

电机学物理基础

CWang*

September 2, 2011

目录

摘 要	2
1 电力与电场	2
1.1 电荷间的相互作用力	2
1.2 电场	2
2 磁力与磁场	2
2.1 电流和磁力	2
2.2 物质的磁作用	2
2.2.1 不同物质对磁场的反应	2
2.2.2 磁通密度	3
2.2.3 磁饱和与磁滞	3
2.2.4 磁通密度的空气路径与铁中的路径	3
2.2.5 磁通与电流的相互作用	3
2.2.6 右手定则	3
2.3 磁通量与磁链	3
3 动态磁系统	4
3.1 感应电压	4
3.1.1 楞次定律	4
3.2 电感	4
3.3 磁系统中存储的能量	4
3.3.1 B-H图与 λ -i图的对应	5
3.4 在磁通中运动的导体	5
量纲关系	5
参考文献	5

*我有一个网名小打酱油

摘要

这不是摘要,本文只是上手latex时写的,只是一些学电机学可能用到的物理概念.

1 电力与电场

1.1 电荷间的相互作用力

记住一句话“电荷的存在就产生电场,电荷的运动¹就产生磁场;场对产生场的源头²产生作用³.”

1.2 电场

要了解的概念 电场的定义 3种常见的电场图(孤立电荷、点偶极子、电容器) 电场的量纲 $\frac{N}{C} = \frac{N \cdot \text{米}}{C \cdot \text{米}} = \frac{\text{焦耳}}{C \cdot \text{米}} = \frac{\text{伏特}}{\text{米}}$

电压即单位电荷从场的一端到另一端所积累或释放的电场能。

电场即单位电荷所收到的电场力,由高斯定理电场又是电荷的体现。

由能和力的关系⁴,电压是电场在空间上的累积⁵,又可以理解为电场是单位长度的电压⁶.而电场又是力的表现,于是电场具有双重意义.

有个高斯定理来求电场.

2 磁力与磁场

2.1 电流和磁力

大学物理上写的很明白.

要了解的概念 安培环路定理[2]

磁场即 单位长度的单位电流所受到的力再除以一个常量 μ_0 ⁷,它的量纲是 安培/米.它表示的也是力.但由安培环路定理磁场又是电流的体现.

2.2 物质的磁作用

2.2.1 不同物质对磁场的反应

铁磁性

磁矩 即环形电流乘以他围绕的面积再乘以一个电流按右手定则的方向.为什么会有这个概念呢?因为大面积大电流比小面积大电流的周长长,产生的磁场更强.

¹就是电流了

²电场的源头是存在的电荷,磁场的源头是运动的电荷,重力场的源头就是地球和物体...

³就是力了

⁴可以简单的表示为 能=力×长度

⁵可以用电场的积分表示电压

⁶仅数值上

⁷ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨利/米

轨道电子自转形成磁矩,轨道电子绕原子核转也形成磁矩,当两个磁矩同向则增强,这就是铁磁性.

磁偶极子密度即 平均单位体积内的磁矩矢量和,他反映了物质所受到的磁场作用, 磁场越大, 它也越大.

略

2.2.2 磁通密度

磁通密度可以说是在磁场中 单位长度单位电流所受到的力; 也可以说是 单位电荷 按单位速度运动所受到的力.他是磁应变,而磁场则是磁致应力.

有个毕奥萨法尔的公式来求 磁通密度.

又因为感应产生的磁偶极子密度 与磁场成正比, 于是磁通密度也与磁场成正比⁸,由于铁磁性所以这个放大比例很大一般1000到10000 .

由于铁磁性的存在即使磁致应力很小磁应变也会很大,所以很多场合用磁通密度来计算更为简单.

2.2.3 磁饱和与磁滞

简单地说就是“反映迟钝”, 在图⁹ 中永远挑相对平缓的线走

2.2.4 磁通密度的空气路径与铁中的路径

由于 2.2.2,所以在铁中的磁通密度会很大, 于是人们假想的磁通曲线会在铁中突然很密集¹⁰ .

2.2.5 磁通与电流的相互作用

相互作用就是力了,这个力等于 电流 叉积 磁通 ,他的单位是 牛顿/米 用数学表示为:

$$\vec{f} = \vec{i} \times \vec{B} N/m$$

2.2.6 右手定则

略

2.3 磁通量与磁链

从字面意思理解磁通量就是磁通密度的面积分, 事实也是这样,它的量纲是韦伯.

而磁链则是对于多匝线圈来说的,就是匝数乘单匝的磁通,他的量纲是韦伯·匝.

⁸这里涉及到几个公式未讲

⁹就是指磁滞回线图了

¹⁰有点类似于无中生有,但他真的无中生有了!

3 动态磁系统

3.1 感应电压

变化的磁通周围会产生电压,这时如果对这个变化的磁通套上个导体环¹¹ 就会产生电流*i*.而几百年前法拉第发现了这个加在导体环上的电压大小为

$$v_t = \frac{d\Phi}{dt} V$$

有些物理课本还会加个负号来体现楞次定律, 这是在画蛇添足,因为要有感应电流才能体现,但很多情况是没有闭合导体,也就没有感应电流,再者负号反应的只是方向,方向可以人为规定,刻意地强调负号没有意义
如果是*n*匝的线圈则用磁链

$$v = nv_t = n \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d\lambda}{dt} V$$

3.1.1 楞次定律

感应电流会阻碍磁通（磁链）的变化.

3.2 电感

电感 即单位电流通过线圈产生的磁链,他的量纲是亨利.

一般来说线圈的这个电感参数是固定的,但有时也会变化,例如线圈是运动系统的一部分,线圈的匝数会变化,线圈的形状会改变等等. 还有这个对于理想真空下的描述,如果线圈中有铁磁质,则电感也不是常数.

要了解的概念 耦合线圈 互感 自感 互感与自感 耦合系数

3.3 磁系统中存储的能量

无损磁系统是能量守恒的. 从功率 $p = vi$ 角度来看

$$dW_m = p dt = v i dt = \frac{d\lambda}{dt} i dt = i d\lambda$$

$$W_m = \int_0^\lambda i(\lambda') d(\lambda')$$

W_m 为储存的总能量, λ' 为积分哑元, i 为 λ' 的函数¹².

i 为 λ' 的函数,对于前面说的真空中的孤立线圈 λ' 正比于 i ,

$$\lambda = n\phi = nSB = nS\mu H = nS\mu \frac{i}{l}$$

¹¹ 设他的电阻为 R

¹² 其实是 λ' 为 i 的函数, 因为是 i 产生 λ' 的

而当情况复杂时不是真空，又有多个线圈时 λ' 与 i 的关系就很复杂了，当然可以用电路的知识弄出他们的关系,这里略过. 电感是电流产生电压,电阻和电容是电压产生电流.

电感通电后，电流不可能马上出现，而是从0开始上升.

3.3.1 B-H图与 λ - i 图的对应

$$\lambda = BS; \int_l H dl = i$$

单位体积也即单位面积和单位长度 $S = 1, l = 1, n = 1$ 时 $\lambda = B; H =$

$$\frac{B}{\mu_0} = \frac{\lambda}{\mu_0} = \frac{nS\mu_0 i}{\mu_0} = \frac{n\mu_0 i}{\mu_0} = ni = i$$

磁系统中单位体积内存储的能量为

$$w_m = \int_0^B H dB' = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{\mu_0 H^2}{2} J/m^3$$

体积为V的磁系统总能量为

$$W_m = \int_v w_m dv J$$

3.4 在磁通中运动的导体

$$v = \vec{l} \cdot \vec{u} \times \vec{B} = luB_{\perp} \sin \theta$$

物理书上都会讲，略过

乱侃

速度叉积磁通密度 是单位长度所产生的电压 也是 单位电荷所受到的力

量纲关系

韦伯 亨利 伏特 特拉斯 安培

$$\text{牛顿} = kg * m / (s^2)$$

$$\text{瓦特} = \text{牛顿} * m / s = kg * (m^2) / (s^3)$$

$$\text{伏特} = \text{瓦特} / \text{安培} = kg * (m^2) / (s^3 * A)$$

$$\text{焦耳} = \text{瓦特} * s = kg * (m^2) / (s^2 * A)$$

磁通密度是单位长度导体通过单位电流时受到的垂直于磁场的力,特斯拉=牛顿/（安培*米）= $kg / (s^2 * A)$

韦伯是磁通量的量纲,特拉斯是磁通密度的量纲,韦伯=特拉斯 $\times m^2 = (m^2) * kg / (s^2 * A)$

电感是单位电流产生的磁链（磁通） 亨利=韦伯/A

参考文献

[1] J.R.Cogdell著 贾洪峰译. 电器工程学概论(第二版).2003.vol.492

[2] 东南大学等七所工科院校编 马文蔚改编.物理学(第五版)上册.2009