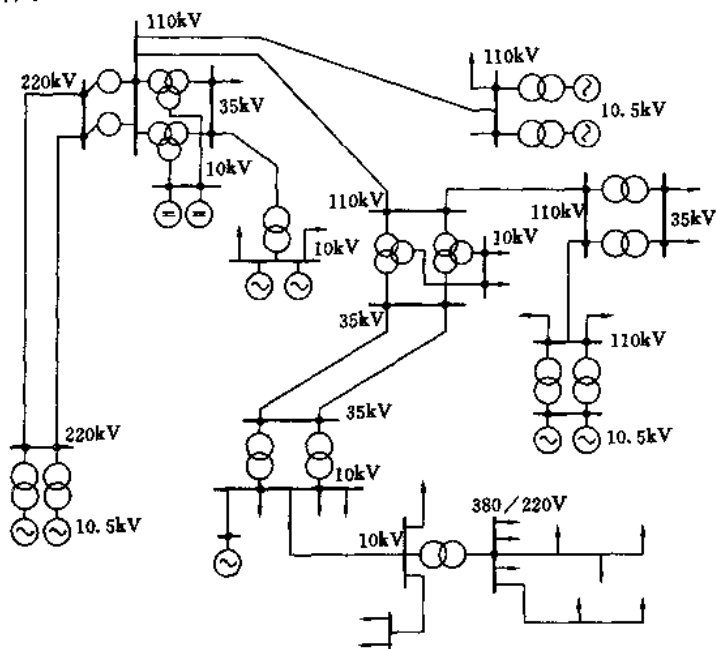


图 1-1 电力系统示意图

发电厂生产的电能，通过升压变压器将电压升高后，经输电线路将电能输送到线路末端，再经过降压变压器将电压降低，向用户提供需要规格的电能。

(二) 电力网

电力网是由各种不同电压等级的电力线路及其两端的变电所组成的。它是电力系统的重要组成部分，是发电厂和用户不可缺少的中间环节，其作用是将电能从发电厂输送并分配到电力用户处。

由于各地区电网发展不平衡，各地区的主网电压等级不同，最发达地区的主网电压已高达 500kV，落后地区的主网电压目前只有 35kV，一般地区的主网电压多为 100~200kV。电力网的示意图如图 1-2 所示。

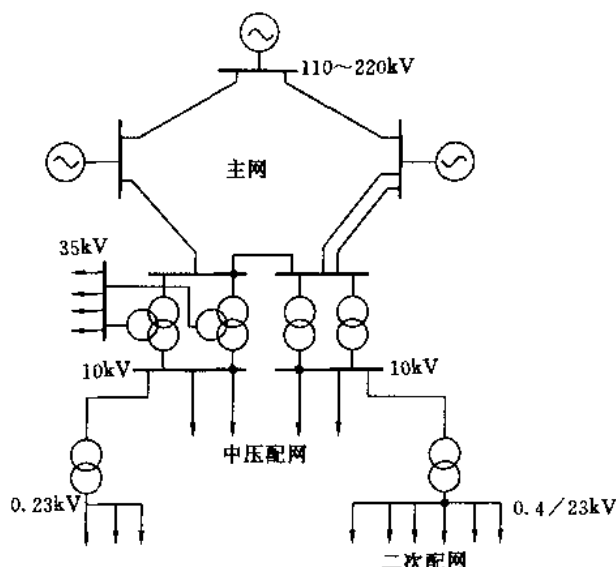


图 1-2 电力网示意图

随着电力系统连接发电容量和负荷的增大及输电范围的日益扩大，主网电压等级也相应提高，目前大电网的主网电压为 220、

500kV 及以上,而 110、35kV 在大电力系统中担任配电任务,叫做高压配电网。一般 10kV 及以下的配电线路和配电变电所在大、中容量电力系统中直接成为用电网络,它的作用是将电能直接分配到各类用户,这类电网叫做中压配电网或二次配电网。

电力网按本身结构方式,可分为开式电力网和闭式电力网。用户从单方向得到电能的电网叫开式电力网;用户从两个及两个以上方向得到电能的电力网叫闭式电力网。环形和两端供电的电网均属闭式电力网。

电力网按电压等级的高低,可分为低压、中压、高压、超高压和特高压五种。电压等级在 1kV 以下的电力网称为低压电网;1~10kV 的电力网称为中压电网;10~220kV 的电网称为高压电网;330~1000kV 的电力网称为超高压电网;1000kV 及以上的电力网称为特高压电网。

电力网按供电范围,可分为区域电网、地方电网和超高压远距离输电网三种。电压在 110~220kV 的省区级电网称为区域电网;电压不超过 35kV 输电距离在几十公里以内的电网称为地方电网;电压在 330kV 及以上,担任远距离输送任务的电网称为超高压远距离输电网。

(三) 联合电力系统

随着国民经济的发展,发电厂和电网的不断建设以及供电范围的逐步扩大,电力系统的规模越来越大,电力系统之间通过联络线并网,形成联合电力系统。

联合电力系统具有以下几方面的优越性:①提高供电的可靠性和电能质量;②减少系统装机容量,提高设备利用率;③便于安装大机组;④合理利用动力资源,提高运行的经济性。

二、电力系统的负荷

(一) 有功负荷和无功负荷

连接在电力系统中的一切用电设备所消耗的功率称为电力系统的负荷。其中用电设备把电能转换为其他能量,如机械能、光能、热能等,并在用电设备中真实消耗掉的功率称为有功负荷。例

如电灯、电炉以及电动机带动的水泵、风机、车床等机械设备所消耗的功率就是有功负荷。

但电动机为带动机械，需要在其定子中产生磁场，通过电磁感应，在电动机的转子中感应出电流，使转子转动，从而带动机械运转，这种为产生磁场所消耗的功率称为无功负荷。同样，变压器也需消耗无功，使一次绕组中产生磁场，在二次绕组中感应电压。因此，没有无功，电动机就不会转动，变压器也不能变压，无功和有功同样重要，只是无功负荷并不作功，不能转换为其他形式的能，仅完成电磁能量的相互转换。

为了满足有功负荷和无功负荷的需要，发电机既发有功功率，又发无功功率。发电机的全功率包括有功功率和无功功率，又称为视在功率。视在功率等于其额定电压和额定电流的乘积。由于系统电压比较稳定，所以负荷电流的大小也就反映了视在功率的大小。

在实际工程中，有功功率的单位为 kW（千瓦），无功功率的单位为 kvar（千乏），则视在功率的单位为 kVA（千伏安）。

有功功率与视在功率的比值称为功率因数，发电机的功率因数一般在 0.8~0.9 之间。负荷的功率因数与负荷的性质密切相关，变动范围较大。普通的感性负荷在额定负荷情况下一般为 0.7~0.8，常用的电阻炉和白炽灯由于不消耗无功功率，故功率因数为 1。

如果发电机发出的有功功率小于有功负荷，则系统的频率就要降低，反之，则系统的频率就要升高。如果无功功率小于无功负荷，则系统电压就要降低，反之则系统的电压就会升高。电网的电压、频率和幅值偏离允许值都会对电力设备和用户的电气设备的使用寿命及用电的经济性产生不良影响，所以，一般采取无功补偿措施和正确选用用电设备的容量等办法以保持电网电压的稳定，采取计划用电和调荷节电等措施以保持电网的频率。

（二）负荷分类

将工农业、交通、国防、市政及人民生活等各用电单位消耗

的功率瞬时相加综合所得的负荷，称为电力系统综合负荷。输、配电路和变压器上的损耗称为网络损耗。综合负荷加上网络损耗即为电力系统的供电负荷。发电厂在发电过程中，厂内用电设备消耗的功率称为厂用电负荷。电力系统的供电负荷加上发电厂的厂用电负荷称为电力系统的发电负荷。

电力系统的供电负荷是随着时间的变化（比如一昼夜 24h 的不同时间、一年的四季等）而不断变化的，但不同生产性质的工业企业，其负荷的变化是有一定的特征，即规律性的。一般情况下，一天中的傍晚时刻，因为照明等生活用电与工业用电叠加在一起，这时有功负荷最大，称为高峰负荷；深夜仅有连续生产的工业企业用电，照明和生活用电大大减少，所以负荷最小，称为低谷负荷。负荷的季节性变化较大，北方一般在冬季负荷均增大；但有些农业排灌用电比重较大的供电系统，最高负荷也可能出现在夏季；南方夏季炎热地区防暑降温用电增多，也可能形成夏季用电高峰。为了合理用电，应尽量压低发生高峰负荷和低谷负荷的差距，对于电力系统和用户来说，峰谷负荷差越小，则发电和用电越趋近于合理、经济和安全。

为更好地满足生产用电的需要，按照负荷的重要程度，把负荷分为三类。一类负荷为若突然停电，将造成人身伤亡和重大设备损坏，给国民经济带来巨大损失的生产用电以及重要行政与国防指挥部门的负荷；二类负荷为若突然停电，将产生大量的废品、大量减产和对城市与交通枢纽造成混乱的负荷；三类负荷为所有不属于一、二类负荷的用电。

三、额定电压

为了使电力设备的生产实现标准化、系列化，各元件合理配套，电力系统中发电机、变压器、电力线路及各种设备等，都是按规定的额定电压进行设计并制造的。电力设备在额定电压下运行，其技术与经济性能最好。我国现阶段各种电力设备的额定电压分为三类。

第一类额定电压为 100V 以下，这类电压主要用于安全照明、

蓄电池及开关设备的操作电源。交流 36V 电压，只作为潮湿环境的局部照明及特殊电力负荷之用。

第二类额定电压高于 100V、低于 1000V，这类电压主要用于低压三相电动机及照明设备。

第三类额定电压高于 1000V，这类电压主要用于发电机、变压器、输配电线路及用电设备。输配电线路的额定电压与受电设备的额定电压相同，因为用电设备需要接在线路上，而线路运行时又有电压损耗，一般线路首端电压高而末端电压低。负荷变化时，线路中电压损耗也随着变化，因而电压分布沿线路长度各不相同。要使接于线路各处的用电设备都保持在额定电压下运行是不可能的，只能使加于用电设备的端电压与额定电压尽可能接近。用电设备的端电压一般允许在其额定电压 $\pm 5\%$ 以内变化，而线路全长的电压损耗一般不大于额定电压的 10%，这样在运行时线路首端电压最好比额定电压高 5%，末端电压才能不低于额定电压的 5%。所以，一般取线路首末两端电压的平均值等于用电设备的额定电压，才能基本上满足上述要求。

发电机是输出电能的设备，总是接在线路的首端，所以发电机的额定电压规定比线路额定电压高 5%。对于大型发电机，其额定电压不受线路额定电压等级的限制，一般按技术经济条件确定。

变压器的额定电压为各绕组的电压值。一次绕组是接受电能的，若为降压变压器，则相当于用电设备，因此，其额定电压等于用电设备的额定电压；若为升压变压器，则直接与发电机相连，其额定电压等于发电机的额定电压。变压器的二次绕组是输出电能的，相当于发电机，其额定电压应比线路额定电压高 5%。由于变压器二次绕组的额定电压是指空载时的值，当变压器带负荷运行时，电流在绕组中产生电压损耗，为了使二次绕组在带负荷时实际输出电压仍高于线路额定电压 5%，考虑绕组中的电压损耗，变压器二次绕组中的额定电压应比同级线路额定电压高 10%。只有对于高压侧电压小于 35kV 而阻抗小的变压器或者二次所供线

路较短的线路以及三绕组连接同步调相机的绕组等，额定电压可比所连接线路额定电压高 5%。

需要指出额定电压是标明设备或线路技术特性的重要参数，不是设备运行时外加的实际电压。

在电力网中，额定电压的选定是一项很重要的技术管理工作，对不同容量的用户及不同规模的变、配电所要求选择不同的额定电压供电，供电电压的确定与供电方式、供电负荷、供电距离等因素有关，额定电压的选择可参考表 1-1 的数据。

表 1-1 供电电压与输送容量的关系

额定电压 (kV)	线路种类	极限容量 (kW)	输送距离 (km)
6	架空	2000	3~10
6	电缆	2000	8
10	架空	3000	5~15
10	电缆	5000	10
35	架空	2000~10000	20~50
110	架空	10000~50000	50~150
220	架空	50000~200000	150~300
500	架空	200000 以上	300 以上

四、电能质量

电能质量表征电能品质的优劣程度，它包括频率质量和电压质量两部分。通常以频率偏差和电压偏差等指标来衡量。

(一) 频率质量

1. 频率标准和允许偏差

大部分国家电力系统的额定频率为 50Hz，有的国家为 60Hz，我国采用 50Hz。正常运行的电力系统的频率应经常保持额定值，其允许偏差规定如下：3000MW 及以上的系统，其允许偏差不超过 $\pm 0.2\text{Hz}$ ；在不足 3000MW 的系统，其允许偏差不应超过 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

2. 频率变化原因

当系统负荷超过或低于电厂出力时，系统频率就要下降或上