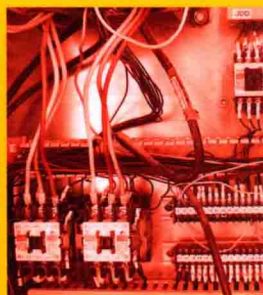


超值
双色版

低压电工上岗技能 一点通

万 英 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

低压电工上岗技能 一点通

万 英 编著



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要



本书以《维修电工国家职业技能标准(2009年修订)》中低压电工初、中级部分为指导,在内容选取上力求与时俱进、新颖实用、资料翔实、涉及面广,在编写上力求分析透彻、循序渐进、重点突出、图文并茂、通俗易懂,因此本书具有实用性强、可读性强、操作性强的特点。

本书共11章,分别介绍了低压电工基础知识、低压电工常用工具及使用、低压电工常用测量仪表及使用、变压器、交流电动机、常用低压电器、电动机与机床的电气控制、低压变配电线路、电气照明技术、电子技术基础、电气安全技术等内容。

本书适于低压电工学习和阅读,同时也可作为大中专院校、中等职业技术学校电工、电子、机电一体化专业的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

低压电工上岗技能一点通/万英编著. —北京:中国电力出版社, 2015.3

ISBN 978-7-5123-6410-3

I. ①低… II. ①万… III. ①低电压-电工技术-基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第217471号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015年3月第一版 2015年3月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 14.75印张 389千字

印数 0001—3000册 定价 35.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

前言

低压电工上岗技能一点通

低压电工是一种特殊的工种，不仅专业性强，而且对职业的安全保护也有特殊要求。因此，从事低压电工的技术人员在上岗前，必须进行职业技能和安全保护的专业学习和培训。为此，特编写此书，以满足广大低压电工尽快掌握基本理论知识和实际操作技能的需要，特别是那些已经从事低压电工工作而渴望晋级人员的需要。通过本书的学习，能有效地提高低压电工的上岗操作技术技能，使其达到初级或中级低压电工的水平。

本书分为 11 章，主要内容以《维修电工国家职业技能标准（2009 年修订）》中低压电工初、中级部分为指导，分别介绍了低压电工基础知识、低压电工常用工具及使用、低压电工常用测量仪表及使用、变压器、交流电动机、常用低压电器、电动机与机床的电气控制、低压变配电线路、电气照明技术、电子技术基础、电气安全技术等。

本书在内容选取上力求突出与时俱进、新颖实用、资料翔实、涉及面广的特点，在编写上力求体现分析透彻、循序渐进、重点突出、图文并茂、通俗易懂的风格。因此，本书实用性强、可读性强、操作性强，适合低压电工学习和阅读，同时也可作为大中专院校、中高等职业技术学校电工、电子、机电一体化专业的教材或教学参考书。

本书在编写过程中参阅了近年来出版的一些电工电子类书籍

和刊物以及互联网上有关电工电子类的资料，在此对这些作者表示衷心的感谢！由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，欢迎广大读者和同仁批评指正。

编 者

前言

第一章	低压电工基础知识	1
第一节	电工持证上岗体系	1
第二节	电路三要素	3
第三节	电路基本定律	9
第四节	磁场与电磁感应	12
第五节	正弦交流电	17
第六节	交流电路的负载	21
第七节	电功率、电功与功率因数	26
第二章	低压电工常用工具及使用	32
第一节	验电器	32
第二节	电工通用工具	37
第三节	电工安装和维修工具	42
第四节	电工登高工具	47
第三章	低压电工常用测量仪表及使用	53
第一节	电工测量仪表分类	53
第二节	电工常用测量仪表及使用	56
第四章	变压器	72
第一节	变压器基本知识	72
第二节	交流弧焊变压器	76

第三节	小型电源变压器	82
第四节	自耦变压器与互感器	88

第五章 交流电动机 93

第一节	三相异步电动机	93
第二节	单相异步电动机	102
第三节	异步电动机的选择	109
第四节	异步电动机的保养、检查与维护	112

第六章 常用低压电器 117

第一节	低压电器的基本知识	117
第二节	低压熔断器	121
第三节	低压刀开关	130
第四节	低压断路器	137
第五节	主令电器	147
第六节	低压接触器	156
第七节	热继电器	165
第八节	时间继电器与中间继电器	172

第七章 电动机与机床的电气控制 182

第一节	电动机成套控制电器	182
第二节	电气控制线路的识图方法	190
第三节	异步电动机的全压起动控制线路	196
第四节	异步电动机的降压起动控制线路	203
第五节	异步电动机的制动控制线路	210
第六节	常用机床电气控制线路	215

第八章 低压变配电线路 240

第一节	变配电系统	240
第二节	变配电装置	247

第三节	室内动力配线	263
第四节	配电导线的选择及连接	288

第九章 电气照明技术 314

第一节	电气照明	314
第二节	电气照明常用光源	317
第三节	工厂照明灯具及光源的选择	331
第四节	照明装置的安装	335

第十章 电子技术基础 350

第一节	半导体器件	350
第二节	基本电子电路	368
第三节	电子电路制作	386

第十一章 电气安全技术 394

第一节	电气安全知识	394
第二节	电气接地与接零技术	403
第三节	电气防雷技术	416
第四节	电气防火与防爆技术	435
第五节	人体触电及预防	441

参考文献 461

低压电工基础知识

第一节 电工持证上岗体系

一、电工的分类

电工是一个行业的统称，一般地说，凡是从事与电有关的电力生产、电气制造、设备安装、电气维修、运行、调试、改造、试验的工作人员都叫电工。

电工行业的分类非常详细：按工作范围可分为安装电工、维修电工、变配电工、高压电工（1kV 以上）、低压电工（1kV 以下）、线路电工和汽车电工等；按技术等级可分为初级电工、中级电工、高级电工和技师电工等；按电压性质可分为高压电工、低压电工和特种电工等。在供电企业，电工可分为内勤电工和外勤电工。内勤电工又包括变电运行值班工、变电检修工、继电保护工、电气试验工、抄表核算收费工、电能计量工、装表接电工等；外勤电工又称线路电工，它包括输电线路工、配电线路工、电力电缆工等。

由此可见，虽然都叫电工，但不同种类电工的工作内容差别很大，只有少部分工种相互通用，因此必须持证上岗。

二、电工持证上岗

电工属于高危工种，在我国对电工的监管非常严格，监管部门也比较多，主要表现在建立了比较完善的持证上岗体系。电工持证上岗体系由电工特种作业操作证、电工职业资格证和电工进网作业许可证构成，除以上常见 3 种证件外，还有行业协会、建

设部门等机构颁发的电工证，但有效性远不能同以上证件相比。需要注意的是，持这 3 种证书的电工必须按国家的法令法规执行和操作，并且这 3 种证书在全国范围内通用，任何私人机构没有权力发放相关证书。

1. 电工特种作业操作证

电工特种作业操作证，也就是电工的上岗证，主要证明持证人具有电工安全操作的知识和能力。此证由当地安全生产监督管理局颁发，无此证者不得进行任何电工作业。自 2010 年后，新版中华人民共和国特种作业操作证改用类似二代身份证样式的 IC 卡，有效期为 6 年，每 3 年复审 1 次，在全国范围内有效。

2. 电工职业资格证

电工职业资格证，也就是电工的等级证，是持证人具有相应的从事电工所必备的知识和技能水平高低的证明，是求职、任职、开业的资格凭证，是用人单位招聘、录用后工资定级的重要依据。此证由当地劳动保障部门职业技能鉴定中心颁发，不需要进行年审，在全国范围内有效。需要注意的是，此证不能代替电工特种作业操作证，单独持有此证是不能从事电工工作的。

国家职业资格等级分为初级（五级）、中级（四级）、高级（三级）、技师（二级）、高级技师（一级）5 个等级。

（1）国家职业资格五级。初级技能：能够运用基本技能独立完成本职业的常规工作。

（2）国家职业资格四级。中级技能：能够熟练运用基本技能独立完成本职业的常规工作，并在特定情况下，能够运用专门技能完成较为复杂的工作。

（3）国家职业资格三级。高级技能：能够熟练运用基本技能和专门技能完成较为复杂的工作，包括能完成部分非常规性工作、能够独立处理工作中出现的问题、能指导他人进行工作或协助培训一般操作人员。

(4) 国家职业资格二级。技师技能：能够熟练运用基本技能和专门技能完成较为复杂的、非常规性的工作，掌握本职业的关键操作技能技术，能够独立处理和解决技术或工艺问题，在操作技能技术方面有创新，能组织指导他人进行工作，能培训一般操作人员，具有一定的管理能力。

(5) 国家职业资格一级。高级技师技能：能够熟练运用基本技能和特殊技能在本职业的各个领域完成复杂的、非常规性的工作，熟练掌握本职业的关键操作技能技术，能够独立处理和解决高难度的技术或工艺问题，在技术攻关、工艺革新和技术改革方面有创新，能组织开展技术改造、技术革新和进行专业技术培训，具有管理能力。

3. 电工进网作业许可证

电工进网作业许可证，也就是电工具有进网作业资格的有效证件，持证者可从事电气安装、试验、检修、运行等作业。此证由国家电监会颁发，在全国范围内有效。进网作业电工应当按照规定取得电工进网作业许可证并注册，注册分为初始注册和续期注册，注册有效期为3年。未取得电工进网作业许可证或者电工进网作业许可证未注册的人员，不得进网作业。

电工进网作业许可证分为低压、高压和特种3个类别。

(1) 取得低压类电工进网作业许可证的，可以从事0.4kV以下电压等级电气安装、检修、运行等低压作业。

(2) 取得高压类电工进网作业许可证的，可以从事所有电压等级电气安装、检修、运行等作业。

(3) 取得特种类电工进网作业许可证的，可以在受电装置或送电装置上从事电气试验、二次安装调试、电缆作业等特种作业。

第二节 电路三要素

电路三要素是指电压、电流、电阻。

一、电压

1. 电压的概念

电压，也称作电动势或电位差，是衡量单位电荷在静电场中由于电势不同所产生的能量差的物理量，其大小等于单位正电荷因受电场力作用从 A 点移动到 B 点所做的功，电压的方向规定为从高电位指向低电位的方向。

电压是推动电荷定向移动形成电流不可缺少的条件，电流之所以能够在导线中流动，就是因为在电路中有高电势和低电势的差别，这种差别叫电势差或电位差。需要指出的是，“电压”一词一般只用于电路当中，“电势差”和“电位差”则普遍应用于一切电现象中。

2. 电压的单位

电压通常用字母 U 表示，电压的单位一般用国际单位制中的主单位伏特 (V) 来表示，简称伏，常用的单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV) 等，它们之间的换算关系为

$$1 \text{ 千伏 (kV)} = 1000 \text{ 伏 (V)} \quad 1 \text{ 伏 (V)} = 1000 \text{ 毫伏 (mV)}$$

$$1 \text{ 毫伏 (mV)} = 1000 \text{ 微伏 } (\mu\text{V})$$

3. 电压的分类

电压按方向是否变化可分为直流电压和交流电压；按大小可分为高电压、低电压和安全电压。

如果电压的大小及方向都不随时间作周期性变化，则称之为稳恒电压或恒定电压，简称为直流电压。如果电压的大小及方向都随时间作周期性变化，则称为变动电压，最常用的变动电压是正弦交流电压，简称交流电压。

高电压与低电压的区别是以电气设备的对地的电压值为依据的，对地电压高于 250V 的为高电压，对地电压小于 250V 的为低电压。我国电网向居民或家庭提供 220V 的交流低电压，向企业提供 380V 的交流低电压和高于 380V 的交流高电压。380V 的交流电压因为它是由三条相线和一条中性线构成的，其相线的对地电压是 220V，所以它也属于低电压。

安全电压是指人体较长时间接触而不致发生触电危险的电压,采用相应等级的安全电压是防止发生触电伤亡事故的根本性措施。国家标准 GB/T 3805—2008《特低电压(ELV)限值》规定了我国安全电压额定值的等级为 42、36、24、12V 和 6V,应根据作业场所、操作员条件、使用方式、供电方式、线路状况等因素选用。

4. 电压偏差的危害

用电设备应当在额定电压范围内使用,但由于电力系统在运行中,当用电负荷严重不平衡或无功功率余、缺过大时,会造成电网电压出现偏差现象,使用电设备处于偏离额定值的运行状态。这对用电设备、电网线路都是非常不利的,甚至会造成严重的危害。

(1) 电压偏高的危害。

1) 照明光源寿命缩短。偏高的工作电压将直接影响白炽灯和其他电器的使用寿命。如果普通白炽灯的工作电压升高 5%,则它的寿命将缩短一半;反过来,如电压降低到额定值的 95%,则平均寿命将延长一倍。

2) 照明光源耗电升高。偏高的工作电压,将使白炽灯和镇流器的耗电明显升高,从高压钠灯的工作情况来看,当工作电压上升至额定电压的 1.1 倍时,光通量将升至额定值的 1.35 倍,其功耗将增至额定值的 1.3 倍。

3) 企业设备效率下降。偏高的工作电压同样对电动机、变压器类的用电设备的使用寿命及工作性能带来诸多不良影响。对于电动机类设备,由于其自身损耗几乎与其工作电压的平方成正比,偏高的工作电压将使电动机的损耗显著上升,电动机发热严重,长时间工作将直接影响电动机的正常使用寿命,同时还会使电动机的运动噪声增加,整体工作效率下降。

4) 居民用电量大幅增加。电压高于标准值,对于电饭锅、电水壶等短时使用的热功率性电器来说,影响不大,因为电压偏高造成的功率加大体现为完成任务时间缩短,不会造成用电

量加大。但对于电视、电脑、洗衣机、电压力锅等以时间为主要计量单位的电器来说,由于这些电器并非始终工作在额定功率,电压升高,会导致其实际功率加大,即意味着用电量大幅增加,这就是很多住户在搬入新小区后感觉用电量增加的主要原因。

5) 设备损坏可能性加大,跳闸次数增多。大多数民用电器的(特别是笔记本电脑等高科技产品)的用电最高电压标准是240V,部分宽电压机型耐压强度为250V,若将235V作为标准电压输送,遇到电网电压波动时,极易超过240V,特别是在高温、高湿的情况下,容易产生电弧放电,部分合格电器有可能出现漏电跳闸现象,这也是许多新建小区频繁跳闸的一个主要原因。质量不合格的产品则可能被击穿烧毁,严重的甚至引发火灾。电压越高,家用电器漏电的可能性越大。

6) 家用电器失去保修服务。各种家用电器的产品“三包”政策中都明确规定,因电压过高而导致的产品损坏(一般表现为电容击穿或起火冒烟),不属于保修范围。因此,电压过高情况下发生的电器损坏,所有损失只能由用户个人承担。

(2) 电压偏低的危害。

1) 烧毁电动机。电压降低超过10%,将使电动机电流增大,绕组温度升高,严重时使机械设备停止运转或无法起动,甚至烧毁电动机。

2) 照明光源发光效率下降。电压降低5%,普通电灯的亮度下降约18%;电压下降10%,亮度下降约35%。

3) 增大线损。在输送一定电能时,电压降低,电流相应增大,引起线损增大。

4) 降低电力系统的稳定性。由于电压降低,相应降低线路输送极限容量,因而降低了稳定性。当电网枢纽变电所和受电地区的电压降低到额定电压的70%左右时,就可能发生电压崩溃事故,即送电线路负荷稍有增加,受电地区电压下降,进一步造成线路负荷增加。如此形成恶性循环,只能甩掉大量负荷,造成

大面积停电事故。

5) 发电机有功出力降低。当电网电压过低而迫使发电机电压降低 $10\% \sim 16\%$ 时, 发电机的有功和无功出力将减少 $10\% \sim 15\%$ 。如果发电机无功负荷较多, 将进一步减少有功出力。

6) 送变电设备能力减低。当电压降低到额定值的 80% 时, 变压器和线路输送的有功负荷只有额定容量的 64% 。

二、电流

1. 电流的概念

电流, 是指电荷的定向移动, 是电压做功的一种表现。电源的电动势形成了电压, 继而产生了电场力, 在电场力的作用下, 处于电场内的电荷发生定向移动, 形成电流。电流的方向是正电荷定向移动的方向。

2. 电流的单位

电流的大小称为电流强度, 简称电流, 是指单位时间内通过导线某一截面的电荷量。电流通常用字母 I 表示, 电流的单位一般用国际单位制中的主单位安培 (A) 来表示, 简称安, 每秒通过 1 库仑 (C) 的电量称为 1 安培 (A)。常用的单位还有千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 (μA) 等, 它们之间的换算关系为

$$1 \text{ 千安 (kA)} = 1000 \text{ 安 (A)} \quad 1 \text{ 安 (A)} = 1000 \text{ 毫安 (mA)}$$

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = 1000 \text{ 微安 } (\mu\text{A})$$

3. 电流的分类

电流分为交流电流和直流电流两种。

交流电流是指大小和方向都随时间发生周期性变化的电流, 它在家庭生活、工业生产中有着广泛的用途, 民用电器和工业设备分别由交流电压 220V、380V 及以上提供工作电流。

直流电流是指方向不随时间发生周期性改变的电流, 它一般由化学电池、燃料电池、温差电池、太阳能电池、直流发电机等产生, 主要应用于各类生活小家电、各种电子仪器、电解、电镀、直流电力拖动等方面。随着直流调压技术的推广, 直流电在工业上使用的并不是传统意义上的直流电, 而是利用各种现代化

控制技术产生的脉动直流电，以达到对直流电动机转速和稳定性的良好控制。

4. 电流的三大效应

(1) 热效应。当电流通过电阻时，电流做功而消耗电能，产生了热量，这种现象称为电流的热效应。实践证明，电流通过导体所产生的热量和电流的平方、导体本身的电阻值以及电流通过的时间成正比，这是英国科学家焦耳和俄国科学家楞次得出的结论，故被称为焦耳—楞次定律。

利用电流的热效应可以为人类的生产和生活服务，如在白炽灯中，由于通电后钨丝温度升高达到炽热的程度，其中一部分热转化为光，发出光亮。电流的热效应也有一些不利因素，如大电流通过导线就会产生大量的热，从而破坏导线的绝缘性能，导致线路短路，引发电路火灾。

(2) 磁效应。丹麦科学家奥斯特发现，任何通有电流的导线，都可以在其周围产生磁场，这种现象称为电流的磁效应。电流的磁效应在生活中应用广泛，如变压器、电磁铁、电动机、电磁炉等都是利用电流磁效应的电器。

(3) 化学效应。在电解质的水溶液中通入电流，电流中的带电粒子（电子或离子）使得两电极上的物质发生化学变化，这种利用电流使物质产生化学变化的现象，称为电流的化学效应。电解水或电镀等都是利用电流的化学效应的典型应用。

三、电阻

1. 电阻的概念

电阻是导体本身的一种基本性质，它在电路中起阻碍电流的作用，导体的电阻越大，表示导体对电流的阻碍作用越大。通常用导体制成具有一定阻值的电阻，分别应用于限流、分流、降压、分压、负载与电容配合作滤波器及阻抗匹配等。不同的导体，电阻一般不同，其阻值大小与温度、材料、长度、还有横截面积有关，电阻小的物质如金属、合金等称为导体，电阻大的物质如玻璃、橡胶等，称为绝缘体。

2. 电阻的单位

导体的电阻通常用字母 R 表示，电阻的单位一般用国际单位制中的主单位欧姆 (Ω) 来表示，简称欧，电阻常用的单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$) 等，它们之间的换算关系为

$$1 \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)} = 1000 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} \quad 1 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} = 1000 \text{ 欧 (}\Omega\text{)}$$

3. 电阻率

电阻率是用来表示各种物质电阻特性的物理量，其定义是将某种横截面积是 1mm^2 的材料在常温 (20°C 时) 下制成长 1m 时的电阻，称为这种材料的电阻率。电阻率用 ρ 表示，若 L 为材料的长度，单位为 m ； S 为横截面积，单位为 m^2 ，这时电阻率的单位为欧姆·米 ($\Omega \cdot \text{m}$)。但在电工实际应用中，常将横截面积 S 的单位定为 mm^2 ，此时 ρ 的单位为欧姆·毫米²/米 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。

由上可知，电阻率是指单位长度、单位截面积的某种物质的电阻，因此各种导体的电阻可用下列公式表示

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中 ρ ——电阻率， $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ；

R ——导体电阻， Ω ；

L ——导体长度， m ；

S ——导体截面积， mm^2 。

电阻率和电阻是两个不同的概念。电阻率是反映物质对电流阻碍作用的属性，电阻是反映物体对电流阻碍作用的属性。通俗地来讲，电阻率是反映物质对电流阻碍作用的变化率，电阻是实际对电流的阻碍作用力。

第三节 电路基本定律

一、欧姆定律

欧姆定律是电工学中用来表达电路中电压、电流和电阻这三个基本物理量之间关系的一条定律。在闭合回路中，电源电压是