

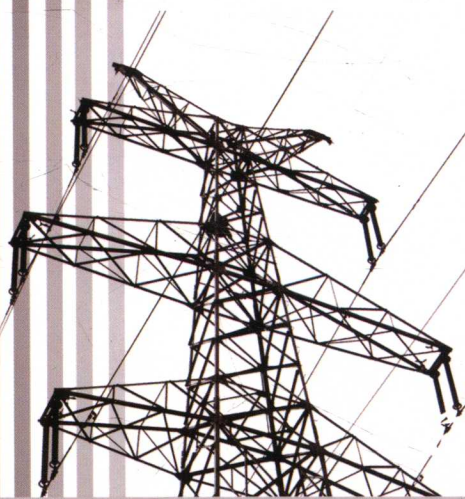
2012年版

电工进网作业许可考试参考教材

高压类理论部分

国家电力监管委员会

电力业务资质管理中心编写组 编



中国财政经济出版社

高压类理论部分

电工进网作业许可考试 参考教材

(2012年版)



国家电力监管委员会
电力业务资质管理中心编写组 编

中国财政经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工进网作业许可考试参考教材: 2012 年版. 高压类理论部分/国家电力监管委员会, 电力业务资质管理中心编写组编. —北京: 中国财政经济出版社, 2012. 12

ISBN 978 - 7 - 5095 - 3106 - 8

I. ①电… II. ①国…②电… III. ①高电压 - 电工技术 - 技术培训 - 教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 186058 号

责任编辑: 赵 力

责任校对: 徐艳丽

封面设计: 郁 佳

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.cn>

E-mail: cfeph@cfeph.cn

(版权所有 翻印必究)

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码: 100142

发行处电话: 88190406 财经书店电话: 64033436

北京财经印刷厂印刷 各地新华书店经销

787 × 960 毫米 16 开 21.5 印张 360 000 字

2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月北京第 1 次印刷

印数: 1—5 000 定价: 40.00 元

ISBN 978 - 7 - 5095 - 3106 - 8/TM · 0004

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

本社质量投诉电话: 010 - 88190744

反盗版举报热线: 88190492, 88190446

前 言

按照 2006 年版《电工进网作业许可考试大纲》（以下简称“考试大纲”）内容要求，2006 年，我们出版了高压类理论部分电工进网作业许可考试参考教材。近期，国家电力监管委员会修订并重新发布了 2012 年版高压类理论部分考试大纲，为满足考生考前学习与辅导需求，我们对 2006 年版教材进行了修订。

本版教材按照 2012 年版考试大纲要求，综合吸收了 2006 年版教材实施以来的经验以及各有关方面反馈的意见和建议，在该版教材体系基础上，主要从以下方面进行了修订：

一是新增了“电工基础知识”一章内容，介绍了电工基本概念、原理和公式，使教材反映的知识结构更为系统、完整。二是在教材各章中，进一步补充了从事高压进网作业活动必备基本知识和基本技能的内容，适当调整了电力系统过电压等部分章中理论性偏强、超出实际要求的内容，教材内容更切合电工进网作业岗位的实际需求。三是在高压电器及成套配电装置、继电保护自动装置与二次回路等章中，更新了内容过时的知识，增加了大量目前已广泛应用的新技术、新设备等内容，使教学内容紧扣电工新技术的发展。四是更加注重电气安全知识和技能，对“电气安全技术”一章内容作了更具体、详细的介绍。此外，还调整了 2006 年版教材部分章节的名称，并更正了其中出现的错误。

修订后，本版教材更符合高压进网作业电工的工作实际，更好地反映了对进网作业电工所需知识、技术和能力的要求，体现了教学内容的实用性、科学性、时效性和系统性，能够有效地满足广大考生应考需求。

李效和、陆荣华同志分别担任本教材修订工作的主编和副主编，陶安余、周丽芳、李月兴、史逸群、汪洪明、陈坚同志参加了编写工作。在本教材编写过程中参考了有关书籍和资料，在此谨向作者及编者表示衷心的感谢。

本版教材是在2006年版教材基础上修订的。马国泉、王洪焘、孙方汉、许刚、李国国、陈淑芳、汪祥兵、武风、林旭宜、张德奎、张磊、张荣、赵启明、高志安、鲁爱斌、廖自强同志参加了2006年版教材编写工作，杨传箭、于和平同志参与了该版教材的具体业务组织，陈淑芳同志作为具体业务负责人进行了该版教材的全书统稿工作，在此一并表示感谢。

由于时间紧迫，存在的不妥之处，请批评指正。

电监会电力业务资质管理中心

2012年11月

目 录

第一章 电工基础知识	(1)
第一节 直流电路	(1)
一、电场、电位及电压	(1)
二、电流与电流密度	(2)
三、电源与电动势	(3)
四、电阻与电导	(3)
五、欧姆定律	(4)
六、电路连接(串联、并联、混联)	(6)
七、电路与电路的三种状态	(8)
八、电能与电功率	(9)
第二节 电与磁	(10)
一、磁现象	(10)
二、磁场的基本物理量	(12)
三、电磁感应	(13)
四、磁场对通电导体的作用	(15)
五、自感与互感现象	(16)
第三节 交流电路	(18)
一、单相交流电路	(18)
二、三相交流电路	(29)
思考题	(36)
第二章 电力系统基本知识	(39)
第一节 电力系统概述	(39)
一、电力系统及其组成	(39)
二、电力生产的特点	(43)
三、负荷曲线	(44)

第二节	用电负荷	(45)
一、	用电负荷分类	(45)
二、	各类负荷的供电要求	(46)
第三节	变、配电所	(47)
一、	变、配电所常用的一次电气设备	(47)
二、	变、配电所常用的电气主接线	(48)
第四节	电能质量	(54)
一、	电压	(54)
二、	频率	(57)
三、	波形	(58)
第五节	电力系统短路概述	(59)
一、	短路的类型	(59)
二、	短路的危害	(60)
三、	限制短路电流方法	(61)
第六节	电力系统接地概述	(62)
一、	中性点直接接地系统	(63)
二、	中性点不接地系统	(63)
三、	中性点经消弧线圈接地系统	(64)
四、	中性点经电阻(低电阻、高电阻)接地系统	(66)
思考题	(66)
第三章	电力变压器	(67)
第一节	电力变压器的结构与工作原理	(67)
一、	变压器的结构	(67)
二、	电力变压器的工作原理	(72)
三、	电力变压器的型号与技术参数	(74)
第二节	电力变压器运行	(83)
一、	变压器允许运行方式	(83)
二、	变压器并列运行	(84)
三、	变压器油及运行	(86)
四、	变压器运行巡视检查	(86)
第三节	其他变压器	(88)
一、	干式变压器	(88)
二、	非晶合金铁芯变压器	(90)

(141)	三、低损耗油浸变压器	(90)
(142)	四、卷铁芯变压器	(92)
(143)	五、单相配电变压器	(93)
(144)	第四节 互感器	(94)
(145)	一、互感器的作用	(94)
(146)	二、电压互感器	(95)
(147)	三、电流互感器	(97)
(148)	思考题	(101)
(149)	第四章 高压电器及成套配电装置	(102)
(150)	第一节 开关电器中的电弧	(102)
(151)	一、开关电器中电弧的产生与熄灭	(102)
(152)	二、开关电弧熄灭方法	(103)
(153)	第二节 高压断路器	(104)
(154)	一、高压断路器的用途、类型和主要技术数据	(104)
(155)	二、真空断路器	(106)
(156)	三、SF ₆ 断路器	(112)
(157)	四、断路器操作机构	(115)
(158)	五、断路器运行维护	(118)
(159)	第三节 隔离开关	(122)
(160)	一、隔离开关的用途和类型	(122)
(161)	二、户内式隔离开关	(123)
(162)	三、户外式隔离开关	(125)
(163)	四、隔离开关的操作机构	(126)
(164)	五、隔离开关巡视检查的内容	(128)
(165)	第四节 高压负荷开关	(129)
(166)	一、高压负荷开关的用途和类型	(129)
(167)	二、负荷开关的结构与工作原理	(129)
(168)	第五节 交流高压真空接触器	(138)
(169)	一、交流高压真空接触器的结构	(138)
(170)	二、交流高压真空接触器的自保持方式	(139)
(171)	三、交流高压真空接触器的型号	(139)
(172)	第六节 高压熔断器	(140)
(173)	一、高压熔断器的用途和类型	(140)

二、户内式高压熔断器	(141)
三、高分断能力熔断器	(142)
四、户外式高压熔断器	(143)
第七节 高压电容器	(147)
一、高压电容器的用途和类型	(147)
二、高压电容器的结构	(147)
三、高压电容器的运行维护	(148)
第八节 高压成套配电装置	(151)
一、高压成套配电装置的用途和类型	(151)
二、常用高压成套配电装置	(152)
三、高压成套配电装置运行维护	(166)
第九节 箱式变电站	(169)
一、箱式变电站特点	(169)
二、常用箱式变电站类型	(170)
思考题	(173)
第五章 高压电力线路	(174)
第一节 架空电力线路	(175)
一、架空电力线路的结构	(175)
二、架空电力线路的技术要求	(191)
三、架空电力线路的运行维护	(197)
第二节 电力电缆线路	(202)
一、电力电缆线路的特点	(202)
二、电力电缆的基本结构和类型	(203)
三、电力电缆的载流能力	(209)
四、电力电缆线路的运行维护	(211)
思考题	(213)
第六章 电力系统过电压	(215)
第一节 电力系统过电压概述	(215)
一、过电压及其危害	(215)
二、过电压的分类	(216)
三、雷电过电压的形成及类型	(216)
第二节 常用防雷设备	(217)

一、	接闪器	(217)
二、	避雷器	(221)
三、	保护间隙	(223)
四、	消雷器	(224)
	第三节 防雷保护	(225)
一、	架空电力线路防雷措施	(225)
二、	变、配电所防雷措施	(227)
三、	防雷设备的安装要求	(228)
	思考题	(230)
第七章	继电保护自动装置与二次回路	(231)
	第一节 继电保护任务及基本要求	(231)
一、	继电保护的的任务	(231)
二、	继电保护的基本要求	(232)
三、	继电保护装置的分类	(233)
四、	常用继电器介绍	(234)
五、	继电保护用电流互感器	(236)
	第二节 变压器保护	(237)
一、	电力变压器的故障和异常运行状态	(237)
二、	电力变压器保护设置要求	(237)
三、	变压器过电流保护	(238)
四、	变压器电流速断保护	(240)
五、	变压器纵差动保护	(241)
六、	变压器瓦斯保护	(242)
	第三节 电力线路保护	(243)
一、	过电流保护	(243)
二、	电流速断保护	(244)
三、	限时电流速断保护	(244)
四、	三段式电流保护	(244)
五、	低电压保护和电流方向保护	(246)
六、	高压电动机保护	(247)
七、	3kV ~ 10kV 高压电力电容器组保护	(248)
	第四节 变电所微机保护监控装置简介	(248)
一、	微机保护监控装置的特点	(248)

二、微机保护装置硬件系统的一般构成	(250)
三、微机保护的主要功能	(251)
四、微机保护监控装置的运行维护	(253)
第五节 电力系统自动装置	(255)
一、自动重合闸	(255)
二、备用电源自动投入装置	(255)
第六节 二次回路基本知识	(259)
一、二次回路图的分类	(259)
二、二次回路的读图方法	(263)
三、二次回路的编号	(263)
第七节 变电所操作电源	(268)
一、交流操作电源	(268)
二、硅整流电容储能直流电源	(269)
三、铅酸蓄电池直流电源	(269)
四、镉镍蓄电池直流电源	(269)
思考题	(270)
第八章 电气安全技术	(271)
第一节 人身触电预防	(271)
一、电流对人体的危害	(271)
二、电流对人体的伤害分类	(274)
三、人体触电类型	(275)
四、防止人身触电的技术措施	(277)
第二节 电气安全用具	(285)
一、绝缘棒	(286)
二、绝缘夹钳	(286)
三、绝缘手套	(287)
四、绝缘靴(鞋)	(287)
五、绝缘站台、绝缘垫和绝缘毯	(287)
六、验电器	(288)
七、电气安全用具的使用要求	(291)
八、几种常用绝缘安全用具试验标准	(291)
第三节 电气安全工作制度	(294)
一、保证电气安全工作的组织措施	(294)

二、保证电气安全工作的技术措施	(296)
三、保证变、配电所安全运行的“两票三制”	(299)
四、倒闸操作制度	(301)
第四节 电气装置防火	(303)
一、电气火灾的原因	(303)
二、防止电气火灾的措施	(304)
三、电气火灾的扑救	(305)
思考题	(306)

附录

1. 电工进网作业许可证管理办法（国家电力监管委员会令 第 15 号）	(311)
2. 常用电力及照明平面图图形符号及文字符号	(317)

第一章 直流电路

一、电场、电荷及其性质

1. 电荷

当两个带电物体互相靠近时，它们之间就有作用力，即同性带电物体互相排斥，异性带电物体相互吸引。尽管两个带电物体没有直接接触，但相互之间却存在着作用力，这说明在带电物体周围的空间存在一种物质场，相互作用力就是通过这种特殊物质来传递的，我们把这种特殊物质称为电场。凡有电荷存在，其周围必然有电场存在。如果电荷的数量和分布不变化，则其电场也不变化，这种电场称为静电场。

2. 电位

当一物体带有电荷时，该物体就具有一定的电位能，我们把这个电位能叫作电位。电场中某点A的电位等于单位正电荷在该点A具有的电位能，用符号 V 表示。一般规定参考点的电位为零，所以某点的电位 V 就是求该点与参考点之间的电位差。在实际电路中，参考点通常取为大地。电路中各点电位的大小和正负与电路中的电流方向有关。电路中各点电位的大小和正负与电路中的电流方向有关。

第一章 电工基础知识

本章简要介绍电工理论基本知识，这些知识是学习专业课程所必需的基础。主要内容包括：直流电路及基本物理量、磁场及电磁感应、正弦交流电路和三相交流电路。

第一节 直流电路

一、电场、电位及电压

1. 电场

当两个带电物体互相靠近时，它们之间就有作用力，即同性带电物体互相排斥，异性带电物体相互吸引。尽管两个带电物体没有直接接触，但相互之间却存在着作用力，这说明在带电物体周围的空间存在一种特殊物质，相互作用力就是靠这种特殊物质来传递的，我们把这种特殊物质称为电场。凡有电荷存在，其周围必然有电场存在。如果电荷的多少和位置都不变化，则其电场也不变化，这种电场称为静电场。

2. 电位

当一物体带有电荷时，这物体就具有一定的电位能，我们把这电位能叫作电位。电场中某点 A 的电位等于单位正电荷在该点所具有的电位能。用符号 V_A 表示。一般规定参考点的电位为零，所以计算电路中某点的电位就是求该点与参考点之间的电位差，在实际电路中常以大地作为公共参考点。电路中各点电位的大小和正负与参考点的选择有关。选择不同的参考点，电路中各点电位的大小和正负也就不同。电位的单位是伏特。

3. 电压（电位差）

电压（电位差）：电路中任意两点间电位的差值称为电压（电位差）。

A 、 B 两点的电压以 U_{AB} 表示， $U_{AB} = V_A - V_B$ 。

电位差是产生电流的原因，如果没有电位差，在直流电路中就不会有电荷的流动，就不会有电流。电压的单位也是伏特，简称伏，用字母 V 表示。常用电压单位还有千伏（ kV ）、毫伏（ mV ），它们之间的换算关系为： $1kV = 10^3V$ ， $1V = 10^3mV$ 。

二、电流与电流密度

1. 电流

电流就是电荷有规律的定向移动。在实际应用中，电流的方向规定为正电荷移动的方向。

电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面的电荷量。通常规定： $1s$ 内通过导体横截面的电量称为电流强度，以字母 I 表示。若在 t 时间内通过导体横截面的电量是 Q ，则电流强度 I 就可以用下式表示：

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

电流强度 I 的单位是 A （安培）。若在 $1s$ 内通过导体横截面的电量为 1 库仑，则电流强度为 1 安培。安培简称安，以字母 A 表示。除安培外，常用电流强度单位还有 kA （千安）、 mA （毫安）、 μA （微安），它们之间的换算关系是： $1kA = 10^3A$ ， $1mA = 10^{-3}A$ ， $1\mu A = 1 \times 10^{-6}A$ 。

电流分交流电和直流电两大类。凡方向不随时间变化的电流称为直流电流，简称直流；方向不变，大小随时间有脉动变化的电流称为脉动直流电；大小方向都随时间变化的电流称为交流电流。

电路中电流大小可以用电流表进行测量。测量时是将电流表串联在电路中。在测量直流电流时要注意，应使电流从表的正端流入，负端流出。电流表的量程应大于被测电路中实际电流的数值，否则可能烧坏电流表。

2. 电流密度

电流密度是指电流 I 在导体的横截面 S 上均匀分布时，该电流 I 与导体横截面积 S 的比值，用字母 J 表示，即

$$J = \frac{I}{S} \quad (1-2)$$

式（1-2）中，当电流强度 I 用 A 作单位、导体横截面积 S 用平方毫

米作单位时, 电流密度的单位是 A/mm^2 。

在直流电路中, 均匀导线横截面上的电流密度是均匀的。

导线允许通过的电流强度随导体的截面不同而不同。例如, $1mm^2$ 的铜导线允许通过 $6A$ 的电流 ($J=6$), 则 $2.5mm^2$ 的铜导线在 $J=6$ 时允许通过 $15A$ 的电流。通过导线的电流如果超过允许电流值, 则导线的发热会超过允许温度, 使导线老化加速或发生事故。

三、电源与电动势

电源是将其他能量转换为电能的装置。电动势是衡量电源将其他能量转换为电能的本领大小的物理量。

电动势简称电势, 单位是 V (伏)。电动势和电压都是产生电流的原因, 但两者的意义与产生电流的方式是不同的。电压是利用电场的作用, 使电荷在导体内移动形成电流。其运动规律是正电荷由高电位向低电位移动, 而电动势则是指电源内部由非电力产生的对电荷的作用力。电荷在电动势作用下的移动规律是正电荷由低电位移向高电位。

电源两端具有不同的电位, 我们把电源两端的电位差称为电源的端电压。当电路开路时电源端电压在数值上等于电源的电动势, 但两者方向相反。

四、电阻与电导

1. 电阻

电阻是反映导体对电流阻碍作用大小的物理量。导体对电流阻力小, 表明它的导电能力强; 导体对电流的阻力大, 表示它的导电能力差。

电阻用字母 R 表示, 单位是欧姆, 简称欧, 用字母 Ω 表示。

导体电阻的大小与导体的长度成正比, 与导体的截面积成反比, 同时跟导体材料的性质、环境温度等很多因素有关。电阻的表达式为:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-3)$$

式中: ρ ——电阻率, 单位是欧姆·米 ($\Omega \cdot m$);

L ——导体的长度, 单位是米 (m);

S ——导体的截面积, 单位是平方毫米 (mm^2)。

常用的电阻单位有 Ω (欧)、 $k\Omega$ (千欧) 和 $M\Omega$ (兆欧), 它们之间

的换算关系是： $1\text{k}\Omega = 1 \times 10^3 \Omega$ ， $1\text{M}\Omega = 1 \times 10^3 \text{k}\Omega = 1 \times 10^6 \Omega$ 。

2. 电导

电阻的倒数称为电导，电导用符号 G 表示，即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-4)$$

导体的电阻越小，电导就越大，表示该导体的导电性能越好。

电导的单位是 $1/\Omega$ ，称西门子，简称西，用字母 s 表示。

五、欧姆定律

欧姆定律是反映电路中电压、电流、电阻三者之间关系的定律，它是电路的基本定律之一，应用非常广泛。

1. 部分电路欧姆定律

图 1-1 是不含电源的部分电路。图 1-1 中，当在电阻 R 两端加上电压 U 时，电阻 R 中就有电流流过。通过实验可以知道：如果加在电阻 R 两端的电压 U 发生变化时，流过电阻的电流 I 也随着变化，而且成正比例变化，即电压和电流的比值是一个常数，这个常数就是电路中的电阻 R ，写成公式为：

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = IR \text{ 或 } R = \frac{U}{I} \quad (1-5)$$

式中： U ——电压 (V)；

R ——电阻 (Ω)；

I ——电流 (A)。

式 (1-5) 说明：流过导体的电流强度与这段导体两端的电压成正比，与这段导体的电阻成反比。这一规律，称为欧姆定律，是德国物理学家欧姆 (1787 ~ 1854 年) 在 1827 年发现的。

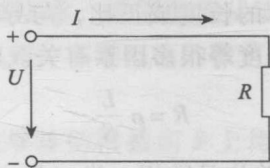


图 1-1 不含电源的部分电路

2. 全电路欧姆定律

全电路是指含有电源的闭合电路，如图 1-2 所示。图中的虚线框内代

表一个电源。 R_0 是电源内部的电阻值,称为内电阻。

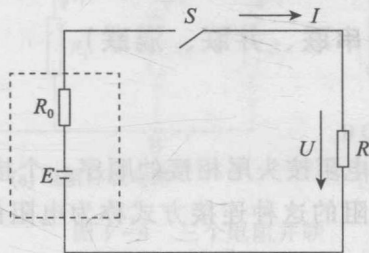


图 1-2 全电路

在图 1-2 中,当开关 s 闭合时,负载 R 上就有电流流过,这是因为负载两端有了电压 U ,电压 U 是电动势 E 产生的,它既是负载电阻两端的电压,又是电源的端电压。由于电流在闭合回路中流过时,在电源内电阻上会产生电压降,所以这时全电路中电流可用下式计算:

$$I = \frac{E}{R_0 + R} \quad (1-6)$$

式中: E ——电源的电动势 (V);

R ——外电路的电阻 (Ω);

R_0 ——电源内电阻 (Ω);

I ——电路中电流 (A)。

从上面的分析可知:在一个闭合电路中,电流强度与电源的电动势成正比,与电路中内电阻和外电阻之和成反比。这个定律称为全电路欧姆定律。

【例 1-1】 假如手电筒电珠发光时的电阻是 10Ω ,电池电压为 $3V$ 。请计算这时通过电珠的电流多大(忽略连接线的电阻)。

解:根据欧姆定律, $I = \frac{U}{R}$

所以通过电珠的电流 $I = \frac{U}{R} = \frac{3}{10} = 0.3$ (A)

【例 1-2】 有一电源的电动势为 $3V$,内阻 R_0 为 0.5Ω ,外接负载电阻 R 为 9.5Ω 。请计算电路中电流以及外接负载电阻上的电压降。

解:根据全电路欧姆定律, $I = \frac{E}{R_0 + R}$

电路中电流 $I = \frac{E}{R_0 + R} = \frac{3}{0.5 + 9.5} = 0.3$ (A)