

電力工業生產過程 基本知識

第三分冊

發電機與電動機

電力工業出版社

電力工業生產過程 基本知識

第三分冊 發電機與電動機

電力工業部幹部學校編

電力工業出版社

內 容 提 要

本書簡明地介紹了發電機與電動機的基本知識。書中首先解說了電工學的基本概念；接着以較大的篇幅敘述了同期發電機的構造及其特性；其次闡述了發電機在正常和異常情況下的運行、維護、檢修和驗收工作；此外，還專門介紹了感應電動機和同期電動機的原理和構造。

本書不僅適合於電業系統的轉業幹部學習，而且對一般技術工作人員也有參考價值。

電力工業生產過程基本知識

第 三 分 冊

電力工業部幹部學校編

*

271D100

電力工業出版社出版（北京右安門26號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第082號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

**

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 6 $\frac{1}{2}$ 印張 * 117千字 * 定價(第8類)0.96元

1955年12月北京第1版

1957年1月北京第3次印刷(11,131—18,660冊)

序 言

《電力工業生產過程基本知識》原是電業管理學院一九五四年局長研究班的教材。局長研究班的教學大綱是在蘇聯專家的幫助下制訂的；而教材的編寫工作，是由電業系統的幾位學術經驗豐富的專業工程師執筆的，他們在編寫過程中，不僅吸取了蘇聯的先進經驗，而且結合了我國現場的具體情況。

由於局長研究班的學員大都是轉業不久的同志，他們都不懂技術，管理業務也不熟悉，因此，在編寫這套教材時，儘量使得內容淺顯，說理簡明，結構嚴密，通俗易懂；並且避免了許多複雜煩瑣的公式。

《電力工業生產過程基本知識》不僅適合於電業系統的轉業領導幹部學習，同時也是幫助其他不熟悉電業業務知識的工作同志學習技術知識的一套好書。此外，對於一般工程技術人員也有參考價值。

這套教材是由下列幾位同志編寫的：第一分冊（鍋爐）——韓肇強同志；第二分冊（汽輪機）——張景泰同志；第三分冊（發電機與電動機）——盛澤鵬同志；第四分冊（變壓器和配電裝置）——俞恩瀛同志；第五分冊（高壓架空輸電线路）——徐博文同志；第六分冊（力能系統的調度管理）——陳德裕同志；第七分冊（繼電保護裝置）——劉倫同志；第八分冊（油務管理）——秦全藻同志。

雖然，編寫這套教材的同志，在主觀上已經盡了最大努力，但由於缺乏寫作經驗，文字修養不夠高，尤其多半是在業餘時間整理的，因而不完善的地方，無疑是存在的。我們誠懇的希望讀者提出意見和批評，以後再版時修正。

電力工業部幹部學校

目 錄

序 言

第一章 电工学的幾點基本概念	4
第 1 節 帶電體	4
第 2 節 電的本質——電子學說	5
第 3 節 電流、電壓、功和功率	6
第 4 節 直流電和交流電	8
第 5 節 導體和絕緣體	9
第 6 節 電阻、電導和歐姆定律	10
第 7 節 電阻的联接	12
第 8 節 電壓降	14
第 9 節 磁	15
第 10 節 電磁	19
第 11 節 電磁感應	27
第 12 節 單相交流電	34
第 13 節 三相交流電	47
第二章 同期發電機的構造及其特性	52
第 1 節 同期發電機的主要部件	52
第 2 節 同期發電機的特性	60
第 3 節 同期發電機的功率、損失和效率	70
第 4 節 冷卻系統	71
第 5 節 滅火裝置	75
第 6 節 勵磁回路	77
第 7 節 自動滅磁裝置	84

第 8 節	自動調整勵磁裝置	87
第 9 節	測量表計	94
第 10 節	同期發電機的併列運行	98
第三章	發電機的運行	108
第 1 節	正常运行情況下對發電機的監視與維護	108
第 2 節	發電機的異常運行和故障	124
第四章	發電機的檢修和驗收	137
第 1 節	發電機的檢修	137
第 2 節	發電機的驗收	152
第五章	感應電動機	165
第 1 節	感應電動機的構造	165
第 2 節	感應電動機的動作原理	166
第 3 節	感應電動機的啟動	169
第 4 節	感應電動機的容許運行方式	173
第 5 節	對電動機的監視與維護	176
第 6 節	電動機的異常現象	181
第 7 節	電動機的檢修	183
第六章	同期電動機	184
第 1 節	同期電動機的構造及其動作原理	184
第 2 節	同期電動機的特性	186
第 3 節	同期電動機的啟動	188
第 4 節	同期電動機與感應電動機的比較	192

第一章 电工学的幾點基本概念

第 1 節 帶 電 體

在很早的時候就有人發現許多物体用毛皮、絲綢、毛絨或毛呢摩擦後，能够吸引某些極輕微的物体，这种吸引物体的能力，称为电的能力。能够顯示电力的物体称为帶电体。其所帶的电称为电荷。

倘若帶电体与一个不帶电的物体相接觸，則第二个物体就能够从第一个物体得到一部分电荷，而使自己也成为帶电体。

用各种不同的物質進行摩擦使其成为帶电体，然後試驗其性質，証明所有帶电体只有兩類性質：一類与用皮革或綢摩擦玻璃所得的电相似，一類与用毛皮或毛絨摩擦硬橡皮所得的电相似。前者所帶的电称为正电或陽电，用 $[+]$ 符号來表示，後者所帶的电称为負电或陰电，用 $[-]$ 符号來表示。

由試驗还証明：一切物体帶有相同符号的电時互相排斥，帶有不同符号的电時則互相吸引。正、負不同的兩種帶电体互相接觸時，如果所帶的电荷相等，則由於正、負电荷中和而不再顯示电能。倘某一帶电体上的电荷比另一帶电体的电荷多時，則兩種电荷中和之後，多餘的电荷傳至另一帶电体，使兩帶电体帶有相同性質的电荷，而產生互相排斥的現象。

第 2 節 電的本質——電子學說

科學已經證明自然界中的一切物質都是由極小的質點——分子所組成，而分子又由更小的質點——原子所組成。近代科學證明原子具有極為複雜的組織，每一原子都是由一個帶有正電荷的原子核和以極大的速度（每秒鐘達數百公尺）在它周圍不斷旋轉着的帶有負電的电子所組成，其形狀正像太陽系中各種行星（如地球，火星……）圍繞太陽運動一樣。

物質元素不同，原子核的重量和所帶的電荷的多少就隨着不同，圍繞着原子核旋轉的电子的數目也不同。氫是最輕的元素，它的原子結構最簡單，原子核所帶的正電荷也最少，核周圍只有一個电子繞着旋轉。別的元素的原子的結構都比它複雜，原子核比它重，原子核所帶的正電荷比它多，而核周圍有幾個以致幾十個电子繞着旋轉。例如銅有 29 个电子，金有 79 个电子，鉍有 92 个电子。

無論那種元素，在正常的狀態下，原子核所帶的正電荷跟核周圍电子的數目（每一個电子帶有一個負電荷）相等，這時正負電荷的作用互相抵消，所以不顯示帶電的現象。

在比較複雜的原子裏，各個电子繞行的軌道距離原子核並不一樣；有的近些，有的遠些。距離遠的电子所受原子核的吸引力比較小，因此當它們受到外界的一些力的影響時（例如摩擦），就可能離開它們原來的原子而跑到另一個物體上去。物體失去部分电子後，原來電的平衡遭受破壞。

坏，就顯示出正电，得到电子的物体，就顯示出負电。例如用皮毛摩擦硬橡膠，皮毛上的电子跑到硬橡膠上來，因而硬橡膠变成帶有負电，而皮毛帶有正电。

第 3 節 电流、电压、功和功率

設有甲乙兩個金屬球(圖 1-1)，甲球帶有正电，乙球帶有負电。若用金屬導線把這兩個球联接起來，則电子將由电子过多的乙球移到电子过少的甲球。这种电子沿着導線的移動現象，称为电流。

在电子学說發明以前，电流現象早已發現，当时电流的方向是假定由正到負，这个假定多少年來已为人們所熟習，因此虽然根据現代的电子学說，电流的方向实际上是由負到正，但为了不改变習慣的用法，在实用的电工学中，电流的方向，至今仍假定为由正到負。

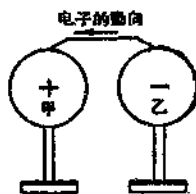


圖 1-1

在圖 1-2 中，發电机使甲球不断地得到正电，乙球得到負电，因此在电路中有着电流不断地流經導線和電動机。这种使电子不断在电路中移動的力量称为电势(或称電動势)。克服电路中某一段的阻力所耗費的电势，則称为該段的电压。

电的性質与水的性質，在某些地方極為相似。这可用圖 1-3 和圖 1-2 的对比來說明。在圖中水泵相当於發电机，水車相当於電動机，水泵的旋轉產生水压，使水在管中流動，水流經水車，又使水車旋轉產生動力，这正如發

电机產生電勢，使電子在導綫中運動，電子經過電動機，使電動機旋轉，產生動力一樣。

我們知道，水泵並不產生水，僅產生水压，使水在管中流動，同樣發電機也不產生電，而只是產生電勢，使電流流動。無水压水不能流動，無電勢(或電壓)電亦不能流動。

若水管中裝一閘門，將其關上，水即被阻不能流動，但水压仍然存在。電也是一樣，如將電路中的開關打開，電即停止流動，但電壓仍存在。

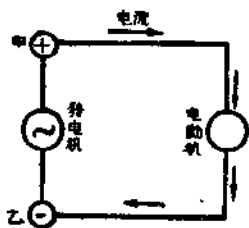


圖 1-2

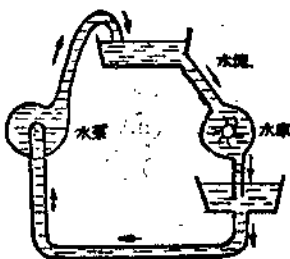


圖 1-5

流過水管中水的數量，可以用流量表來測量，同樣流過電路中電流的大小，也可以用電流表來測量。電流的單位一般為「安培」，或簡稱「安」，常用符號 A 來表示。

水管中水压的大小可以用壓力表來測量，同樣電路中電壓的大小，也可以用電壓表來測量。電壓的單位一般為「伏特」，或簡稱「伏」，用符號 V 來表示。

水車旋轉所發生的功與作用於其上的水压和流過水量有關，可用水流量和水压來計算。同樣電路中電動機所產

生的功与电压和电流有關，可用电压和电流來計算。功的單位为「瓦特-小時」，或簡称瓦-時，用符号 WH 表示。

从物理学中我們知道：在某單位時間內產生的功叫做功率。在直流电路中功率(瓦) = 电压(伏) $\times$ 电流(安)。电的功率單位为「瓦特」，或簡称「瓦」，用符号 W 表示。

上述各种單位在实际应用上，往往嫌其过小，而以一千倍(K)計算，如千伏(KV)，瓩-時(KWH)，瓩(KW)。在特殊大型的电力設備的表計上，用千倍尚嫌过小，而採用百万倍(M)作为單位，如兆瓦(MW)，兆伏(MV)。

在試驗室中，安、伏、瓦这些單位，又往往嫌其过大，而取千分之一(m)作为單位，如千分伏(mV)，千分安(mA)，千分瓦(mW)。在特殊精密的电气試驗中，甚至以百万分之一(μ)作單位，如百万分之一安(μA)，百万分之一伏(μV)。

第 4 節 直流电和交流电

在圖 1-3 中，水泵旋轉時所產生的水流方向，始終保持不变，圖 1-2 中电流的方向也和这种水流的方向一樣，保持不变，因之称为直流电。蓄電池和發電机的勵磁机所產生的电流，都是直流电。

如將圖 1-3 的水泵按照圖 1-4 所示的方法改造，則当皮帶輪向一个不变的方向旋轉時，水泵活塞將上下運動，使水在管中忽而向一个方向流動，忽而又向相反的方向流動，形成交变的現象。交流电在導綫中的流動，正和這種

水流一样，忽前忽後改变其流动方向。

顯然水在管子中前後流动的速度(也就是数量)，在每一个瞬間都是不同的，例如活塞在 1 的位置時，管中水不流动，在 2 的位置時，水向右流动的速度最大，在 3 的位置時水又停止，在 4 的位置時水向左流动的速度最大，回到 1 的位置時，水又不動，以後就如此重複变化不已。交流电在導綫中的流动正和这种水流一样。如取縱座标代表每个瞬間的水流速度(或电流)，横座标代表皮帶輪的位置(或時間)，則得出如圖 1-5 所示的曲綫，这条曲綫用三角可以証明它是正弦曲綫。

电流正、反变化一次称为一个週波。一秒鐘內电流变動的週波數，称为頻率。我國、苏联、日本、歐洲大陸各國以及英國都是以 50 週波作为工業及生活用电的标准頻率。但美國則用 60 週波。

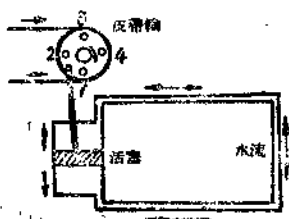


圖 1-4

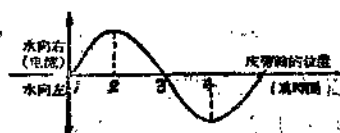


圖 1-5

第 5 節 導體和絕緣體

水在水管中流动，电在導體中流动，虽彼此相似，但是管子必須是空的，水才能在其中通过，而導綫是实的，

無需鑽孔，電即可在其中流動。這種可以流過電的物體，我們叫它為「導體」。有些金屬如銀、銅、鋁、通過電流比較容易，就叫「良導體」；有些金屬通過電流比較困難，如鋼、生鐵、就叫「非良導體」。

管子的作用是使水能在一定的道路中流動，如無管子，水必將到處亂流，這是我們很熟悉的現象。電也是一樣，必須有一種不過電的（或過電非常微小的）物體，如紙、絲綢、布、橡皮、雲母、磁、玻璃、油等，把導線包起來或支持起來，否則就會走電。這種能隔絕電的東西，叫做「絕緣體」。

如用電子學說來解釋，導體具有良好導電性能的原因是導體的原子都有不穩固的外圍電子，這些電子容易離開自己的軌道；而絕緣體的電子，則緊密地靠在原子核的周圍，不易自由地離開原子，因而不能導電。

第 6 節 電阻、電導和歐姆定律

（一）電 阻

水在管中流動，管壁很明顯地有一種阻力，長而細的管子，阻力就大，管壁粗糙與否，也影響阻力的大小。導線對電的阻力，也有同樣的現象。長而細的導線阻力就大，不同材料製作的導線，阻力也不相同，這種阻止電流通過的阻力叫做電阻。電阻的單位為「歐姆」，或簡稱「歐」，常以符號 Ω 表示之。

導線的電阻可由下列公式計算：

$$R = \frac{\rho \times l}{s}$$

式中 R ——導綫的电阻(歐);

ρ ——導綫的电阻係數, 因不同材料而異, 各種物質的电阻係數見附表 1-1;

l ——導綫長度(公尺);

s ——導綫截面(平方公厘)。

各種物質的电阻係數表 附表 1-1

導 綫 的 材 料	电 阻 係 數 ρ
銀	0.016
銅	0.0175
鋁	0.03
鐵	0.06
鈹	0.13
鉛	0.20
水銀	0.94

(二) 电 導

導綫對於电流有一種阻力, 前面已經講過, 但是我們還必須注意, 導綫不但有阻力, 同時還具有引導电流通過的能力, 這種能力叫做電導。

導綫具有的电阻愈大, 它的電導就愈小, 也就是引導电流通過的能力愈小; 反之, 導綫的电阻愈小, 它的電導就愈大, 也就是电流愈容易通過。所以, 电阻和電導是互相關為倒數的, 即

$$\text{電導} = \frac{1}{\text{电阻}} = \frac{1}{R}$$

电導的單位为[莫]，这是由英文字歐姆(ohm)的倒拼而成的(mho)。

(三) 歐 姆 定 律

在直流电路中，电压、电流和电阻都是同时存在的，三者中间有一定的关系，这种关系就是欧姆定律（是学者欧姆发现的）。

$$\text{电流(A)} = \frac{\text{电压(V)}}{\text{电阻(}\Omega\text{)}}$$

$$\text{因此电阻(}\Omega\text{)} = \frac{\text{电压(V)}}{\text{电流(A)}}$$

$$\text{电压(V)} = \text{电流(A)} \times \text{电阻(}\Omega\text{)}$$

第 7 節 电阻的联接

电路中的各个电阻，可以互相联接成串联、并联和複联。

(一) 串联:就是把各个电阻的首尾联接起来，而成圖 1-6 所示的电路。

由几个电阻串联着的电路的电阻，等於各个电阻之和

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

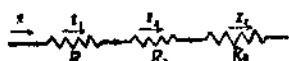


圖 1-6

串联电路中各段的电流都相同，即

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

(二) 并联: 把各个电阻的首尾两端分别接在一起(如圖 1-7)即成并联。

从圖 1-7 可以看出，各支路的總電導等於各支路電導之和，即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

因此

$$R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

倘並聯的電阻均相等，則總電阻 R 等於——支路電阻 R_1 除以支路數 n ：

$$R = \frac{R_1}{n}$$

从以上公式証明，電阻並聯時，總電阻減小，而總電導增加。

在並聯電路中，流向分支點 A 的電流（見圖 1-7）經過 A 點後，分為三路繼續流去。流向分支點 A 的電流 I ，恰等於从該點流出的電流之和：

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

設分支點 A, B 之間的電壓等於 V ，則根据歐姆定律：

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3}$$

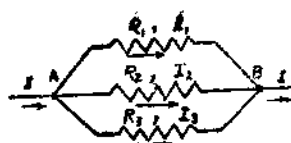


圖 1-7



圖 1-8

路多半是複聯。

(三)複聯是以上兩種
種聯接方法的組合，
圖 1-8 是複聯的一個
例子，日常遇到的電

第 8 節 電 壓 降

在自來水管的系統中，我們知道靠水泵或水塔愈近，水压就愈高，反之水压則愈低。这是因为一部分压力为了維持水流而消耗於水流与管壁之間的摩擦力。水流愈多，压力降低就愈大。倘使水管中的水不流動，則不論水管的何处，压力都是一样。电路中与水管的情形相似。为了維持电流在电路中流过，也要消耗一部分电压，这种消耗的电压謂之电压降。

在圖 1-9 中 A, B 处的电压为 $110V$ ， AC 和 BD 兩段導線电阻相等，都是 0.1Ω ，在电路中有 $5A$ 电流流过，則根据歐姆定律

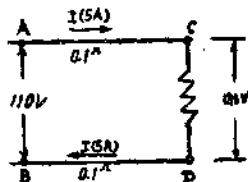


圖 1-9

AC 之間的电压降 = AC 之間的电阻

$$\times \text{电流} = 0.1 \times 5 = 5V$$

BD 之間的电压降 = BD 之間的电阻 $\times$ 电流

$$= 0.1 \times 5 = 5V$$

因此在 CD 处的电压只剩下 $110 - 5 \times 2 = 100$ 伏，降低了 10 伏。