

电机常識問答

陸 鶴 壽 編



上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书利用問答的方式来介紹电机(发电机和电动机)的常識,共包含問題 125 条,除一部分是工作原理外,都是发电机和电动机的切身問題。解釋用答話的語气,閱讀起来更是方便,亦更容易看得懂。

讀者可以从本书領会到电机主要的原理和特性,并且更重要的,能够了解怎样选择电机和怎样运用电机。

电 机 常 識 問 答

陸 鶴 壽 編

*

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海市印刷六厂印刷

*

开本 787 × 1092 1/32 印张 3 12/32 字数 74,000

(原交流、科技版共印 103,020 册 1953 年 11 月第 1 版)

1958 年 10 月新 1 版 1963 年 12 月第 5 次印刷

印数 147,001—164,000

統一書号: 15119 · 45

定 价: (十二) 0.40 元

前 言

电机不但是电力工业的主要組成部分，还是每一个工业的原动設備，应用的广泛可以首屈一指。在今日祖国大規模經濟建設时期，电机的数量将随着建設上的需要而大量增加。在各种工业各个部門工作的人員遂需要更多的电机常識，以便在增产節約的目标下，提高生产的质量。这本书的主要讀者对象就是一般与电机有关的工作者。他們都可以从单独一本书，领会到电机主要的基本原理和特性，并能了解怎样选择电机和怎样应用电机。

这本书利用問答的方式來說明問題，可以做到“簡明扼要”四个字。解釋用了答話的語气，閱讀起来更是方便，更容易看得懂。对于科学书籍說起来，这亦可算是特点。

至于这本书的范围，是比較广泛的，所有电机的实际問題都已談到，但是离开“包罗万象”还是远得很呢。本书共包含問題 126 則，除一部分是工作原理（象第一章的內容）外，都是发电机和电动机的切身問題。

本书欢迎批評。

陆鶴寿謹識 一九五三年十月

目 录

前言

第一章 基本电磁原理	1
問題 1 到問題 31	
第二章 直流电机	34
問題 32 到問題 55	
第三章 交流电机	53
問題 56 到問題 97	
第四章 电机的一般性問題	87
問題 98 到問題 125	

第一章

基本电磁原理

发电机和电动机是以电生磁和磁生电的基础工作的。这一章就用简单的方式；扼要地介绍几种电的、磁的和电磁的基本原理。重要的电路测量亦包括在本章以内。

1. 电力工业是基本建设的一部分，但是我还不了电是什么？

为了要了解电和电流的作用，我们最好听一听科学家对于电的说法是怎样的。科学家认为世界上任何一样东西都是由电组成的，或者说，每一样物质中都实际有电存在。他们的学说总结起来就成了电子理论。

简单说起来，世界上每一种东西本来都是由原子组成的，而每一种原子又包括了一个荷正电的原子核和不同数目的荷负电的电子。这些负性的电子行动比较方便，经常环绕着原子核旋转，完全象行星环绕太阳行动一样。

你或者要问：各种原子有什么不同呢？有的，就是原子内电子的数目和分布情况都各不相同的。在平时，物质总是在电的中性状态（就是不荷正电，亦不荷负电），这时原子核的电量 and 电子的总电量相等的，亦就是它们保持着平衡。如果我们办法加一种推动力量，能够使电子排起队来，而在一定的

方向行动，那末在一条电导体的通路上，这样的电子运动就成了电的具体形式，能发出电的效应来。

2. 这种推动力量是什么呢？

在物质中的电子，平时总是在均匀分布的状态中，要使电子们行动，就需要加一种力，去强迫电子脱离原子体，并使它们在一定的方向流动。这种推动力就是电动势，通常亦籠統称作电压。根据事实，电压愈高，电子流动的数目就愈多。测量这个电压的单位就是伏特。

这种电压可以从不同的电源取得，还算方便。

3. 那末电压的电源是什么呢？

电压的主要电源有二种，就是电池和发电机。

电池的主要部分是二种不同的金属，浸在电解液中。这样的組織就能够将化学能直接变换成电能。

发电机利用一个导体在一个磁場中发生相对的行动，而产生电压，这里磁場可能是固定不动的，而由导体运动；或者相反的，使磁場运动而导体不动。結果則总是一样的。

4. 有了电压后，我們得到什么呢？

当一样东西加上了足够的电压后，就可以使电子流动。这种电子的流动就是电流。电流的测量单位是安培，所以它代表在一秒钟內一定数量的电子流动。

5. 你說用电的导体，它是什么？

每一样东西都可以算是电的导体。但是对于某一类物质，象銅、鋁、鉄和其他的金属，对于电子的流动特別容易。我

們對於容易傳電的金属，就称作导体。電綫和電纜就是导体最常見的形式。

6. 不容易傳导电的物质是什么？

不容易傳导电的物质亦很多，譬如橡皮、絲、棉、云母、瓷、玻璃、紙張、空气……等都是。这些物质几乎不能通过电流，所以它們是非导体，亦可以称作絕緣体或介质。絕緣体的电阻是极高的，它就阻止了电流的流动。

7. 电阻又是什么呢？

任何一样物质对于电子的流动有着不同的阻止力量，这种本能就是电阻。电阻的实用单位是欧姆；由于电阻常常很高，又有兆欧，代表 100 万欧姆。絕緣体的电阻量是极高的。一般导体的电阻有高有低，即使是最好的导体，它的电阻亦不是 0。

某一种导体究竟有多少电阻，直接与长度及面积相关。簡單的說，导体的长度愈长，电阻愈大；导体的截面积愈大，电阻才愈小。导体的质料如不同，电阻当然不同了，不过上述的关系总是正确的。

电阻还可以和水管中的摩擦阻力对比一下。在一条内部光滑的直水管里，水流起来很順利，水压力的損失就小。如果水管是弯弯曲曲的，内部很是粗糙，水压力就将显著的下降，水流同时变得緩慢了。同样的，良好导体对于电流是极有利的，电压亦不致受到多大的損失。不良导体的情况就不同了，电阻很高，电压在这里大量的下降。

在电路里，克服电阻消耗的电能都变成热发散了。

8. 我还希望知道电路是什么和怎样组成的？

我們是用了电流来傳遞電能的。要做到这一点，我們就要鋪好道路供給电子們流通。这种电流通行的道路就是电路，通常是由导体組成的。

图 2 就是简单电路的一种，包括一座发电机、一座电动机、一只开关和一系列的連接導綫。图 1 則是同一形式的水流系統，这里同样的包括一座水泵、一座水輪机、一系列的水管和閥門。

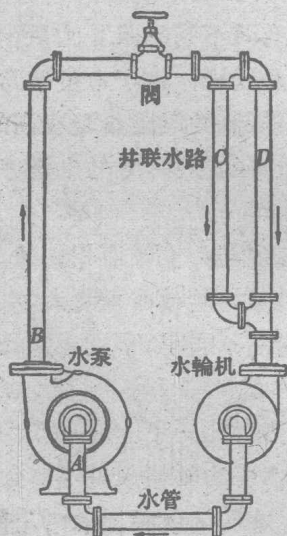


图 1 水泵、水管和水輪机組成的水路，傳遞水能。

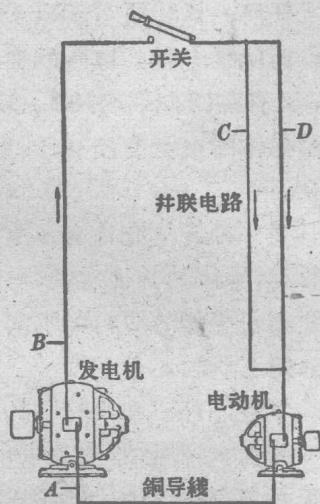


图 2 发电机、導綫和电动机組成的电路，傳遞電能。

先看水泵开始工作时的情况是怎样的。如果閥門是关着而管道中充滿水时，那末水泵就产生了水压力，可以随时使水流动。显然，閥門一开，水就因为受到了水压力立刻流出来，

經水管而到达水輪机。这个水輪机就可以用来推动其他的机件。当閘門再关时,水停止流动,水輪机亦随着不能轉动。在电路里的情况完全是一模一样的。发电机开动而开关未閉时,发电机只产生了电压,准备推动电子。开关閉合后,电流才在电路里流通,經過电动机时就使它旋轉起来。开关再开启时就切断电流,迫使电动机停下来。这二个图比一比:水泵的压力相当于发电机的电压,水的流动相当于电流的流动,水輪机相当于电动机……等,遙遙相对无一不同。

这样的电路是很简单的。如果在原电路上再加一支路,象图 1 和图 2 中的 *C* 和 *D* 二路,情形就开始复杂起来,因为电流有了二条路可以流通了。水路的情况亦是一样,不必細說了。在实际应用上,一座发电机常常同时推动很多座电动机(各有自备开关),或者同时燃点成千成万盞电灯。这种电路的构造就很复杂了。

9. 据說磁和电很有关系,請問它們之間最重要的关系是什么?

电和磁間的关系的确是很重要的,亦是很有趣的。对发电机和电动机說起来,这一点尤其突出。現在分二点來說明这个問題。

第一点,电流可以产生磁。事实上就是任何一条导綫通了电流,就有磁場环繞着导綫。导綫繞成了綫圈的形式后,磁場仍旧象图 3 一般,在綫圈的内外存在。这个磁場的强弱直接与导綫中流通的电流强弱相关,圈数多和电流强就可以产生强力的磁場。如果我們再在这个綫圈里加进一个鉄心,这个磁場还可以大大地提高一下呢。这完全是因为鉄有着一种特殊的性能,使磁場在鉄內可以极容易地建立起来,假使我們

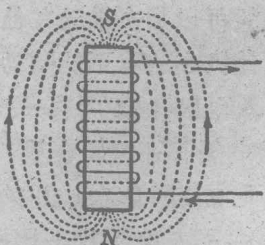


图3 简单线圈通电流后，产生一个磁场。如果这线圈中加进铁心，磁场就大量增强。

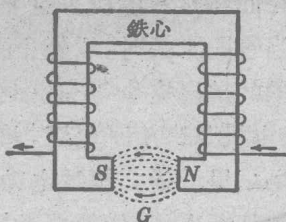


图4 马蹄形铁心的二边各绕上线圈通电后，可以在空气隙产生一很强的磁场。

将铁心和线圈照着图4的形式组织起来，奇怪的是磁场将全部限制在铁心内部，并在G端的空气隙通过。在这些图中，符号N和S分别代表电磁铁的北极和南极，同时还指明一般磁场的方向。至于在南极和北极之间的力量，则是吸引性质的。

电和磁的最重要关系的第二点，就是在磁场中移动一个导体时，就会在这导体内产生一个电压。这种现象可以参照了图5来说明。这里的磁场是在南北极间的空气隙中，导体C则在上下方向运动，磁场方向是由北极到南极。当导体向

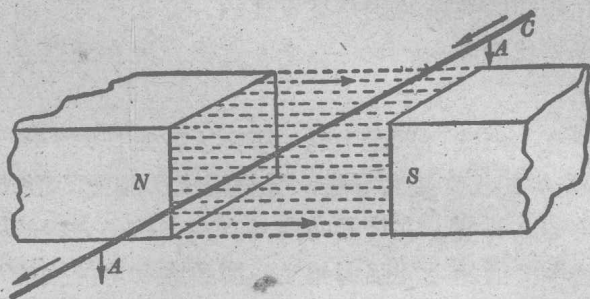


图5 一条导体在磁场中移动时，就在这条导线产生一个电压。这个电压的方向由磁场方向和导体运动方向决定。电压的强度由导体运动的速度和磁场的强度决定。

下 AA 方向移动时，导体里就产生一个电压，使电流在电路接通后照着箭头方向流动。在原則上，磁場愈强和运动愈快，都使产生的电压愈高。

如果导体不动而将磁場向上移动，我們亦可以得到同样的电压。这点亦須說一說明的。

10. 常用的电流有几种？

現在常用在生产等各方面的电流可以分成二大类，就是直流电流和交流电流。

在直流制里，电压总維持在一个固定的数值，而电流亦只在一个方向流行。

在交流制里，电压和电流都是有規律地从一个方向（正方向）变换到另一方向（負方向），并且可以从正的最大点变到負的最大点。

图 17 就是用波形来表示交流和直流的性质。直綫代表直流电的数值不变性。而正弦形弯弯曲曲的波形代表交流电的数值不断的变动。在 0 坐标以上的綫条是正值，而 0 坐标以下的部分是負值。不論是电压还是电流，都是用同样的方法表示的。

11. 电压究竟怎样才能产生出来？

这是一个很复杂的问题，这里只能简单說一說。图 6 就是一座发电机簡化的符号图。现在先用直流电通过綫圈 W ，以便在南北两极的空隙間产生一个强的均匀磁場。在这个磁場中，用一根导綫繞成一个单圈 1，并使这个单圈能够以 XX 軸为中心而旋轉。单圈的二端則分別接到滑环 SS 上，电刷 BB 接触滑环后，就可以将发出的电流引导出去，到 A 点組成一个

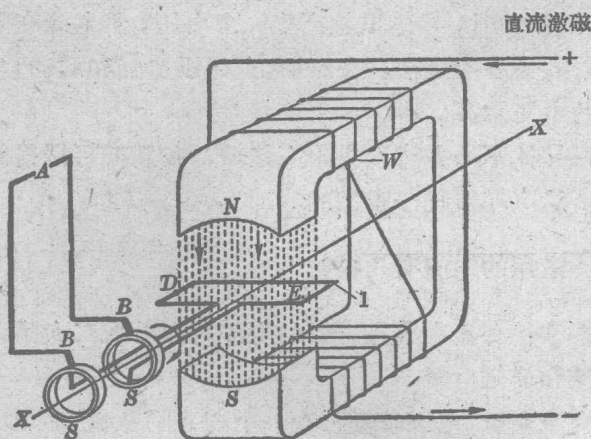


图6 单相旋轉電樞交流发电机的原理图。馬蹄形鉄心的綫圈通直流电流后,就在空气隙产生一个磁場,导体割切磁場就产生一个电压。

完全的电路。当这个单圈旋轉时,它的D和E两部分間,就有一个电压产生出来,这个电压驅使电流向外流到A(如果A不成通路,就沒有电流的)。

图7是四幅簡化图,分別代表单圈在磁場中的不同位置。現在我們要假定单圈是在等速度旋轉着,它的方向由圓形箭头表示。为了解釋的便利,这里只談单圈上有黑点的一边导体。在开始位置上,电压是零,因为这一部分导体的行动恰和磁場成平行。但是在单圈旋轉后,慢慢地这部分导綫斜过磁場而割切愈来愈多的磁力綫。到了“1/4周”的位置时,这部分导体橫切磁場,得到最大的电压。此后,在“1/4周”和“1/2周”間,割切的磁力綫变得愈来愈少了,电压亦逐漸下降,达“1/2周”位置即得0电压。繼續旋轉的結果,就使电压在反方向升到最大(在“3/4周”的位置),再降到0,符合起始点的情况。

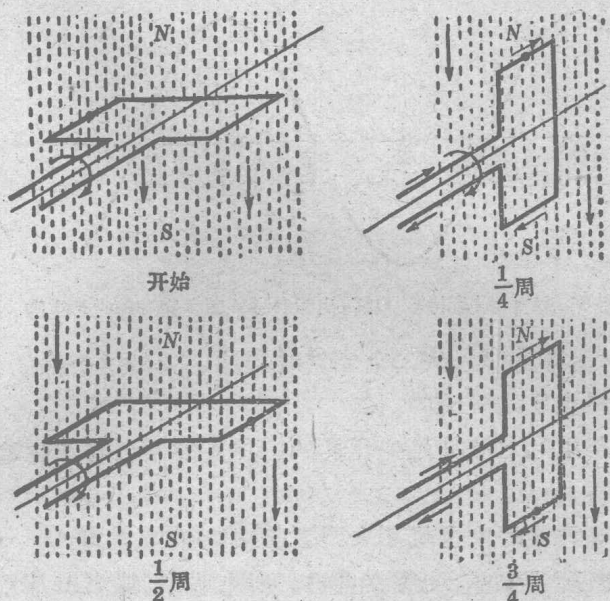


图7 磁場中单圈导綫在不同位置的图示,补充图6的不足。

归纳起来,导体在一对南北极間旋轉时,就产生一种周期性的电压,从0值开始,升到最高,再下降到反方向(負值的)的最大值,最后回到0值。图7中未标黑点的导体是这个单圈的另一边,在通过磁場时,照样亦有电压产生出来,只是方向是反的。这二部分导体的电压相加起来,就組成单圈实际有的总电压。

再看图8。这里是电压的波形图。这样的图形可以明显的表示出任何瞬时的电压值,在横綫上是正的,在横綫下是負值。如果我們把上述的說明与这条波形相对照一下,就很容易明了实际发电的情况了。我們称这一类的波形是正弦波,而交流发电机的电压波形都是如此的。图中正弦波共有二个

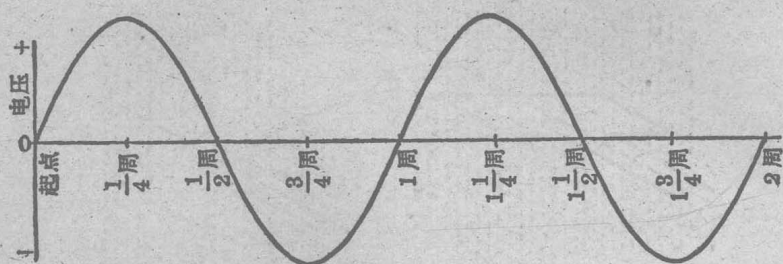


图8 这是单相正弦波电压,由图6的单圈导线旋转时产生的。

完整循环,亦就是代表二个完整的周波。为了这个缘故,我们称这一类电压是交流的。

电路里的电流亦是变化性的,并且亦遵循着正弦波形态变动。

图6这样的发电机用专门名词来称呼起来就是一座二极、单相、旋转电枢、交流发电机。所有磁场、绕组及铁心综合起来是这座发电机的“磁场”,而产生电压的旋转的单圈是“电枢”。

如果这电枢的旋转速度是每秒钟50次,我们就得到图8的波形,每秒钟50个全周波。这种电压遂是50周电压,它驱动的电流亦是50周的。

12. 怎样才能算是二相发电机呢?

简单说,二相发电机就是二座单相发电机合并起来的。图9就是二座单相交流发电机的符号图,所有磁场部分已经简略而没有画出来。这二个电枢须装在同一个旋转轴上,方才能使它们照一样的速度和一定的位置(保持互成直角)旋转。我们对于连接到电路负荷B的一座单相发电机称作第1相,因为它的电枢恰能产生最大的电压。另一座接到电路负

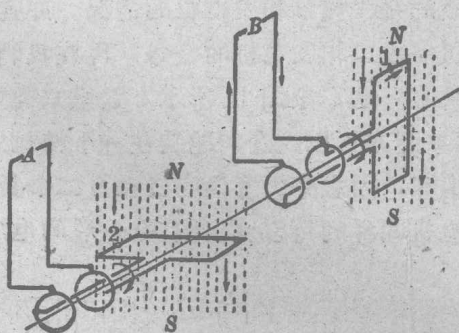


图9 两只简单的发电机；它们的电枢线圈互成直角，
在同一个轴上旋转，磁场强度亦是相同的。

荷A的单相发电机是第2相，因为在同一瞬时，它的电压是0。过了 $1/4$ 周以后，第1相电枢产生的电压是0，但是第2相的电压却能升达最大值，这无非因为这时第2相恰恰占据了第1相以前的位置了。第2相就老是这样跟着第1相旋转，总“落后”于第1相 $1/4$ 周波。

这样的工作情况，如果要用文字来叙述将较冗长，所以还是借重波形图来得简单明了。图10就是二相电压合画在一起的波形图。第1相和第2相的形状和大小都是一般无二的，只不过二个波在时间上差了 $1/4$ 周波而已。

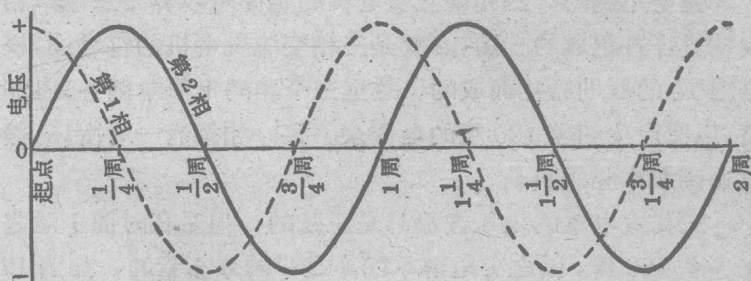


图10 照图9的排列法产生的电压波。这亦是二相电压波。

上面所說的是二座单相发电机的情况，亦就是利用了二座单相发电机完成二相发电机的任务。現在我們要把二座单相发电机合并在一起，象图 11 所示。这里只需要一个磁場了，二个电樞单圈亦可以成直角地装在一个轉軸上，但是仍旧保持自己的滑环，因之亦仍可供应 A 和 B 二个負荷。这样的二相交流发电机同样的可以发出图 10 一般的电压来。

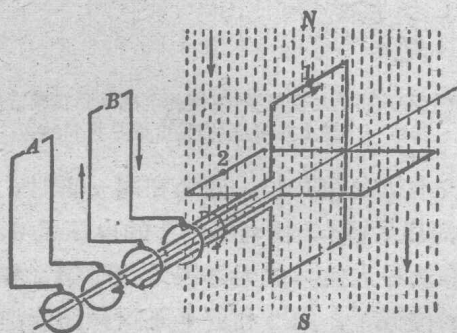


图 11 当两个单相交流发电机的电樞单圈合并在一起而在同一个磁場旋轉时，即成二相交流发电机。

13. 三相交流发电机是不是亦根据同一个原則組成的呢？

完全正确的，三相交流发电机的确亦可以算是三座单相发电机合并組成的。图 12 就是三相交流发电机的符号图，根据图 11 的原則胎化而成的。这里三个相的电樞单圈各差 120° 度，以便产生相差 120° 度的电压来。每一相都有一对滑环，經电刷接到本相的負荷。

三相发电机的电压波形都是正弦的，但是在時間上說起来各差 120° 度，因之各电樞单圈亦是平均分布着的，如图 12 所示。当第 1 相的电压将近正的最大值时，第 2 相的电压恰

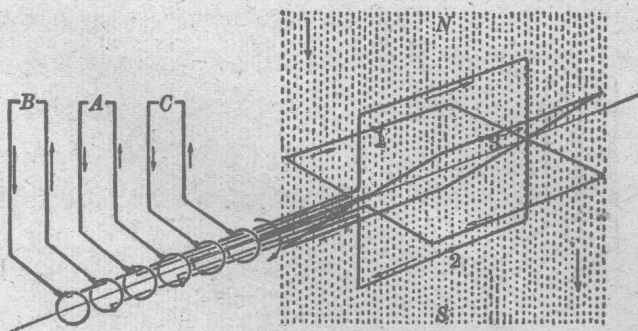


图 12 三个单相交流发电机的电枢单圈合并在一起而在同一个磁场旋转。各电枢单圈所产生的电压经各自的滑环引出到个别的负荷。

是負的最大值，而在这个同时，第 3 相的电压正在下降路途中。图 13 就是这样电压的波形图。

图 12 所示的结构在原則上說明三相发电机是有帮助的。但是实际情况并不是这样的。請看图 14，并和图 12 比較一下，滑环数目已經減半了，而三个分开的电枢单圈亦已經連接成三組，分別代表三个相。这样簡化的結果，就只需要从这发电机引出三条綫来，每一条綫都由二相公用，亦就是，每一对綫的作用完全和单相发电机一样，但和其他二相不起干扰。負荷的接法亦可以象图 14 所示，不必分开接綫。

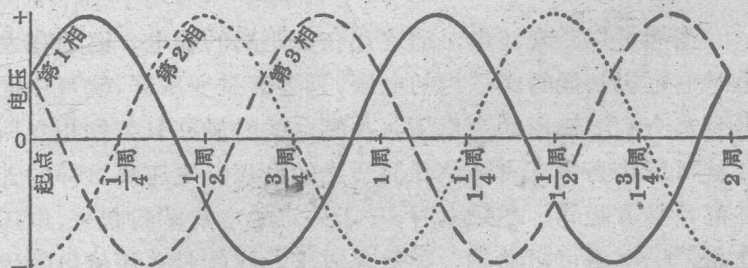


图 13 三相交流发电机的电压波形。各曲线都是正弦形，并各差 120 度。