

成都工学院图书馆

357480

基本馆藏

水利电力部干部学校教材
电力工业生产知识

发电厂电气部分

水利电力部干部学校电力教研室編



中国工业出版社

3113
140

PDG

水利电力部干部学校教材

电力工业生产知识

发电厂电气部分

水利电力部干部学校电力教研室编

中国工业出版社

本书共分四章，主要叙述电工基本知识、发电机和变压器、电气一次系统和电气运行。

本书可作为管理干部学习有关专业技术知识的教材，也可供技工参考。

水利电力部干部学校教材
电力工业生产知识
发电厂电气部分
水利电力部干部学校电力教研室编

*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑（北京阜外月坛南街）

中国工业出版社出版（北京修脚馆路丙10号）

北京市书刊出版业营业许可出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本850×1168 $\frac{1}{2}$ ·印张5·字数104,000

1964年9月北京第一版·1964年9月北京第一次印刷

印数0001—8,910·定价(科四)0.65元

*

统一书号：K15165·2899(水电-391)

序 言

本教材是我校火力发电生产专业班专用教材，共分六册，它們是：鍋炉、汽輪机、发电厂电气部分、继电保护和自动化、电力网以及发电厂化学水处理。

本教材是在总结該班历年来教学經驗的基础上，全面地探討了过去使用的教材、讲义，平衡了教材內容的深度和广度，并广泛征求了业务单位的意見以后定稿的。

考虑到干部学习的特点，尽量使教材內容結合生产实际，突出重点，照顾全面，文字叙述力求簡明易懂，既便于讲授，又便于自修。

由于編写者水平有限，加以缺乏写作經驗，教材中疏漏謬誤之处在所难免，希望讀者給予批評指正。

水利电力部干部学校电力教研室

1963年7月

目 录

序 言

第一章 电工基本概念	1
§1-1 电流、电阻、电压	1
§1-2 电路及欧姆定律	5
§1-3 容量与发电量	10
§1-4 磁及电磁	11
§1-5 电磁感应	17
§1-6 交流电的产生	24
§1-7 频率、有效值、相位	27
§1-8 交流电路的相位	30
§1-9 电抗、阻抗	36
§1-10 有功功率与无功功率	38
§1-11 三相交流电	44
§1-12 三相功率	47
第二章 发电机和变压器	49
§2-1 发电机的分类	49
§2-2 发电机的构造	49
§2-3 发电机的励磁	56
§2-4 发电机的冷却	61
§2-5 发电机的正常运行监视	64
§2-6 变压器的工作原理	69
§2-7 变压器的构造	73
§2-8 三相变压器	84
§2-9 三卷变压器	87

§2-10 变压器的正常运行监视	88
第三章 电气一次系统	92
§3-1 电气短路	92
§3-2 高压开关与隔离开关的作用	101
§3-3 电气主结綫	106
§3-4 厂用电结綫方式	112
§3-5 提高厂用电可靠性的技术措施	117
§3-6 厂用电动机的类型及其构造	120
§3-7 厂用电动机的正常运行维护	122
§3-8 互感器	125
§3-9 电气仪表装置	129
第四章 电气运行	134
§4-1 发电机的并列	134
§4-2 并列运行发电机的負荷調整	143
§4-3 变压器的并列运行	146
§4-4 发电机反事故技术措施	150
§4-5 变压器反事故技术措施	152

第一章 电工基本概念

§1-1 电流、电阻、电压

一、物质的电子结构

科学已经证明自然界中一切物质都是由极小的质点——分子所组成，而分子又由更小的质点——原子所组成。近代科学证明原子有极为复杂的组织，每一个原子都是由一个带正电荷的原子核和以极大的速度（每秒钟达数百公里）在它周围不断旋转着的带负电荷的电子所组成（图1-1），其情形象太阳系中各种行星（如地球、火星……）围绕太阳转动一样。

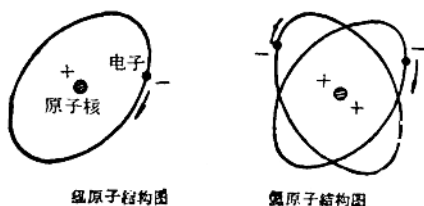


图 1-1 原子结构

物质元素不同，原子核的重量和所带电荷的多少就不同。氢是最轻的元素，它的原子结构最简单，原子核所带的正电荷也最少，核周围只有一个电子绕着旋转。别的元素的原子结构都比它复杂，原子核比它重，原子核所带的正电荷比它多，而核周围有几个以至几十个电子绕着旋转。

例如氦有2个，銅有29个，金有79个，鈾有92个电子。电子的体积很小，重量极輕。有的原子中的电子，可以脫离开它的軌道，特別是最外层的电子，往往自由行动，这样的电子叫做“自由电子”。

無論那种元素，在正常状态下，原子核所带的正电荷与核周围的电子(每一个电子带一单位負电荷)数目相等，这时正負电荷的作用互相抵消，所以不显示带电的現象。

在复杂的原子中，各个电子繞行的軌道距离原子核的远近不一，有的近些，有的远些。距离远的所受原子核的引力較小，因此当它們受到外界的某些力的影响时（例如摩擦），就可能离开它們原来的原子而跑到另一物体上去。物体失去部分电子后，原来电的平衡受到破坏，就显示出正电。得到电子的物体，就显示出負电。例如用皮毛摩擦硬橡胶，皮毛上的电子跑到硬橡胶上来，因而硬橡胶带負电，而皮毛带正电。

正电荷与正电荷，負电荷与負电荷相遇时互相排斥，正負电荷相遇时则互相吸引，这就是电荷的特性：“同性相斥，异性相吸”。

二、电流

电子沿着导綫有一定方向的移动称为电流。电流实际上是导綫內自由电子的定向运动。电子总是从負极出发到正极，但电流的方向习惯上仍沿用以前的假定：电流的方向是从正极流向負极。

形成电流需具备两个条件：第一，迫使电子运动的能力；第二，电子运动的通路；第一个条件通常由專門的設備(如发电机、电池等)提供，第二个条件则通常采用銅綫、鋁綫构成通路。由于銅、鋁中自由电子比較多，傳导

电子比较容易，一般称为导体。

电流的单位为安培，简称为安。1安培即在1秒钟内流过 6.24×10^{18} 个电子。电流的大小用“电流表”测量。

电流的符号是： I

安培的符号是： A

三、电阻

水在水管中流动，要受到管壁的阻力。管子的粗细、长短及管壁粗糙的不同，都会表现出不同大小的阻力。导线对电流的阻力也有类似现象，当电子运动时，会与其他质点发生碰撞，并要受到原子核的吸引力及别的电子的排斥力。这些都是电子运动的阻力。这种阻止电流通过的阻力称为电阻。

电阻的大小与下列因素有关：

- (1)导线的长短；
- (2)导线的粗细；
- (3)导线的材料；
- (4)导线的温度。

通常情况下，导线愈长，电阻愈大；导线愈细，电阻愈大；材料不同，电阻也不一样，银的电阻最小，铜次之，铝更次之；温度改变，电阻也会改变。

电阻是物质本身固有的性质。一条导线，若已知它的长度、截面及所使用的材料，就可以测量出或计算出导线的电阻。无论导线中有无电流通过，导线都有电阻。

电阻的单位为欧姆，简称为欧。长度为106.3厘米，断面积为1平方毫米的水银柱在 0°C 时的电阻为1欧姆。在电阻很大时，用欧姆的一百万倍即百万欧姆为单位。测量电阻用电桥、摇表等。

电阻的符号是: R

欧姆的符号是: Ω ; 百万欧姆是 $M\Omega$ (兆欧);

四、电压

水从高处往低处流的原因是: 高处的水有较高位能, 常说成“水位高”, 低处的水位能低, 即“水位低”。水位有了高低, 也就是有了“水位差”, 于是水就会流动。

电流也有类似的情形, 当导线两端电子具有不同的位能时, 即“电位”不同, 这样导线两端就有了“电位差”。有“电位差”存在时, 电子就会移动, 形成电流。如图1-2, 若丙点的电位比丁点电位高, 则从丙点到丁点就会有电流流动。可见“电位差”是迫使电子流动的能力。“电位差”通常称为电压。

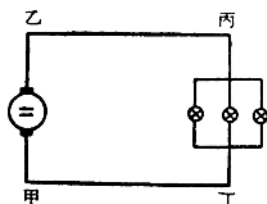


图 1-2 电源与电压

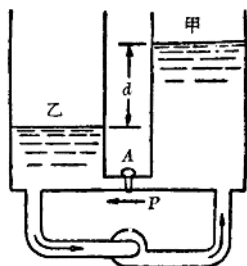


图 1-3 水泵与水流

若要水流继续不断, 则需维持“水位差”, 也就是需要将低处的水经过水泵压向高处 (见图 1-3)。在电路中, 电源 (如发电机、电池等) 也是起着与这个相仿的作用。在电源内部, 不断供给电子以能量, 提高其电位, 维持两端的电位差。这种在电源内部产生并维持电位差的能力称为“电势”。

电流在电路中流动，当通过电阻或其他阻力时，便会损失掉一部分能量，于是电压就降低了。这种在电流通过电阻时电压的降低称为“电压降”。

电压、电势和电压降的单位均为伏特。使1安培电流通过1欧姆电阻所需的电压为1伏特。

测量电压用电压表。

电压的符号是： U

伏特的符号是： V ；千伏是： KV 。

§1-2 电路及欧姆定律

电源产生的电能，经过导线将电能输送给用电器具（图1-4）。

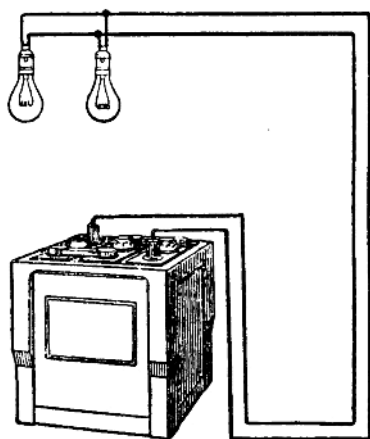


图 1-4 电路

电源、导线、用电器具构成了电流流通的路径，称为电路。

在繪图时，通常并不繪出設備原状，而采用設備的代表符号。由代表符号繪出的电路称电路图，如图 1-4 的电路可用图 1-5 来表示。

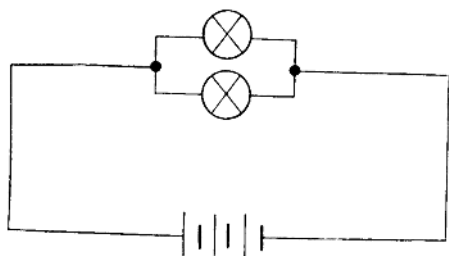


图 1-5 电路图

电路图上常用的符号如表1-1所示。

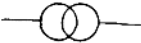
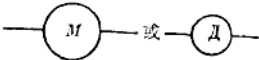
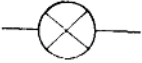
一切正常的电路都是完全电路，完全电路是說电流从电源出发，經過导綫和用电器具(消耗能量)，再經過另一导綫回到电源。电路必須是閉合的才会有电流通过，閉合电路也常称回路。回路中不仅从电源流向用电器具要用导綫連通，同时从用电器具返回电源也要用导綫連通，使电流能够不断地循环。

在某些故障情况下，电路有一处断开，形成“断路”，电流就会中断，如图1-6(甲)所示。更常見的是在故障时，电流直接由故障点返回电源，而不再經過用电器具，形成“短路”，如图1-6(乙)。此时电阻被短路了，电流比正常时大很多，称为“短路电流”。

在正常的电路中，电压、电流、电阻之間在数量上有如下的关系：

当电阻一定时，电流与电压成正比；

表 1-1 电路常用符号

符 号	名 称
	电流表
	电压表
	电池及电池组
	电阻
	保险丝
	开关
	交流发电机
	变压器
	电动机
	电灯

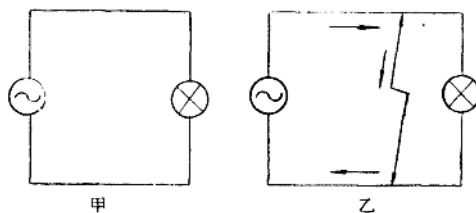


图 1-6 断路与短路
甲—断路；乙—短路。

当电压一定时，电流与电阻成反比。

这就是欧姆定律。

欧姆定律说明：

(1)在任何电路中，保持电阻不变，如增加电压时，则电流与电压成正比例增加，即电压大，电流也大；如降低电压，则电流与电压成正比例减少，即电压小，电流也小。

(2)在任何线路中，保持电压不变，如增加电阻时，则电流与电阻成反比例减少，即电阻大，电流就小；如减少电阻时，则电流与电阻成反比例增加，即电阻小，电流大。

欧姆定律的数学形式为：

$$\text{电流} = \frac{\text{电压}}{\text{电阻}}.$$

用符号表示为：

$$I = \frac{U}{R}.$$

欧姆定律适用于电路的全部，同时也适用于电路的一部分。全电路的总电压、总电流、总电阻符合上述公式。

例：一个电灯泡的灯丝电阻为480欧，跨接在220伏的电源上，试求灯泡中的电流。

解：

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{480} = 0.46 \text{ 安培}.$$

利用欧姆定律不仅可以计算出电流的数值，也可以计算电压或电阻的数值。即欧姆定律除了上述的一种形式外，还有下面两种形式：

$$U = I \times R,$$

$$R = \frac{U}{I}.$$

为了帮助记忆欧姆定律的三种形式，我們可借助于图1-7。只要用手指遮住要求的数值，剩下的就是运算的公式。



图 1-7 欧姆定律的三种形式

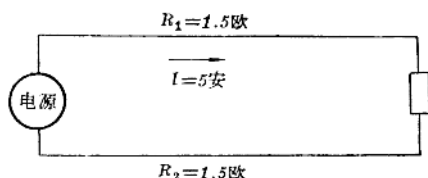


图 1-3 电路举例

例：一段线路(图1-8)，每条线电阻为1.5欧，线路中流过电流为5安，问两条线共消耗电压多少？

解：根据欧姆定律： $U = I \times R$ 。

一条线消耗电压 $= 5 \times 1.5 = 7.5$ 伏。

两条线共消耗电压 $= 2 \times 7.5 = 15$ 伏。

即共消耗电压 15 伏。

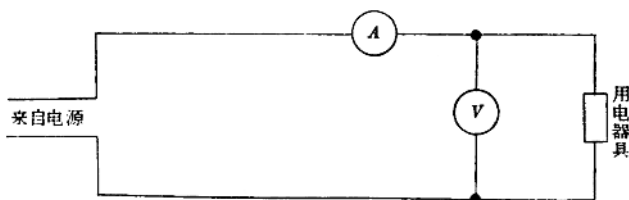


图 1-9 电路举例

例：在图 1-9 中，设已知电压表指示为 380 伏，电流表指示为 15 安，问用电器的电阻有多大？

解：
$$R = \frac{U}{I} = \frac{380}{15} = 25.3 \text{ 欧}。$$

即用电器的电阻为 25.3 欧。

§1-3 容量与发电量

額定容量是指发电机发电的能力，它表示发电机单位時間內(例如一个小时)能发多少电，通常額定容量是在銘牌上注明了的。

額定容量对于电动机來說，是指电动机单位時間內(例如一个小时)能将电能变为机械能的能力，常称为“电功率”。

額定容量只是表明可能提供电能或者吸收电能的工作能力，并不表明实际发出了或消耗了的数值。

发电量(或消耗电量)是指在某一段時間內总共发出(或消耗)的电能，又叫“电功”

額定容量和发电量是两个不同的概念，不能把它們混淆起来。大发电机比小发电机的額定容量大，但不能籠統地說：大发电机比小发电机的“发电量”多。很显然，即使“容量”再大，当发电机长时期停止工作或以极輕的負荷运转时，它的发电量还是很少的。

发电机滿負荷运转时，发电量和額定容量之間有下列关系：

$$\text{发电量} = \text{額定容量} \times \text{時間}$$

因此增加发电量不只是要多装发电机，而且要提高設備的利用小时数。

容量(电功率)的单位为瓦特，常用的单位是瓦特的一千倍，即瓩。发电量(耗电量)的单位是瓦特小时，常用的是瓩小时，瓩小时简称“度”。

瓦特的符号： W ；瓩的符号： KW ；

瓦特小时的符号： WH ；瓩小时的符号： KWH ；

例：某台发电机額定容量为 $25000KW$ ，問：滿負荷連

續运行24小时，該发电机共发多少电？

$$\begin{aligned}\text{解：发电量} &= \text{額定容量} \times \text{時間} \\ &= 25000(\text{瓩}) \times 24(\text{小时}) \\ &= 600000 \text{瓩小时}.\end{aligned}$$

即該发电机共发60万度电。

§1-4 磁 及 电 磁

一、磁鉄的性质

能吸引鉄、鈷、鎳的物体为磁鉄。

磁鉄放入鉄屑中，輕輕搖动后取出，就可看到下述現象：磁鉄的两端，均粘有大量的鉄屑，而在磁鉄的中間則沒有。可見磁鉄的两端具有最大的吸引力，磁性集中。称磁鉄的两端为磁极(图1-10)。

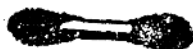


图 1-10 磁鉄的两极

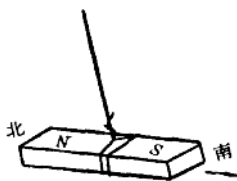


图 1-11 磁鉄的指向

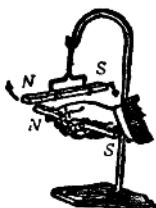


图 1-12 磁鉄同极性相斥，异性性相吸

倘若在一块磁鉄的中央用綫挂起(图1-11)，让其自由摆动，則当此磁鉄停稳后，总是一端指向地球的北方而另一端指向地球的南方。磁鉄指向北方的一端称为北极，用 N 来表示；指向南方的一端称为南极，用 S 表示。

我們的祖先在几千年以前，就利用磁鉄能指出南北的性质，发明了指南針。

磁鉄的另一种特性是同性相斥，异性相吸。这可以从