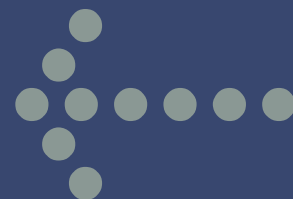
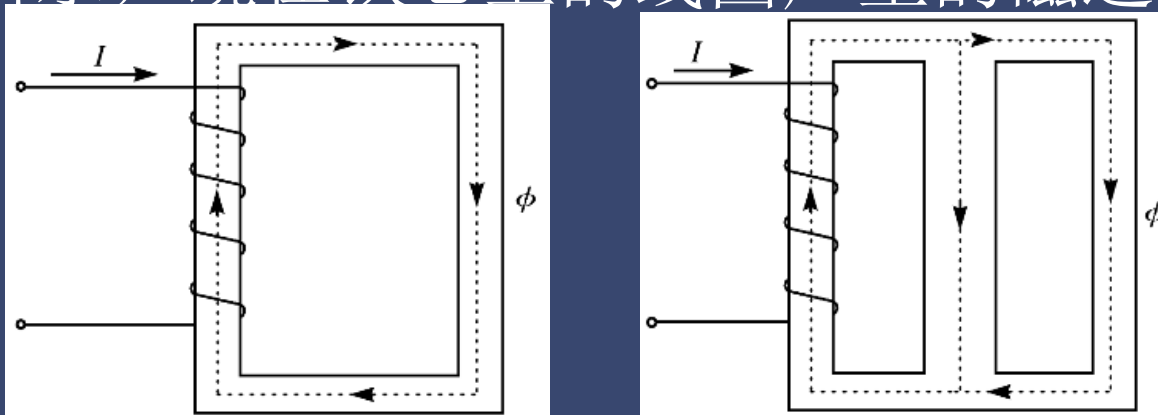


关于磁路和铁磁性材料



第一节 磁路的基础知识

电流流过的路径是电路，同样，磁通经过的路径叫做磁路。如图6-1所示，绕在铁芯上的线圈产生的磁通 ϕ 在铁芯



(a)

(b)

图6-1磁路

- 由于铁磁性材料具有较高的磁导率，导磁性能好，所以通常利用铁磁性材料做铁芯，以使磁通尽可能地集中在铁芯中。但是，空间内仍可能存在磁通，也就是存在漏磁现象。我们把集中在铁芯内的大部分磁通称为主磁通，不在铁芯内的极小部分磁通称为漏磁通。由此可见，磁路中的磁通是由主磁通和漏磁通构成的。

- 通电线圈的电流是产生磁通的原因，电流越大，磁场越强，磁通也越大。通电线圈的每一匝都要产生磁通，所有磁通合在一起构成了磁路中的磁通。线圈的匝数越多，磁通也就越大。磁通与线圈中的电流强度和线圈的匝数有密切关系。通电线圈中的电流与线圈匝数的乘积被定义为磁动势（也称磁通势），即：

- $$E_m = NI \quad (6-1)$$



- 电路中往往存在电阻，它对电流起到阻碍作用。磁路中同样存在一个阻碍磁通的物理量，即磁阻。与导体的电阻相似，磁路中磁阻 R_m 与磁路的长度 l 成正比，与磁路的横截面积 S 成反比，与构成磁路的材料的磁导率 μ 成反比，可利用下面的公式描述：

- $$R_m = l / \mu S \quad (6-2)$$

- 若磁导率 μ 以H/m的单位，长度 l 和截面积分别以m和 m^2 为单位，则磁阻的单位为1/亨（ H^{-1} ）



第二节 磁路的相关定律

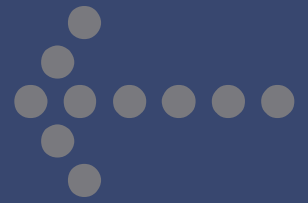
一、磁路的欧姆定律

电路中存在欧姆定律，磁路中也存在欧姆定律，即通过磁路的磁通与磁动势成正比，与磁阻成反比。

$$\Phi = E_m / R_m \quad (6-3)$$

与电路相比，磁路中的磁动势相当于电路中的电动势，磁阻相当于电阻，而磁通相当于电流。需要注意的是，磁路与电路在本质上不相同。电路断开时，电动势依然存在，但磁路却总是闭合的。





- 二、磁路的基尔霍夫定律
- 1. 磁路的KCL
-

由于磁力线是闭合曲线，所以磁力线从一个区域的某处穿进去，必然会从另一个区域穿出来，并且穿入封闭区域的磁力线数目一定等于穿出该区域的磁力线数目。也就是说，在磁路中，进入某一节点的磁通一定等于离开该节点的磁通，或者说成：磁路中某一节点上的磁通的代数和恒等于零，这便是磁路的基尔霍夫第一定律（KCL）。





- 2. 磁路的KVL
- 将式 (6-1)、(6-2) 代入式 (6-3)，可得 $\Phi/S = \mu NI/l$ 。由于磁通与磁感应强度 B 、磁路横截面积的关系是 $\Phi = BS$ ，所以 $B = \mu NI/l$ ，也可利用磁场强度 H 描述成 $NI = Hl$ ，即磁路中磁场强度 H 与磁路的平均长度 l 的乘积在数值上等于磁动势 NI ，这是磁路的全电流定律。 H 与 l 的乘积称为磁位差。



- 如果构成磁路的材料不同，磁路可以分成n段，那么：

- $$NI = H_1 l_1 + H_2 l_2 + \dots + H_n l_n$$

- 式中， $l_1 + l_2 + \dots + l_n$ 是磁路的总长。进一步，如果磁通是由m个具有不同匝数的通电线圈产生的，那么：

- $$N_1 I_1 + N_2 I_2 + \dots + N_m I_m = H_1 l_1 + H_2 l_2 + \dots + H_n l_n \quad (6-4)$$

- 在磁路的任一回路中，各段磁位差的代数和等于各磁动势的代数和，这便是磁路的基尔霍夫第二定律。

第三节 线圈的互感

一、互感现象

在自然界中，除了自感现象外，还存在另一种特殊的电磁感应现象，即互感现象。当一个线圈中的电流发生变化，使另一个线圈中产生感应电动势的现象叫互感现象。

互感现象可利用图6-2所示的电路来说明。图6-2中，线圈 L_1 与线圈 L_2 靠得很近， L_2 接有检流计G，用于检验

L_2 内是否有电流。当开关S闭合的瞬间， L_1 内的电流I从无到有， L_1 中产生变化的磁通 Φ_1 。 Φ_1 的一部分磁通 Φ_{12} 穿过 L_2 ，根据电磁感应定律， L_2 内将产生感应电动势，由于 L_2 与检流计G串联构成了闭合的回路，因而 L_2 内有电流流过，G的指针发生偏转。但是，S闭合一段时间后，由于I恒定不变， L_2 内不再感生电动势，G的指针便回到零位。



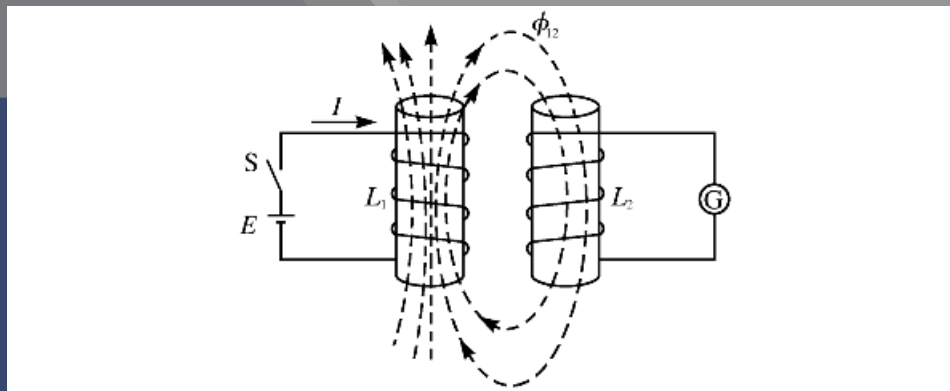


图6-2 互感现象

- 由互感产生的感应电动势称为互感电动势。互感电动势的大小正比于穿过本线圈的磁通的变化率。当 L_1 中的磁通完全穿过 L_2 时，互感电动势最大；当 L_1 和 L_2 垂直时， L_1 中的磁通完全不穿过 L_2 ，此时的互感电动势最小。互感电动势的方向仍用楞次定律判定，即感应电流产生的磁场总是阻碍原来磁场的变化。

- 互感现象如果利用恰当，能够给人们带来许多益处，例如电源变压器、电流互感器、电压互感器等都利用了互感现象；如果利用不当，它也会给我们的生活带来不便，例如有线电话常由于两电路间的互感而串音，无线电设备也常由于互感现象造成相互干扰。



- 二、耦合系数
- 对于两个线圈，我们把一个线圈通有1A的电流时，在另一个线圈中产生的磁通（也称互感磁链）叫做互感系数，简称互感。互感的国际单位与自感的相同，也是亨利（H）。互感的大小取决于两个耦合线圈的几何尺寸、匝数、相对位置和周围磁介质。如果磁介质为非铁磁性材料，互感则为常数。线圈中的互感电动势，与互感系数和另一个线圈中电流的变化率的乘积成正比。
- 图6-2中的两个线圈，它们除了互感以外，每个线圈还有自感。两线圈间的互感系数M和各自的自感系数L1、L2之间的关系为：

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

- k 称为两线圈的耦合系数，它反映了两个线圈之间的耦合程度。由于互感磁通是自感磁通的一部分，所以 $0 \leq k \leq 1$ 。 $k=0$ 表明两个线圈不产生互感磁通； $k=1$ 表明两个线圈耦合得最紧，互感磁通也最大，这时又叫做全耦合。

- 三、同名端

- 在工程中，两个或两个以上的有磁耦合的线圈，常常需要知道了互感电动势的极性，才能选择正确的连接方式。互感电动势的极性不但与原磁通及其变化方向有关，还与线圈的绕向有关。尽管可以利用楞次定律来判断互感电动势的极性，但这并不方便，实际中常利用标记同名端的方式来说明互感电动势的极性。

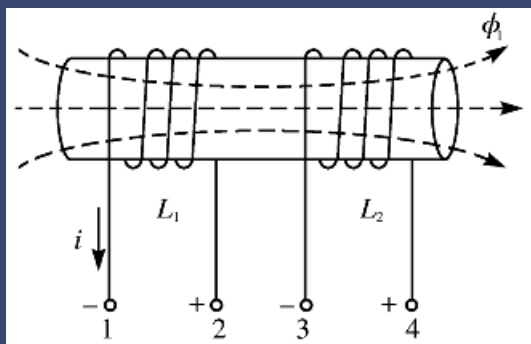
- 如图6-

3 (a) 所示，两个线圈L1、L2绕在同一个铁芯上。假设L1中通有随时间逐渐增大的电流*i*，电流*i*产生的磁通 ϕ_1 也随时间的增加而增大。根据电磁感应定律，铁芯中的磁通 ϕ_1 在增大的过程中，L1中将产生自感电动势，L2中将产生互感电动势，它们都会阻碍 ϕ_1 的增大。根据安培右手定则可以判断L1、L2的感应电动势的极性如图所示。其中，端点1和3的极性相同，端点2和4的极性相同。如果改变L1中电流的方向，仍让其随时间逐渐增大，那么L1、L2的感应电动势的极性如图6-

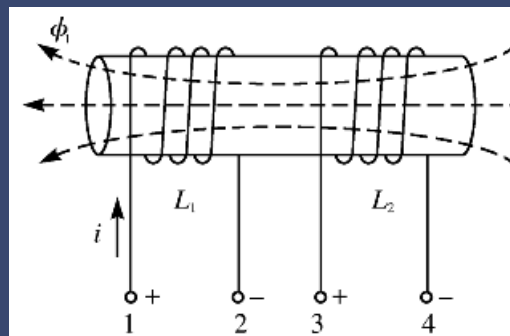
3 (b) 所示。



显然，端点1和3的极性仍相同，端点2和4的极性也相同。这说明，如果两个线圈按图6-3的形式绕在同一个铁芯上，那么不管电流的方向如何改变，大小如何改变，感应电动势在端点1和3上的极性始终保持相同，在端点2和4上的极性也始终相同。我们把这种在同一磁通作用下，感应电动势极性相同的端点称为同名端，感应电动势极性相反的端点称为异名端。同名端利用“·”表示。工程中通常只标出一对同名端，如图6-4所示。



(a)



(b)

图6-3互感线圈的同名端

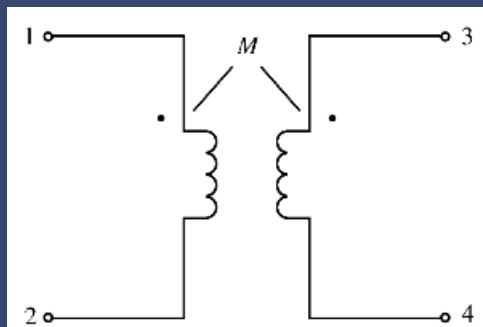
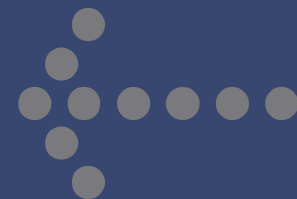


图6-4同名端的标记



第四节 变 压 器

变压器是利用互感原理工作的一种电磁装置。在电力系统中，变压器常用于将某一数值的交流电压或电流，变换成另一数值的交流电压或电流。除了可以变换电压电流之外，变压器常用于变换阻抗和改变相位。变压器的种类很多，有输电和配电使用的电力变压器，实验用的整流变压器，电解用的整流变压器，电子技术中使用的输入和输出变压器等。尽管不同类型的变压器在结构上各有特点，并具有不同的功能，但它们的基本结构和工作原理是类似的。



- 一、变压器的基本结构

- 变压器由铁芯、绕组和一些附件构成，其中铁芯和绕组是其最主要的组成部分。

- 变压器的铁芯是磁路的通道。为了减小涡流损耗和磁滞损耗，变压器铁芯常用磁导率较高的、相互绝缘的硅钢片叠装而成，钢片的厚度约为0.35~0.5

mm。也有的变压器采用铁氧体或其他磁性材料作铁芯。按铁芯的结构可将变压器分成芯式和壳式两种。芯式变压器的绕组套在铁芯柱上；壳式变压器的绕组被铁芯所围绕。大型的变压器多采用芯式结构，小型的变压器多采用壳式结构。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/128073135050006057>