

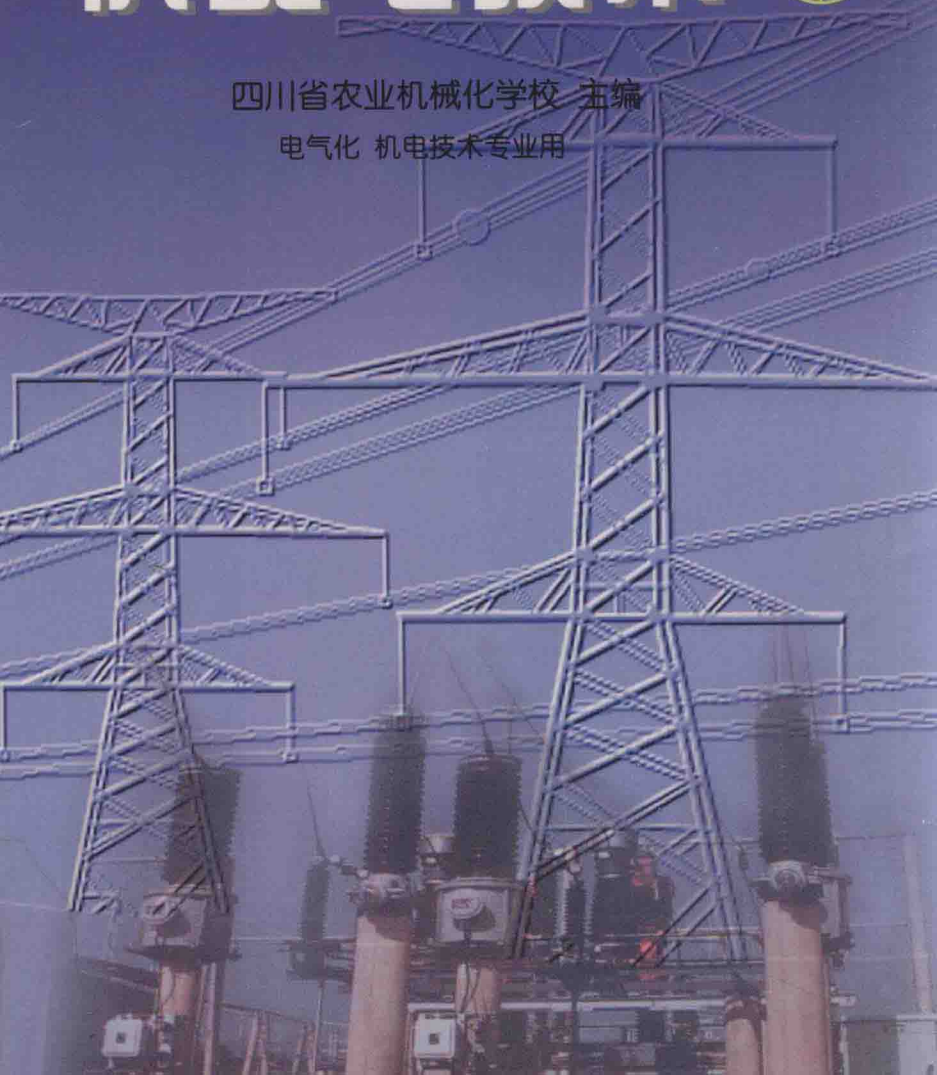
全国中等农业学校教材
全国中等农业学校教学指导委员会审定

供配电技术



四川省农业机械化学校 主编

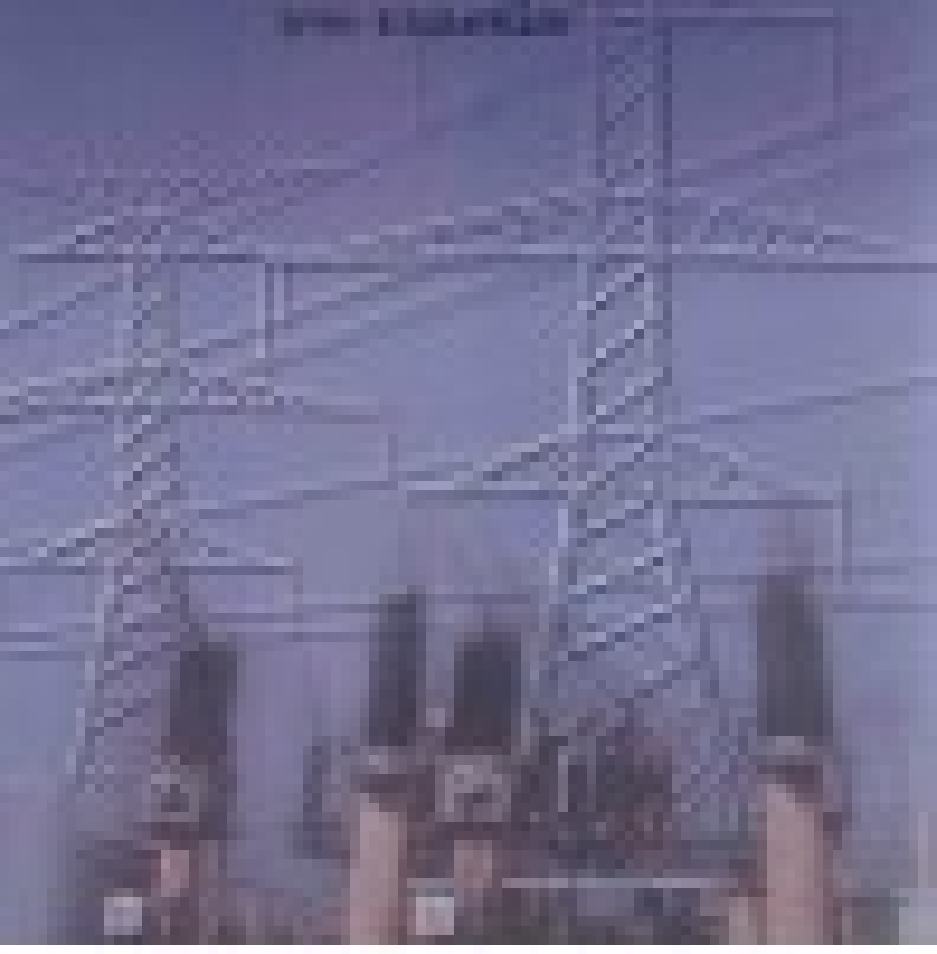
电气化 机电技术专业用



全国中等职业教育教材
教育部职业教育与成人教育司组织编写

供配电技术

教育部职业教育与成人教育司组织编写
主编 王 强 副主编 王 强



全国中等农业学校教材

供 配 电 技 术

四川省农业机械化学校 主编

电气化 机电技术专业 用

中

土

图书在版编目 (CIP) 数据

供配电技术/四川省农业机械化学校主编. —北京: 中国农业出版社, 2000.6

全国中等农业学校教材·电气化专业机电技术专业用
ISBN 7-109-06045-4

I. 供… II. 四… III. ①供电—技术—专业学校-教材 ②配电系统—技术—专业学校-教材 IV. TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 46745 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 陈万里

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 8.125

字数: 204 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 12.30 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主编 张德炳（四川省农业机械化学校）

编者 何首贤（辽宁省农业工程学校）

姜秀玲（辽宁省农业工程学校）

何 军（四川省农业机械化学校）

主审 林 东（成都水力发电学校）

前 言

本教材是根据农业部教育司有关文件精神，由全国中等农业学校教学指导委员会农业工程学科组组织编写。教材可供农业电气化专业和机电专业使用，也可作为从事电气技术工作人员应用和参考。

教材共分八章，其中包括：电力系统基本知识、电力负荷计算、电力线路、短路电流的计算、电力系统一次线路和电气设备、继电保护和二次线路、安全用电、节约用电和用电管理。

随着改革的深入，人材市场化，教材力求满足培养实用型人材的要求。教材有关内容都以现行国家标准和技术规程、规范等为依据，尽量选用更新换代产品编入。

本书力求物理概念简明；计算公式不作理论分析和推导，要求计算实用和简便，计算过程中为便于查找有关数据，本书附录表中适当选编部分有关资料；为加强学生技能培训，对常用电气设备和线路，突出选择方法、基本安装技术、使用中的维护和一般故障排除。教学方法要求与实物教学、现场教学和生产实习相结合。

本教材由四川省成都水力发电学校高级讲师林东主审。教材编写过程中得到了云南省楚雄州工业学校、辽宁省农业工程学校的大力支持和楚雄工业

2 前 言

学校黄海平、王泰来讲师及李兰助讲，辽宁省农业工程学校刘桂恒高级讲师的帮助，并提出许多宝贵意见，在此表示感谢。

本教材由四川省机电工程学校张德炳编写一、二章，辽宁省农业工程学校姜秀玲编写三、四、八章，何首贤编写五章，四川省机电工程学校何军编写六、七章。教材插图由四川省机电工程学校牟顺海、刘海琼描绘。本教材由张德炳主编并统稿。

对本书中的缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编 者

1998年12月

目 录

=====

前言

第一章 电力系统基本知识	1
第一节 电力系统基本知识	1
第二节 电力系统的额定电压	3
第三节 电力系统中性点运行方式	5
第四节 电力用户供配电系统	10
第二章 电力负荷的计算	13
第一节 概述	13
第二节 计算负荷	14
第三节 计算负荷的常用计算方法	16
第四节 变配电系统中功率损耗	20
第五节 变电所功率因数提高, 无功补偿 后的计算负荷	21
第六节 变电所总负荷计算	22
第七节 尖峰电流的计算	23
第三章 电力线路	27
第一节 电力线路的任务、分类和 接线方式	27
第二节 电力线路的结构	29
第三节 电力线路导线电缆截面和 型号的选择	36
第四节 架空线路器材和施工步骤、规范、	

线路运行维护	45
第五节 电缆线路的敷设与维护	55
第四章 短路电流计算	59
第一节 短路产生的原因、后果及种类	59
第二节 三相短路电流的计算	61
第三节 不对称短路时短路电流的估算	67
第四节 电气设备稳定度校验	69
第五章 变配电所主接线方案和一次设备	73
第一节 变配电所主接线方案	73
第二节 变配电所变压器容量和 电压选择	80
第三节 高压电器	81
第四节 低压配电电器	119
第五节 变配电所设备安装图例及 运行维护	131
第六章 变配电所继电保护和二次电路图	143
第一节 继电保护的 task 及要求	143
第二节 常用保护继电器	145
第三节 继电器接线方式及操作电源	151
第四节 电力线路的保护	155
第五节 接地保护	162
第六节 电力变压器保护	164
第七节 供配电系统二次回路识图方法	169
第七章 安全用电	179
第一节 保护接地和保护接零	179
第二节 防雷保护	183
第三节 供配电设备检修安全措施	189
第四节 用电事故的调查处理	195
第五节 触电与安全用电常识	198

第八章 节约用电 用电管理	206
第一节 节约用电	206
第二节 用电管理	211
附录	217

第一章

电力系统基本知识

=====

本章主要介绍电力系统概念、组成与运行的特点和要求；电力系统额定电压规定；系统中性点运行方式。

第一节 电力系统基本知识

一、电力系统基本概念

电力系统是由发电厂、电力网及电能用户组成的统一整体。图 1-1 为一个小型地方电力系统，图采用单线表示三相三线系统，图中只画出系统中的主要设备。

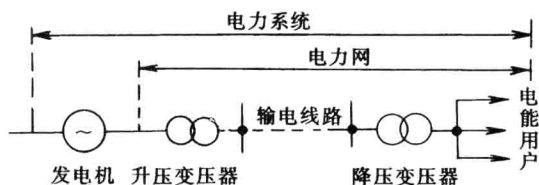


图 1-1 电力系统例图示意

（一）发电厂 发电厂是电力系统的中心环节，它是将一次能源能量转为电能的特殊工厂，按一次能源种类不同，可分为火力发电厂（站）、水力发电厂（站）及核电厂（站）等。

（二）电力网 是联接发电厂和电能用户的中间环节。由各

种不同电压等级的电力线路和输配电设备组成。按其功能可分为输电网和配电网两部分。其中电力线路是输送电能的通道,是将发电厂、变电所和电力用户联系起来的纽带;由输配电设备所组成的环节叫变配电所(站),变配电所是接受电能、变换电压和分配电能的场所。根据任务不同,变电所可分为升压变电所和降压变电所,如果只用于接受电能和分配电能,而不承担变换电压任务,则称配电所。

电力网按其特征、用途、电压高低和供电范围可以分许多类型。如区域电力网和地方电力网;开式电力网和闭式电力网;交流电力网和直流电力网;城市、农村和工厂电力网。

电力网的变配电基本技术知识,是本书的主要内容,是本专业学生学习的主要任务。

(三) 电力用户 一切消费电能的用电设备,按其用途可分为照明设备、动力用电设备、工艺用电设备、电热用电设备和实验用电设备等。所有这些用电设备,统称电能用户。

二、电力系统运行的特点和要求

(一) 电力系统运行时的特点

1. 电能的产生、输送、分配和消费是同时进行。

2. 系统中发电机、变压器、电力线路和用电设备等的投入和切除,都是在一瞬间完成的。所以,系统的暂态过程非常短促。

3. 系统与国民经济部门及人民生活有极为密切的关系。因此,系统如发生供电中断,会给经济部门带来严重损失和不良后果。

(二) 对电力系统的基本要求

1. 保证供电的可靠性和安全性。

2. 保证电能的质量 质量的主要指标是电压和频率,我国规定:系统中各极电压允许偏差为 $\pm 5\%$;频率允许偏差 $\pm 0.2 \sim \pm 0.5\text{Hz}$ 。

3. 具有一定灵活性和方便性。
4. 应使设计和运行经济。
5. 具有发展和扩建的可能性。

第二节 电力系统的额定电压

电气设备都是按照规定的额定电压和额定频率等来设计和制造，以保证设备运行时能获得最佳的技术性能和经济指标，同时也为了实现设备的成批生产和使用中互换，各国都制定有标准系列的额定电压和额定频率。我国规定的电压等级标准见表 1-1。

表 1-1 我国三相交流电网和电力设备的额定电压

分类	电网和用电设备额定电压	发电机额定电压	电力变压器额定电压(kV)	
	kV	kV	一次绕组	二次绕组
低压	0.22	0.23	0.22	0.23
	0.38	0.40	0.38	0.40
	0.66	0.69	0.66	0.69
高压	3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
	6	6.30	6 及 6.3	6.3 及 6.6
	10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
		13.8、15.75、18、20	13.8、15.75、18、20	
	35		35	38.5
	63		63	69
	110		110	121
	220		220	242
	330		330	363
	500		500	550

在电力系统中，对应的一定的输送功率和输电距离，从技术

上和经济性上应有合理的输电电压，可参见表 1-2 所列。

表 1-2 各级电压电力线路合理输送功率和输送距离

线路电压 (kV)	线路结构	输送功率 (kW)	输送距离 (km)
0.38	架空线	≤ 100	≤ 0.25
0.38	电缆线	≤ 175	≤ 0.35
6.0	架空线	$\leq 2\,000$	3~10
6.0	电缆线	$\leq 3\,000$	≤ 8
10.0	架空线	$\leq 3\,000$	5~15
10.0	电缆线	$\leq 5\,000$	≤ 10
35.0	架空线	2 000~15 000	20~50
63.0	架空线	3 500~30 000	30~100
110.0	架空线	10 000~50 000	50~150
220.0	架空线	100 000~500 000	200~300

在系统中要求各种互相联接的电力设备，都能运行在较有利的电压下，为此各种设备的额定电压之间相互配合，如图 1-2 及图 1-3 所示。

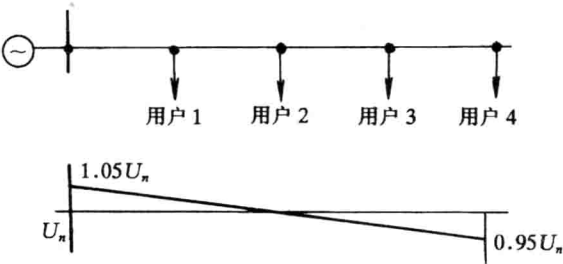


图 1-2 用电设备和发电机额定电压

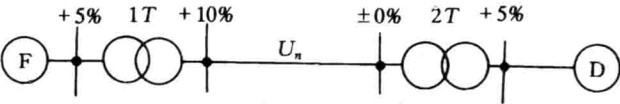


图 1-3 电力变压器的额定电压 1T、2T 变压器

额定电压等级规定依据是：

(一) 电力线路额定电压是根据国民经济发展需要和电机、电器工业生产水平，经过全面的技术经济分析确定的。由于线路存在阻抗而产生阻抗压降，故线路起端电压与终端电压不等，线路额定电压确定为线路起端最高压和终端受电设备的额定电压平均值。

(二) 用电设备额定电压是根据电机、电器生产的标准化、系列化、系统化确定的，其额定电压不可能按使用处的实际电压来制造，只能按线路额定电压来制造。所以，用电设备的额定电压与同级线路的额定电压是相等的。

(三) 发电机额定电压依据用户受电端电压允许变化幅度确定，一般发电机额定电压规定高于同级线中额定电压 5%（图 1-2、1-3）。

(四) 变压器额定电压

1. 一次侧绕组（线图）额定电压确定

(1) 一次侧绕组与发电机相联时，额定电压等于发电机额定电压，即高于同级线路电压 5%。

(2) 一次绕组接于线路终端时，额定电压等于线路额定电压。

2. 二次侧绕组额定电压确定

(1) 二次侧绕组接于线路起端时，线路较长和额定电压较高，二次侧额定电压应比线路额定电压高 10%。

(2) 二次侧绕组接于线路终端，但线路不长（如低压电网或直接供电给高、低压用电设备），额定电压比线路额定电压高 5%。

第三节 电力系统中性点运行方式

在三相电力系统中，作为供电电源的发电机或变压器，三相

绕组星形联接的中点，称为系统的中性点。

从系统运行的可靠性、安全运行和人身安全考虑，应认识中性点运行方式。所谓中性点运行方式，是指中性点接地与不接地运行状态。

一、中性点不接地的电力系统

(一) 正常工作状态 图 1-4 是一个中性点不接地的三相电

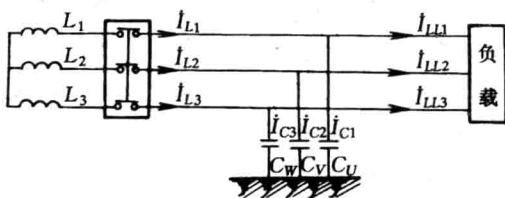


图 1-4 中性点不接地三相系统

力系统的示意图。图中三相绕组星形接法，通过三根输电线与负载相接，三相负载对称。每一根输电线与大地之间具有分布电容，可用三个集中等效电容 C_U 、 C_V 、 C_W 表示，并 $C_U = C_V = C_W$ 。系统中三相绕组电压对称条件下，应用电工基础知识分析可知，通过三相分布电容的三相电流对称，即没有电流通过大地。所以，变压器绕组中性点与等值分布电容器组的中性点间没有电位差，说明三相绕组中性点电位等于大地电位。

(二) 一相对地短路的运行特点 图 1-5 表示中性点不接地

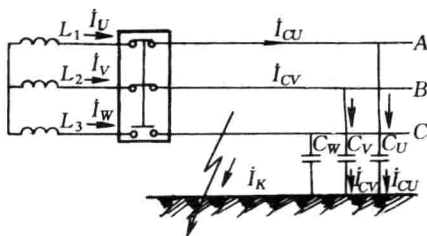


图 1-5 中性点不接地系统中一相接地

系统发生 C 相线接地示意图。根据分析可知：

1. 在中性点不接地的电力系统中，单相接地电流 I_W 等于正常工作状态时相对地电容电流的 3 倍，即

$$I_W = 3\omega C U_\varphi$$

式中 U_φ ——线路的相电压 (V)；

ω ——角频率 (rad/s)；

C ——相对地电容 (F)。

2. 未接地两相， L_1 相和 L_2 相的对地电压由原来的相电压升高到线电压，即升高为原对地电压的 $\sqrt{3}$ 倍。

当系统发生单相接地时，对负载的工作不会有任何影响，系统仍可连续工作，但不允许长期工作，因为长期运行，有可能引起完好相绝缘薄弱的部分击穿而接地，这样会造成两相接地短路，流过大电流损坏设备。

根据上述可知，在中性点不接地的电力系统中，在技术上应采取措施，如装设接地保护装置或绝缘监察装置，在发生一相接地时，给予报警信号，以提醒值班人员注意及时予以处理。

二、中性点经消弧线圈接地的电力系统

在中性点不接地的电力系统中，当系统额定电压在 3 ~ 10kV，发生单相接地电流大于 30A；系统额定电压在 35 ~ 63kV，发生单相接地电流大于 10V 情况下，为了防止单相接地处产生电弧，尤其是间歇电弧，造成对通讯线路的影响，应在系统的中性点与大地间串入消弧线圈 (图 1-6)。称中性点

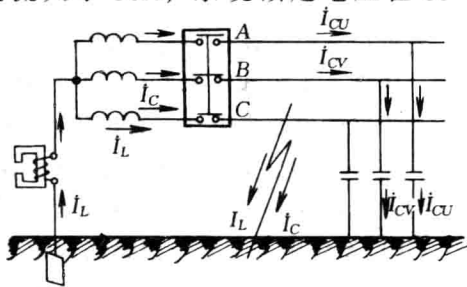


图 1-6 中性点经消弧线圈接地