

中等 职业技术教育教学参考书 · 基础电子学教程

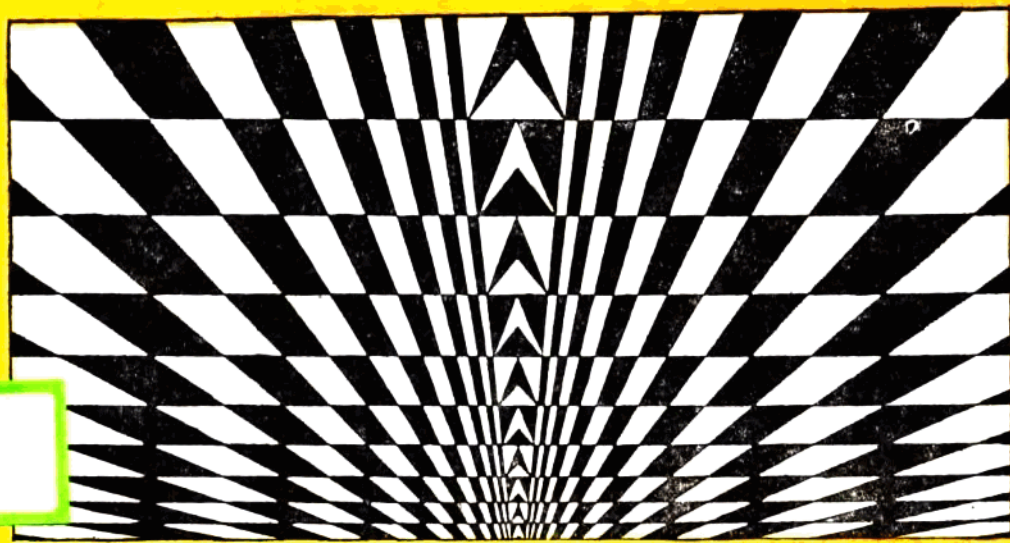
电工基础

下 册

★ 荷兰飞利浦工业有限公司 编著

★ 沈大林 张彩绵 杨 帆 译

DIANGONG JICHU



高等教育出版社

内 容 简 介

本书是荷兰飞利浦工业有限公司编著的职业技术培训教材,系联合国教科文组织向我国职业中学推荐的教材之一。

本书的教学方式与传统的以讲课为主的方式有所不同,以自学为主,突出职业技能培训。每课编写均包括理论、实验、练习和自我测验几个部分,学生在自学的基础上,辅之以教师的讲解和解答问题,通过实验、练习、自我测验等教学活动,以巩固其所学知识。

《电工基础》分上、中、下三册。下册主要内容有磁学、电感线圈、滤波器、调制信号及全书总复习等。

本书可供职业中学、技工学校电子电器类专业师生学习参考,也可供电子类企业职工培训部门使用,还可供职业教育部门研究参考。

中等职业技术教育教学参考书

基础电子学教程

电 工 基 础

下 册

[荷兰]飞利浦工业有限公司编著

沈大林 张彩慈 杨 帆 译

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 13.25 字数 320 000

1989年 9 月 第 1 版 1989 年 9 月 第 1 次印刷

印数 0001—1 750

ISBN 7-04-000544-1/TN-100

定价 3.60 元



译者的话

《基础电子学教程》是荷兰飞利浦工业有限公司编著的职业技术培训教材，系联合国教科文组织向我国职业中学推荐的教材之一。内容包括电工基础、元器件、模拟电子技术和数字电子技术四部分，每一部分除教材外，还配有相应的教师用书。

本教程内容的选取针对性强，以定性分析为主，图文并茂，浅显易懂，并将有关的数学、物理等知识与电子学的基本内容融为一体，突出应用；理论、实验和练习交替编排，大大加强实验环节，强调培养学生的动手能力，突出职业技能训练；教学方式以学生自学为主，教师只作必要的指导说明，一改传统的以教师讲授为主的教学方式，充分调动学生的学习积极性；书中编入大量的练习题和自我测验题，命题灵活、形式多样，避免繁琐的计算等。

为了有利于我国职业教育部门和职业中学吸收国外职业教育经验，我们将本教程的第一部分——《电工基础》和相应的《教师指南》翻译出版，供有关方面借鉴参考。

《电工基础》原书共七册，译后将第一、二册合订为上册，第三、四册合订为中册，第五、六、七册合订为下册；相应的教师用书原有课文的指导说明、实验指导书和阶段测验题三册，译后将其合订为《教师指南》一册。

在翻译过程中，我们尽量使译文保持原意，以不失原书的特色。

对原书中的错误，我们一一加以改正。为避免重复，对原书中的辅助用表，我们作了适当的删减。原书中七次阶段测验均留出课节序号，但其内容却编在教师用书中，致使教材中课节序号不连贯，翻译时，这七次阶段测验的课节序号不再保留，而用其后的课节依次递补，从而对课节序号作了相应的调整。为排印和阅读方便，给全书的图表编了号码。在不失原意的情况下，根据我国国家标准重新绘制了插图。

参加本册书翻译的有沈大林（第四十一课至四十七课），张彩颀（第四十八课至五十三课），杨帆（第五十四课至五十七课）。

由于时间仓促，水平有限，译文中难免有不少错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

译者

1988年2月

目 录

第四十一课	磁学	1
第四十二课	变压器	10
第四十三课	线圈的自感	20
第四十四课	电感器和交流电压	29
第四十五课	LR 电路	39
第四十六课	电感线圈中电流的上升和下降	50
第四十七课	复习	59
第四十八课	RC 滤波器和 RL 滤波器	71
第四十九课	RLC 串联电路	85
第五十课	RLC 并联电路	96
第五十一课	带通滤波器和带阻滤波器	106
第五十二课	已调制信号	117
第五十三课	复习八	127
第五十四课	总复习一	143
第五十五课	总复习二	162
第五十六课	总复习三	182
第五十七课	总复习四	196

第四十一课 磁 学

磁铁

我们将在后面的课程中讲述线圈和变压器。在此之前，应对磁学有所了解。磁铁作为一块能够吸引铁和钢的金属，最初仅能在自然界中找到。这种自然界中的磁铁叫永久磁铁。我们现在也能够人工制造永久磁铁了。

如果磁铁是条状的，我们叫它条形磁铁。如果从这种磁铁的中心把它悬挂起来，则它近似地指向南-北，如图 41-1 所示。指北的一端叫北极，指南的一端叫南极。以后，我们用图 41-2(a)

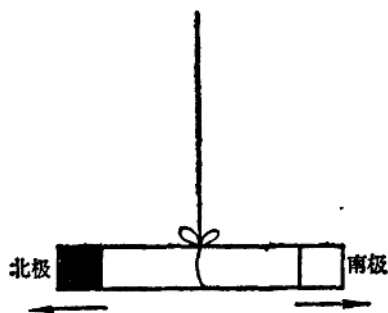


图 41-1



(a)

(b)

图 41-2

表示北极；用图 41-2(b)表示南极。我们能够用一对磁铁来检验磁极的属性。如果把它们相互靠拢，我们将看到：

同性的极相互排斥，异性的极相互吸引。

因为地球本身起着一个大磁铁的作用，所以悬挂着的条形磁铁指向南-北。在靠近地理上的北极处，有一个磁的南极；在靠近地理上的南极处，有一个磁的北极。应用这一性能的一个例子是指南针，如图 41-3 所示。

指南针里面有一个小的旋转磁铁，例如我们能够用它来确定刮风的方向。

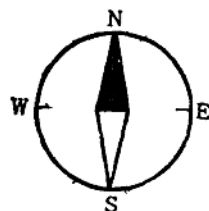


图 41-3

磁场

如果我们把一个小指南针放在一块比它大得多的永久磁铁附近，磁针所指的方向将取决于

大磁铁的位置,如图 41-4 所示。

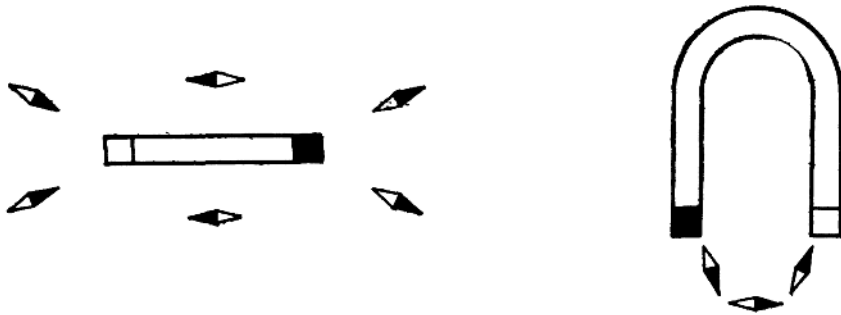


图 41-4

我们甚至可以用一些铁屑较好地把这显示出来。以后我们将余看见,当铁屑靠近磁铁时,它们的表现就象极小的指南针那样。在用铁屑做实验时,我们在桌上放一块永久磁铁,并在其上放一片玻璃或一张硬纸。然后,仔细地撒上一些铁屑,如果需要可以轻轻地敲击玻璃或硬纸,就会显示出图 41-5 所示的图形来。

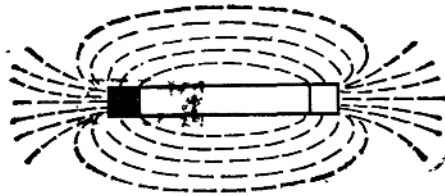


图 41-5

磁铁对指南针或铁屑的影响意味着有**磁场**存在。

磁力线

我们将稍微简化地再画出铁屑的图形,如图 41-6 所示。图中的线给出了铁屑相互粘接的位置,线上的箭头表示放在那里的指南针的北极应指的方向。

在远离磁铁的地方,很难觉察出它在吸引铁。我们仅能在磁铁附近看到这种吸引。我们说,在显著吸引小铁块的磁铁周围存在**磁场**。这里,好象有什么东西在磁场中从北极走向南极。我们把这个东西叫做**磁通**。在图中画出的线叫**磁力线**或**力线**。磁场的概念只有在图中才能清楚地表现出来,磁力线是虚构的线,在磁铁的周围实际上是看不见它们的。磁力线上的箭头表示指南针北极将要指的方向。磁通用希腊大写字母 Φ 表示。

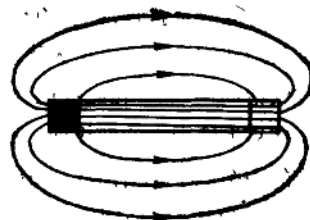


图 41-6

分割开永久磁铁

如果我们把一块磁铁从它的中央断开，会得到两块新的永久磁铁。如果再把这两块磁铁锯开，就得到四块磁铁。如果我们继续这样做，最后会得到极大数量的小磁铁，原先的那块磁铁就是由它们构成的。因此，可以认为永久磁铁是由极大数量的微小磁铁所组成。

我们也可以认为一块磁铁是由极大数量的小磁铁组成的。

我们把这些小磁铁叫做**基本磁铁**。在正常的铁中，那些基本磁铁处于相互交叉状态，没有一致的方向，如图 41-7(a)所示。因此对其周围不显磁性。



图 41-7

如果我们把一块铁放入磁场中，那些基本磁铁将被迫按相同方向排列，如图 41-7(b)所示。这时，它们组合起来的磁性在它们周围将很显著。我们说，铁已经被**磁化**，铁所起的作用好象它本身已经变成成为磁铁了。

当我们把这被磁化了的铁块从磁场中拿走时，那基本磁铁又返回到没有共同方向的状态。这时，我们说铁已经**退磁**了。有这种性能的铁叫**软铁**。还存在难于磁化和退磁的**硬钢**，一旦被磁化，它将永远保持有一些磁性。但打击、跌打和加热，可以使它退磁。

当一块软铁被永久磁铁吸引时，软铁先被磁化，然后与永久磁铁异性的极相互吸引。

电流的磁场

电流也能够产生磁场。如果有直流电流流过电线，在它的附近我们拿着一个指南针，针会偏转。针所指的方向仍旧依赖于它相对于电线的位置。为了说明这种情况，我们首先画出沿着线的横截面切割线所看到的東西。这样，实际上我们表明了电流进入纸和离开纸的情况。我们用箭头表示通过电线的电流的方向，如图 41-8 所示。

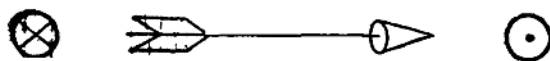


图 41-8

如果我们看到箭尾，则**电流**离开我们；用 \otimes 表示。如果我们看到箭头，则**电流**流向我们，用 \odot 表示。在图 41-9 中，我们用磁力线表示有电流流过电线时，指南针所指的方向。

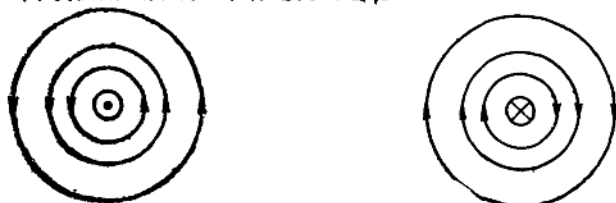


图 41-9

磁力线形成一些同心圆(有同一圆心的圆),如图 41-9 所示。

用围绕载流直导线的磁力线图可以说明以下规则。

若假想沿着电流的方向有一个右手螺旋,那么螺旋的旋转方向与磁力线箭头的方向相同,如图 41-10 所示。

载流导体产生的磁场的方向按照右手螺旋法则给出:

如果电流的方向与右手螺旋的方向相同,则磁力线的方向与螺旋旋转的方向相同。

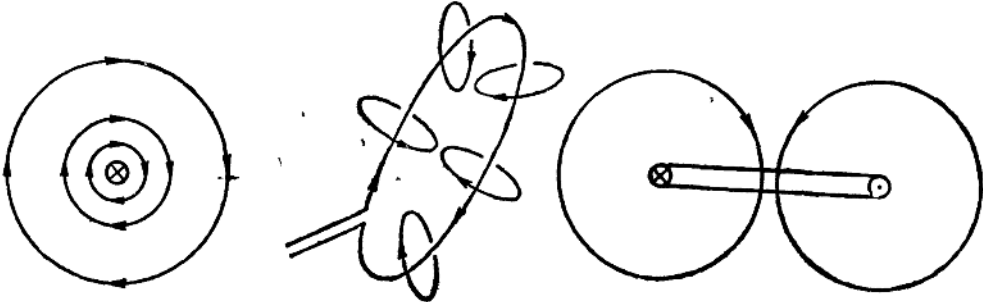


图 41-10 载流直导线

图 41-11

图 41-12

现在,如果我们把一根直的电线弯成一个环形,则磁力线也被弯曲,并呈现为绕着电线的一些圆环。

这可示意地表示如图 41-11 所示。

我们看到环内所有磁力线的指向都相同,环外的磁力线也如此。图 41-12 是环形导线横截面的示意图。

线圈

现在我们将考察由许多载流环一个接一个绕成的线圈。

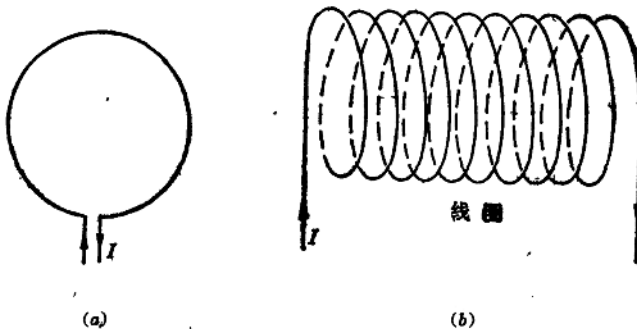


图 41-13

这个线圈的正视图和侧视图分别如图 41-13 所示。在正视图中,我们可以象对环形导线那样画出同样的磁力线。为了清楚地表明侧视图磁力线的路径,我们先画出上述线圈的水平横截

面,如图 41-14 所示。

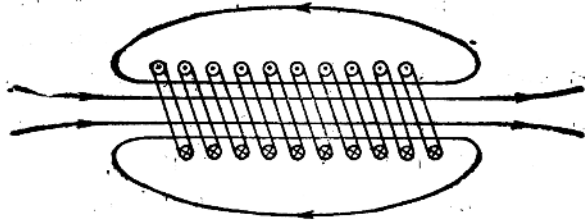


图 41-14

在线圈的横截面上,表示出载流导线的横截面,图中:

⊙表示电流流向我们;⊗表示电流离开我们。

图中也绘出了包围所有载流导线的大磁力线环。

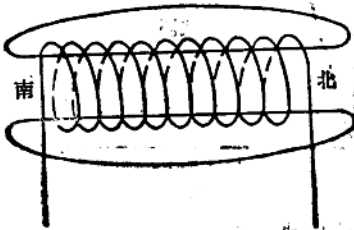


图 41-15

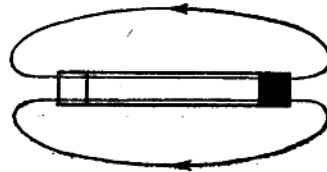


图 41-16

图 41-15 中,画出了线圈的一些磁力线。如果我们把这些磁力线与永久条形磁铁的磁力线(见图 41-16)相比较,可以看出它们是一样的。因此,由线圈形成的“条形磁铁”被称为**电磁铁**。电磁铁的北极将和条形磁铁的北极一样,能吸引附近的条形磁铁的南极。

线圈里边的铁芯

如果我们把一块软铁放入线圈,则对附近磁铁的作用力将变大许多倍。这个力能够很容易地增大数十倍或数百倍。磁场强度的增大是因铁的磁化所引起的,它是软铁构成的磁铁所产生的磁力线与线圈产生的磁力线之和。

带有铁芯的线圈也叫做电磁铁。电磁铁常应用于电铃,继电器,起重机。特别是那些在钢结构建筑中所使用的电磁铁,能够提升几吨的钢材。

实验一 用铁来强化磁场

把一个含有铁芯的线圈连接到直流电源,如图 41-17 所示。

很小心地增加电压,直到曲别针刚好被线圈吸引。从线圈里取出铁芯,你将看到这时曲别针不再被吸引了。

带铁芯的线圈还有一个重要的性质。我们已经知道,铁芯可以想象为由大量的基本磁铁所组成。如果我们把一块软铁放入线圈的弱磁场中,一些(但并非全部的)基本磁铁会排好。如

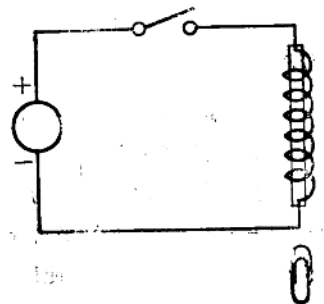


图 41-17

果我们增大流过线圈的电流，则线圈的磁场会变强。这就意味着铁芯中有更多的基本磁铁排好了，因此铁芯的磁场也变强了。如果我们继续增大电流，将会有全部基本磁铁都排齐的时候。

这时，我们说铁饱和了或处于饱和状态。如果我们仍进一步增大电流，由铁产生的磁力线将不再增多，于是全部磁力线将完全保持稳定。

我们可以用许多图来表明饱和现象，我们再扼要对此作一阐述。

如果我们增大没有铁芯的线圈绕组中的电流，磁通 Φ 将与电流 I 成正比例地增大，如图 41-18 所示。

如果把铁芯放入线圈，则同样的 I 值将产生大得多的 Φ 值。这是因为铁芯的磁场也在起作用

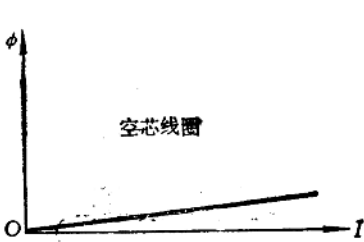


图 41-18

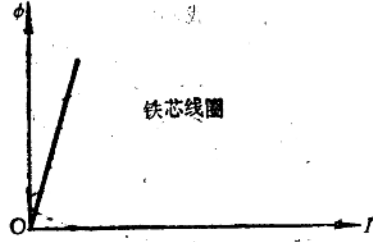


图 41-19

用的缘故。如图 41-19 所示， Φ 的初始值与电流 I 的值成比例地增加。

如果仍进一步增大电流，所有的基本磁铁最终将排齐。再增大电流， Φ 值将增加很少，如图 41-20 所示，可见铁芯已饱和了。

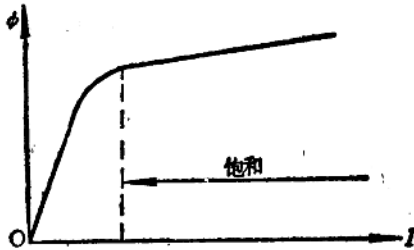


图 41-20

铁的磁力线不再进一步增加，仅有的增加系来自载流线圈绕组所产生的很弱的磁力线。

磁场间的力

我们知道磁铁间有相互作用力。其规则是：

同性的极相互吸引；异性的极相互排斥。

我们还知道电流的磁场也有相互作用力。此外，电流的磁场对永久磁铁有作用力。例如，如果我们利用一个指南针来研究一个载流导体的磁场，这种力就会发生。在考查电流产生的磁场力的时候，我们往往不能使用上述磁铁的极性作用规则。例如，对于一根载流线，可以采用下列规则：

磁场总是尽可能地靠近趋于重合。

下面是两个这方面的例子。

例 1

如果我们将一根铁条放在线圈的下面(见图 41-21), 并让电流流过线圈, 在它周围将产生磁场。这个磁场将使铁磁化。线圈和条形铁的磁场开始时不重合(见图 41-22)。上面规则指出, 它

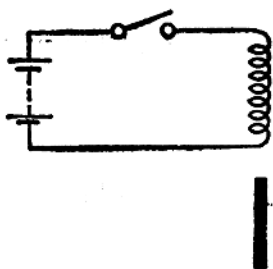


图 41-21

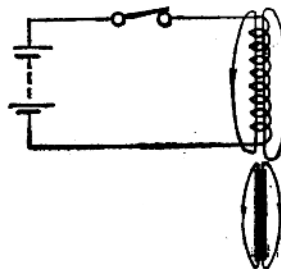


图 41-22

们将重合, 这意味着条形铁将被吸入线圈, 如图 41-23 所示。

例 2

如果相互靠近地放置两个平行载流导体(它们电流的方向相同), 它们的磁场并不重合。但

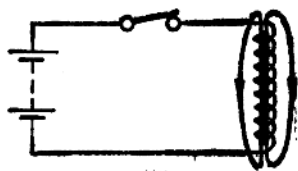


图 41-23

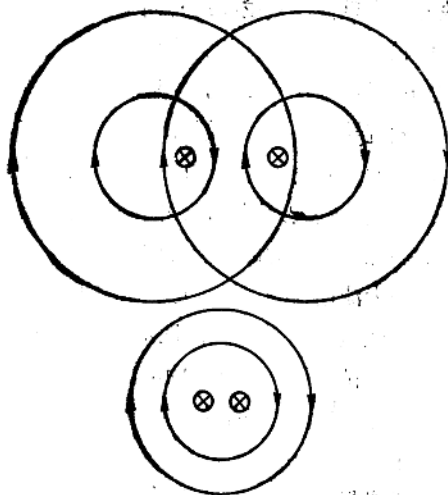


图 41-24

是, 导体将试图使它们的磁场重合, 这只有在两根导体本身差不多重合时才会发生。

因此, 两导体将互相吸引, 这是因为它们的磁场试图重合, 如图 41-24 所示。

注意

上例清楚地表明“同极性或异极性”的规则不能用来解释这种吸引力。

实验二:吸引铁进入线圈

把线圈接到一个直流电源,如图 41-25 所示。置电压为 0 V,最大允许电流为 100 mA。

把一个铁螺丝钉放在桌子上,要保证它恰好能塞入线圈。

增大电压,直到螺丝钉被吸进线圈。

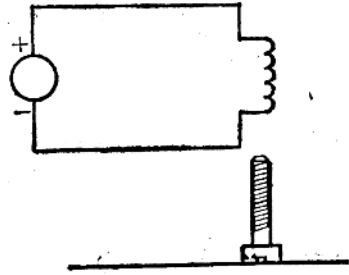


图 41-25

小结

- (永久)磁铁是一块能够吸引铁制品的钢或铁合金。
- 如果把一根条形磁铁由它的中心悬挂起来,则它的一端(北极)将近似指向北极,而另一端(南极)将近似指南极。
- 指南针里有一个可旋转的小条形磁铁,它指示南北方向。
- 同性的磁极相互排斥,异性的磁极相互吸引。
- 可以认为磁性材料是由大量的微小的磁铁——基本磁铁所组成,当材料没有被磁化时,它们所处的位置是相互交叉的。

磁铁的基本磁铁或多或少地排列一致时,在一端产生北极,在另一端产生南极。

· 由磁铁产生的磁性的强度叫做磁通,用字母 Φ 来表示。这种磁通在图上以磁力线来表示,有时也叫力线。这些线给出了指南针的取向,它指向北极。

- 一载流导线、环形线或线圈也有磁场,磁力线围绕着电流,它本身是完全闭合的。
- 电流的方向和磁通的方向与右手螺旋前进的方向和旋转的方向有相同的关系。
- 把一个铁芯放进线圈中,线圈的磁场就被磁化了的铁的增强了许多的磁场所加强。

· 如果增大流过铁芯线圈的电流 I ,则开始时磁通量 Φ 大约与这个电流成正比地增加,因为越来越多的基本磁铁排齐了。在更大的电流值时,铁芯饱和,而全部基本磁铁已经排齐, Φ 很少增加,如图 41-26 所示。

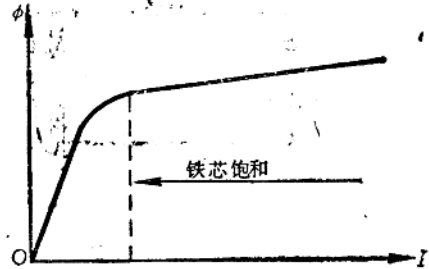


图 41-26

- 对于磁极,规则是异性性相吸,同极性相斥。
- 对于磁场,规则是磁场总趋于重合。

自 测 题

姓名: _____

班级: _____

1. 磁力线上画的箭头给出:

对指南针施加的力的方向。

对一个小的正电荷施加的力的方向。

指南针北极所指的方向。

对同方向流动的电流施加的力的方向。

○
○
○
○

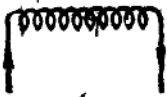
2. 画出图 41-27 中各电流的磁力线(加注箭头):



(a)



(b)



(c)

图 41-27

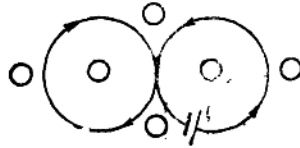


图 41-28

3. 电流通过的导线(8字形的线),如图 41-28 所示。

图中画了六个小圆,用在圆内画×或·的方法画出磁场的方向。如果没有磁场,则圆内就空着。

第四十二课 变 压 器

磁通

我们来复习上一课的一些要点。

- 有电流流过的导体总是被磁场所包围。这个磁场实际上形成一个围绕导体的“环”。我们常说这个场与导体相耦合。

- 磁场中有强弱，把指南针放入磁场便可检验出来。我们称磁场强度为磁通 Φ ，在图中

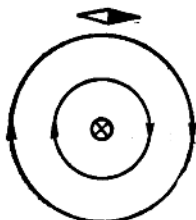


图 42-1

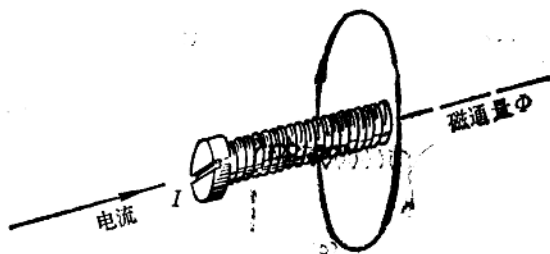


图 42-2

用磁力线表示。磁力线上的箭头给出指南针北极所指的方向，如图 42-1 所示。

- 电流与它相应的磁场的方向由右手螺旋定则给出，如图 42-2 所示。

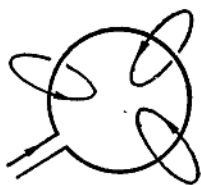


图 42-3

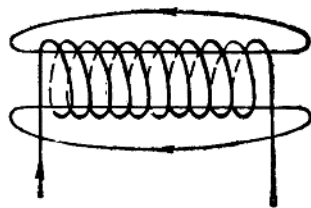


图 42-4

- 载流环形导线(也叫绕组或匝)也与磁场相耦合，如图 42-3 所示。

- 许多绕组构成一个线圈，这个线圈与磁场也相耦合，如图 42-4 所示。

- 把铁芯放入线圈，可使线圈的磁场大为增加。若增大通过线圈的电流，则铁芯最终将变为饱和。

电感

从前面的课文中，我们已经知道载流导体产生磁场。如果通过导体的是交流电流，导体也就与交变磁场相耦合。反过来也正确。如果我们前后移动绕组里的条形磁铁，则在绕组中将有交

流电流流动。

更精确地说:如果绕组与交变磁场相耦合,则在绕组中产生一个交流电压。这个电压又产生交流电流。这样产生的电压叫做感应电压或感应电动势(e. m. f) U_{ind} 。

磁场变化得越快,绕组中产生的感应电压越大。

注意,绕组必须是与变化的磁通耦合的,参看图 42-5。



图 42-5

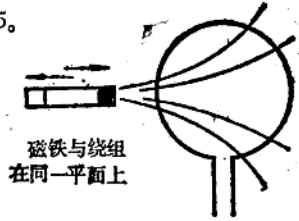


图 42-6

在图 42-6 所示的例子中,磁铁和线圈处在同一平面内,这里磁通与绕组不相耦合,因此前后移动磁铁不产生感应电压。

线圈是由许多绕组串接而成。如果线圈与变化的磁场相耦合,则每一匝上都产生感应电压 U_{ind} 。对于 n 匝的线圈,有 n 个感应电压相串联,因此总电压是每匝感应电压的 n 倍。

我们将用下面的实验来演示感应电压是如何产生的。

实验一:在变化磁场中的线圈

在这实验中,我们着眼于电感。为了增强磁场,我们用了带铁芯的线圈。

1. 把线圈接到示波器的 Y 输入。

将示波器置于:

时间/格: 20 ms

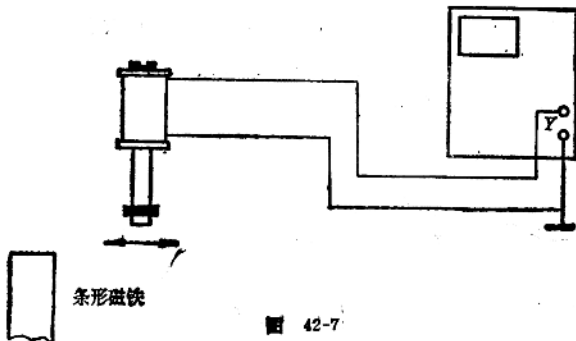
Y 增益: 10 mV/div

触发: 内部(INT)

X 偏转: 内部(INT)

开关: 直流(DC)

2. 快速地来回移动条形磁铁几次,使之经过线圈的铁芯,如图 42-7 所示。



因为在线圈中有小的感应电压,你将看见荧光屏上的光点上下移动。

变压器的原理

我们已经看到,变化的磁场在绕组里产生了感应电压(或感生电压)。变化的磁场是来回移动条形磁铁所产生的。产生交变磁场的另一种方法是将交流电压接到线圈上,如图 42-8 所示。接上正弦波电压,则线圈中将产生正弦波电流,同时有正弦交流磁场与电流耦合。

如果拿第二个线圈靠近,则正弦磁场会在第二个线圈中感应出电压,如图 42-9 所示。

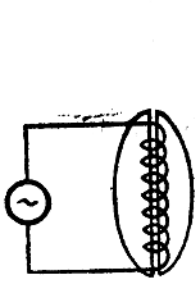


图 42-8

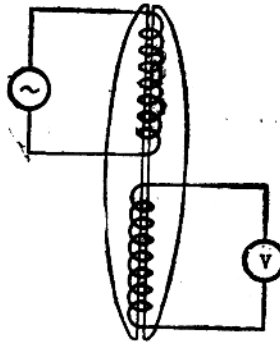


图 42-9

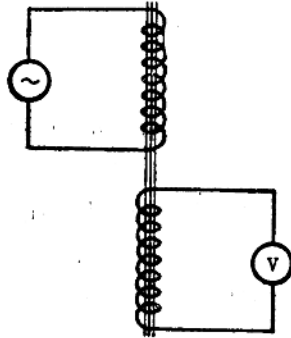
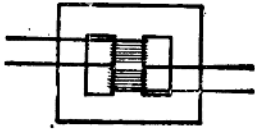
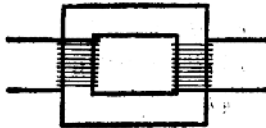


图 42-10

再次,简略地说:交流电流产生交变磁场,交变磁场感应出交变电压。这样,我们就做出了一个常用的器件:变压器。把铁芯放进线圈里,可使其性能大有改进,参看图 42-10 所示。



(a)



(b)

图 42-11

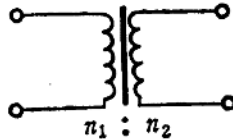


图 42-12

变压器有多种型式,例如图 42-11 中所示的是开口式[图(a)]和密闭式[图(b)]变压器。

第一个线圈叫初级绕组(或初级),第二个线圈叫次级绕组(或次级)。

变压器的符号见图 42-12。这个符号也有两个线圈,其上的垂直线表示铁芯。

初级和次级的匝数分别记为 n_1 和 n_2 。

实验二:变压器的原理

1. 把所给两线圈之一接到低频信号发生器。加上一个 5 kHz 的、约 10V 的电压(见图 42-13)。

2. 把另一个线圈接到示波器的 Y 输入,将示波器置于:

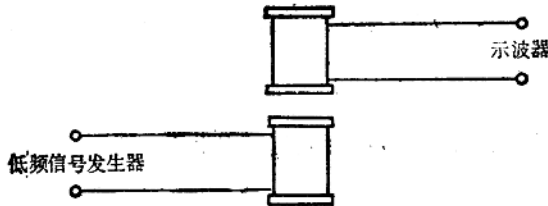


图 42-13

触发: 内部(INT)
 X 偏转: 内部(INT)
 时间/格: 0.1 ms
 Y 增益: 1V/div
 开关: 交流(AC)

3. 将两个线圈成直线地靠近放置。这时在示波器的屏幕上你将看见感应电压。
4. 在这两个线圈中放入一个公用的铁芯。感应电压会增大。
铁芯提高了这个小变压器的工作能力。

电压变换器(变压器)

线圈每匝中感应的电压相等, 因为每匝都与同一交变磁场耦合。例如, 若有一个 100 匝的线圈与交变磁场相耦合, 则感应电压 U_{ind} 将 100 倍于一匝上所感应的电压。变压器次级的圈数越多, 则次级上的电压越大。

同理, 变压器初级每匝上的电压是相同的。

如果变压器的初、次级与同一磁场相耦合, 则初、次级每匝上的电压将相等。这就是说, 次级对初级的电压比与次级对初级的匝数比相等。

用公式表示(参看图 42-14):

$$u_2 : u_1 = n_2 : n_1$$

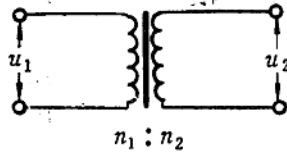


图 42-14

令变压器次级匝数比初级匝数多(或少), 由给定的交流电压可以得到一个较大(或较小)的电压。

损耗

若把一个交流电压接到变压器的初级, 则将有电流流过初级, 因而在次级有感应电压。如果把一个电阻接到次级, 如图 42-15 所示, 则次级电压将引起一个电流流过电阻。这样, 供给变压器初级一边的电能, 就传输到次级一边(见图 42-15)。



图 42-15

一个理想变压器本身并不吸收任何能量。供给它的能量与输出的能量正好相等。尽管我们常用理想变