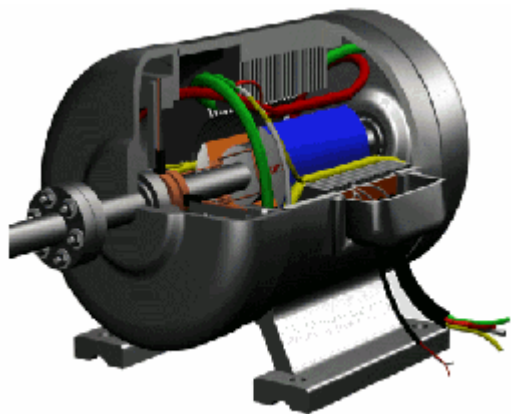




电机学

变压器的基本作用原理与理论分析

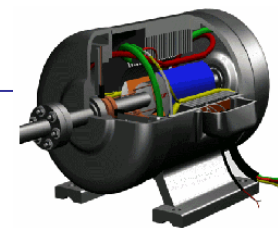
东南大学电气工程学院

黄允凯

2006~2007学年第三学期



东南大学
电气工程学院



1

电力变压器的基本结构和额定值

2

变压器空载运行

3

变压器负载运行

4

标么值

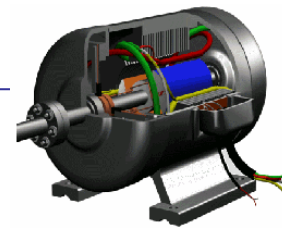
5

参数测定方法

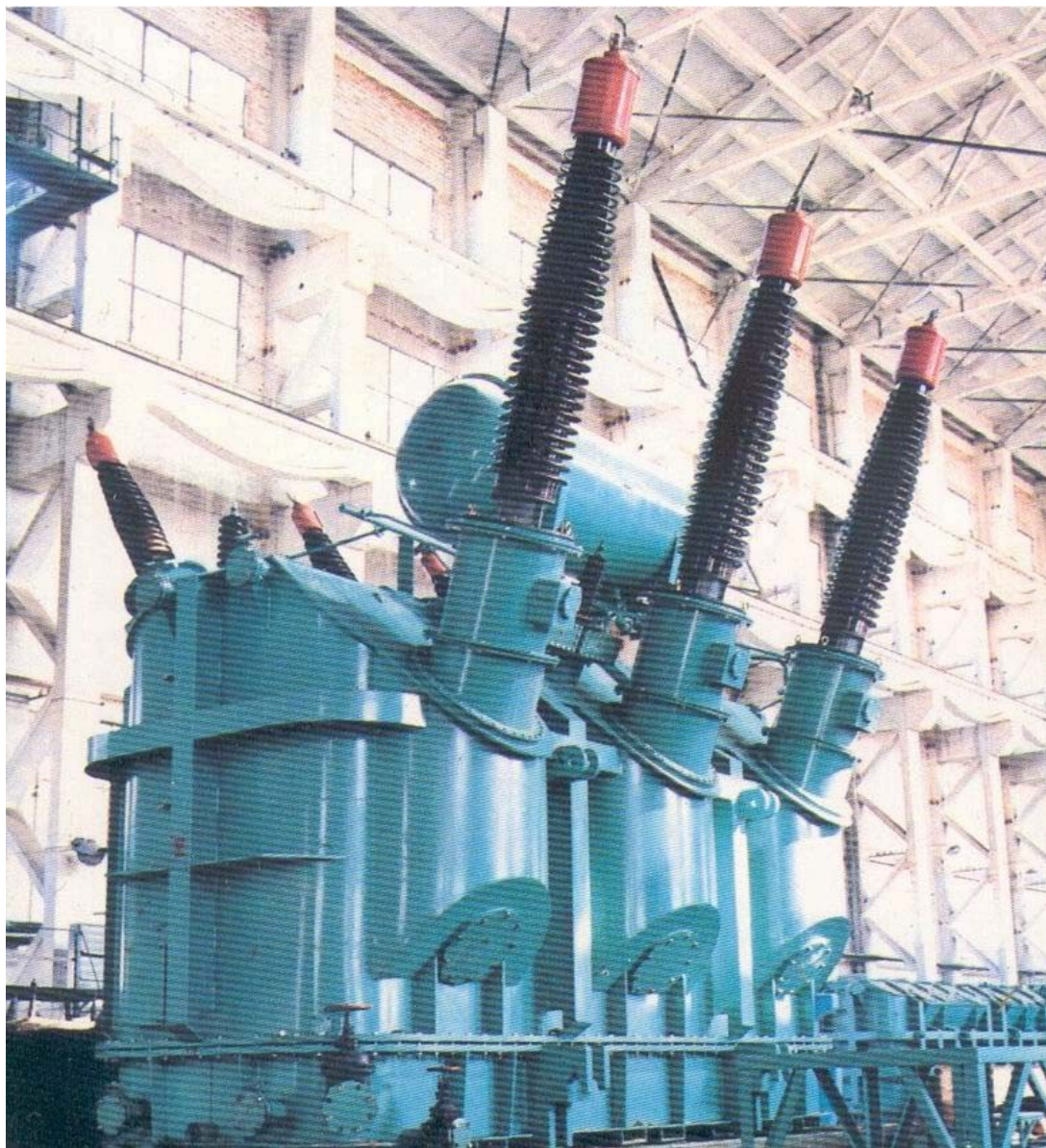
6

变压器的运行性能





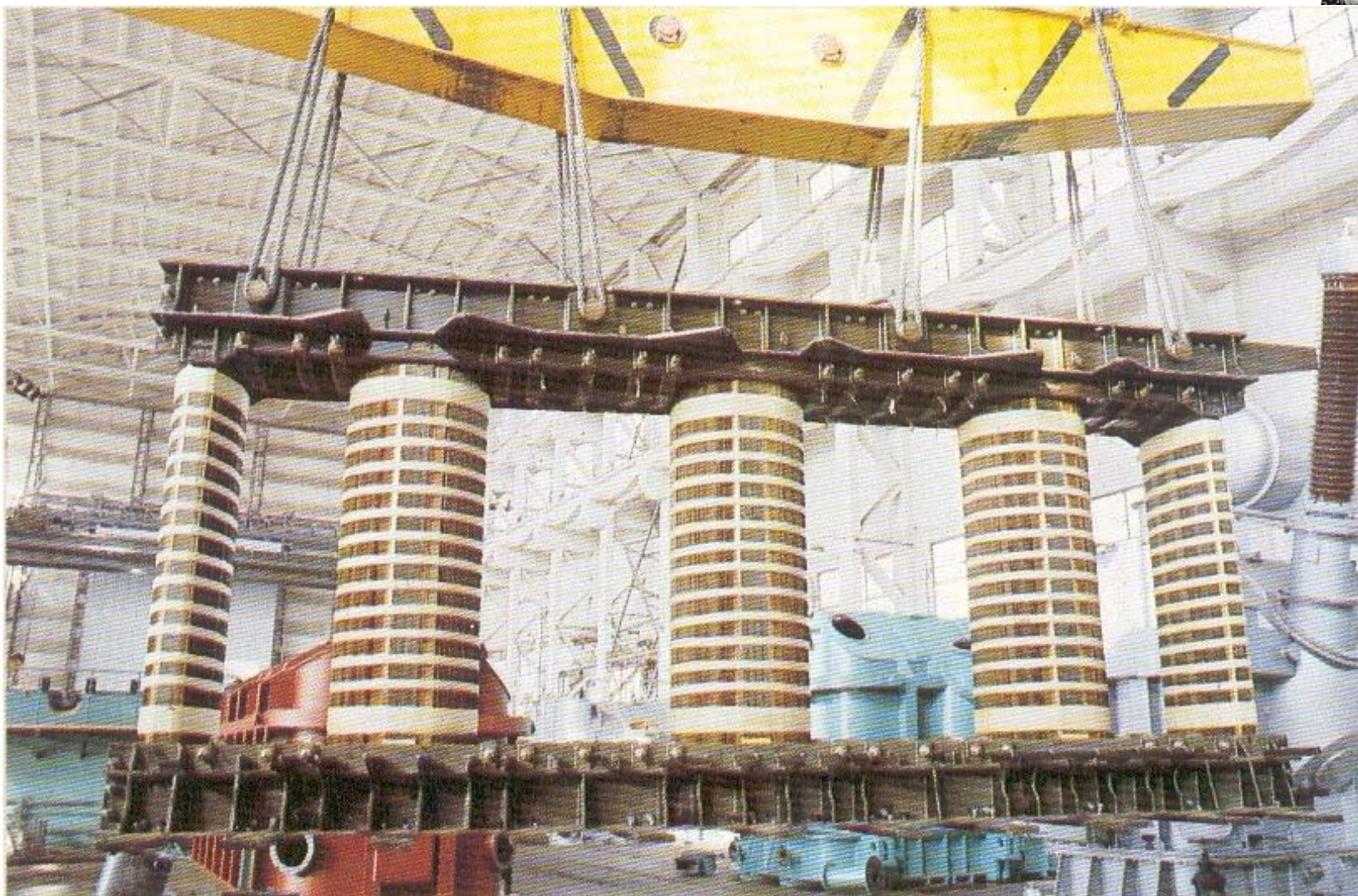
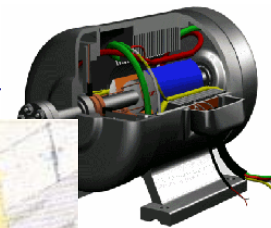
• 电力变压器的基本结构



220kV变压器



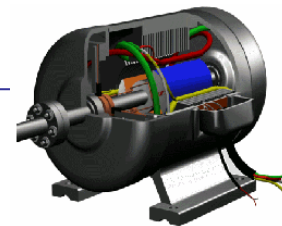
电力变压器的基本结构和额定值



变压器加工照片

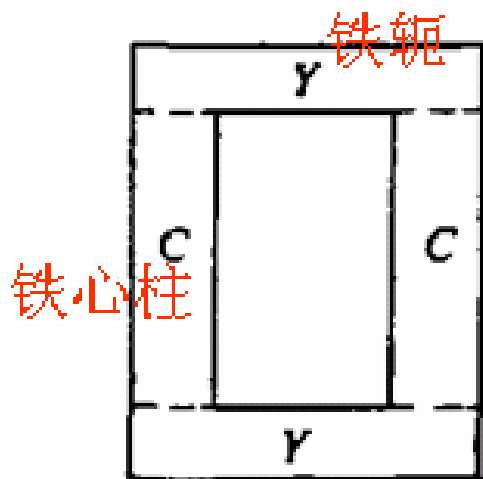


东南大学
电气工程学院

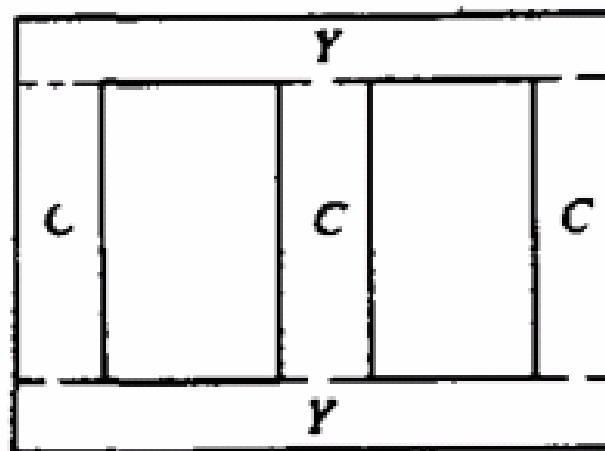


➤铁芯

硅钢片叠装而成，0.2mm~0.35mm厚，通常为冷轧有取向



单相

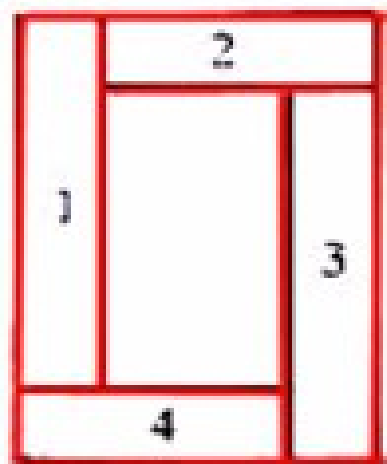
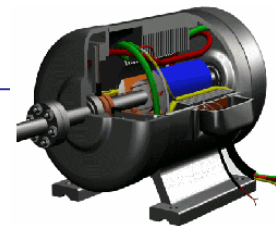


三相

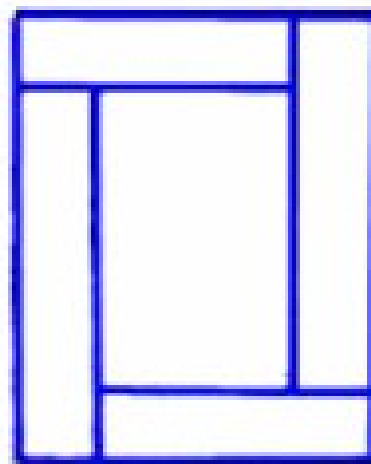
为了进一步降低空载电流、空载损耗，上层与下层叠片接缝错开，称为交叠装配



电力变压器的基本结构和额定值

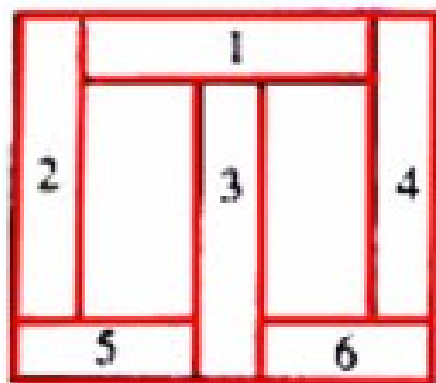


奇数层

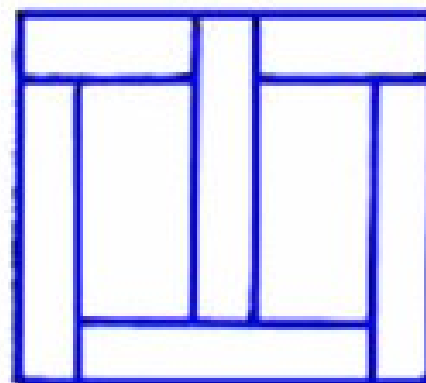


偶数层

单相，四片式铁芯交叠方法



奇数层

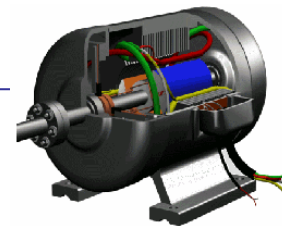


偶数层

三相，六片式铁芯交叠方法



东南大学
电气工程学院



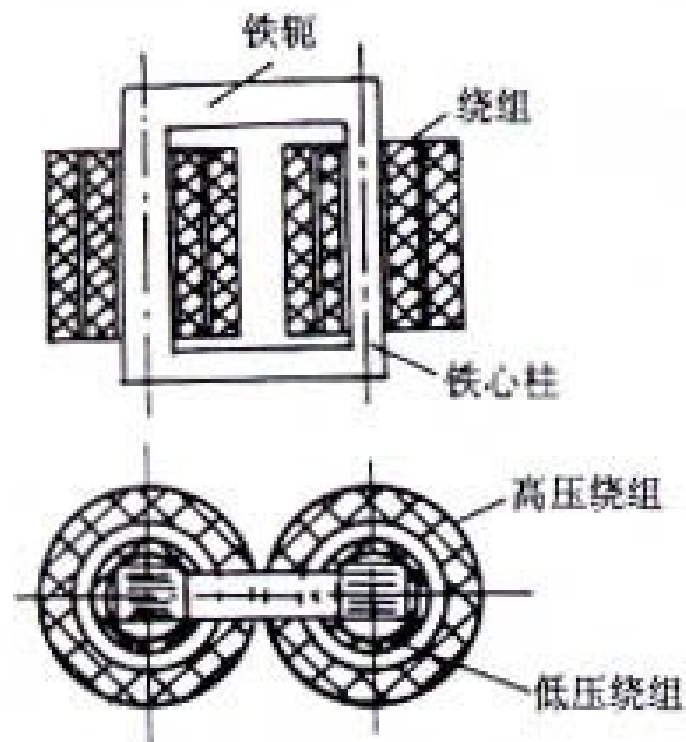
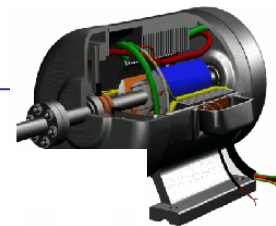
➤ 绕组

- 变压器绕组一般为绝缘扁铜线或绝缘圆铜线在绕线模上绕制而成。
- 为便于制造、在电磁力作用下受力均匀以及机械性能良好，绕组线圈作成圈形。
- 按照绕组在铁芯中的排列方法分类，变压器可分为**铁芯式**和**铁壳式**两类
- 基本型式：**同芯式，交叠式**

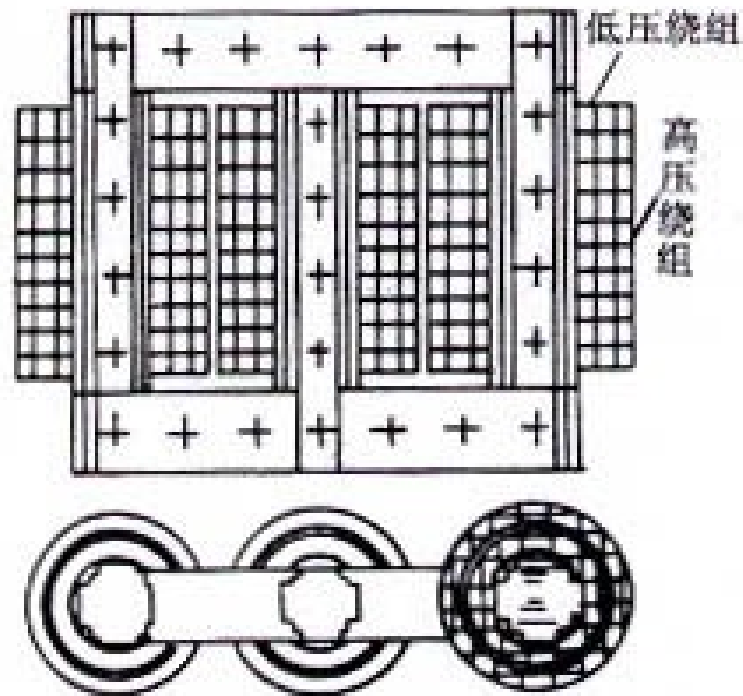
绕组**同芯**套装在变压器铁心柱上，低压绕组在内层，高压绕组套装在低压绕组外层，以便于绝缘。



电力变压器的基本结构和额定值



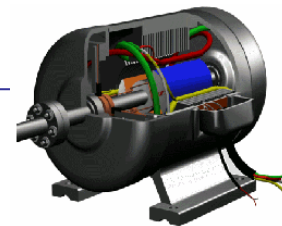
单相芯式变压器



三相芯式变压器

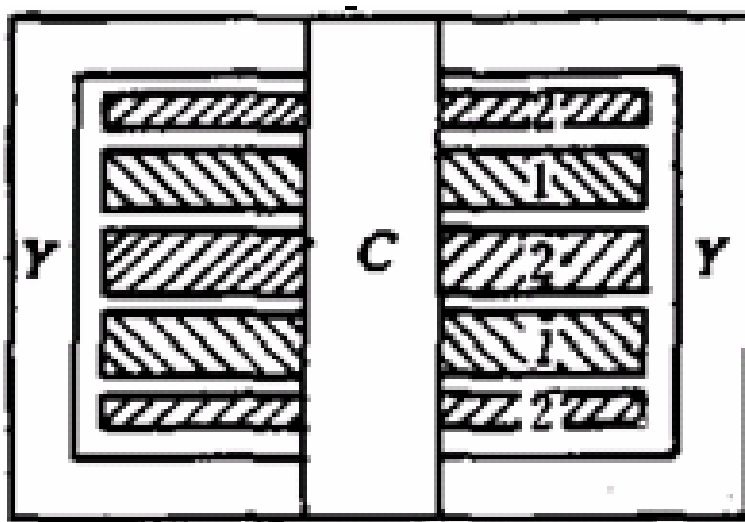
芯式变压器

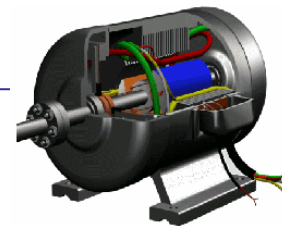




铁壳式变压器

- 变压器的铁芯柱在中间，铁轭在两旁环绕，且把绕组包围起来
- 结构比较坚固、制造工艺复杂，高压绕组与铁芯柱的距离较近，绝缘也比较困难
- 通常应用于电压很低而电流很大的特殊场合，例如，电炉用变压器。这时巨大的电流流过绕组将使绕组上受到巨大的电磁力，铁壳式结构可以加强对绕组的机械支撑，使能承受较大的电磁力。





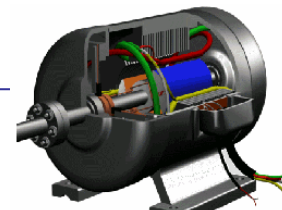
➤ 变压器油

- 电力变压器绕组与铁心装配完后用夹件紧固，形成变压器的器芯。变压器器芯装在油箱内，油箱内充满变压器油。变压器油是一种矿物油，具有很好的绝缘性能。变压器油起两个作用：

①**绝缘**：绕组与绕组、绕组与铁心及油箱之间

②**散热**：热量通过油箱壳散发，油箱有许多散热油管，以增大散热面积。采用内部油泵强迫油循环，外部用变压器风扇吹风或用自来水冲淋变压器油箱

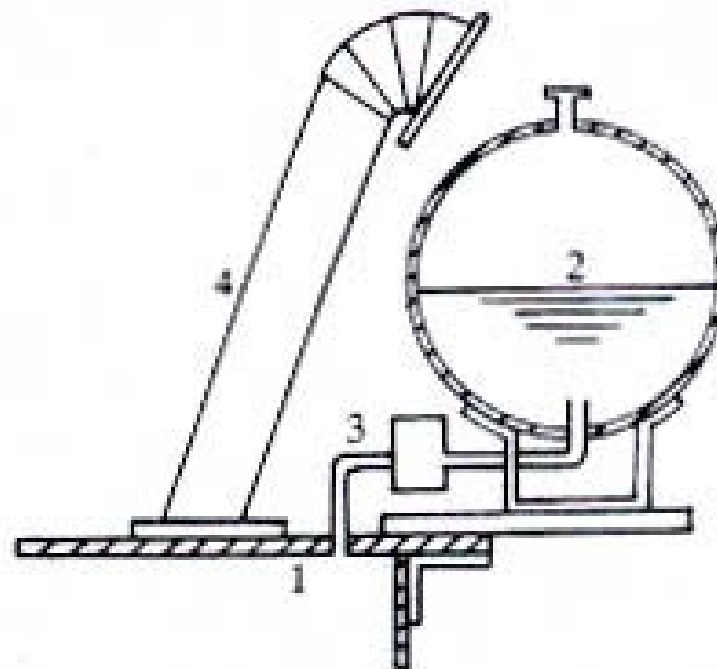




➤ 油箱

机械支撑、冷却散热、保护作用

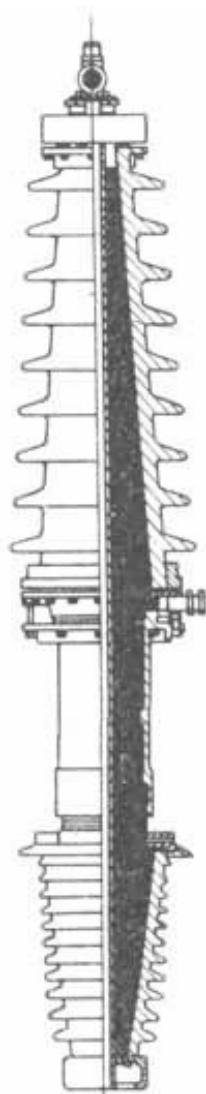
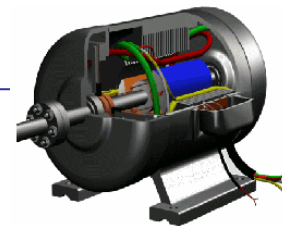
- 当变压器出现故障时，产生的热量使变压器油汽化，气体继电器动作，发出报警信号或切断电源。
- 如果事故严重，变压器油大量汽化，油气冲破安全气道管口的密封玻璃，冲出变压器油箱，避免油箱爆裂。



储油柜

1—主油箱；2—储油柜；
3—气体继电器；4—安全气道



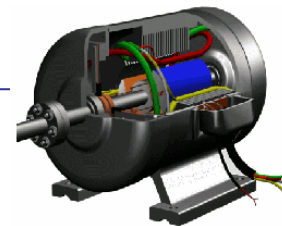


电容器
式套管

➤ 绝缘套管

- 绝缘套管由中心导电杆与瓷套组成。导电杆穿过变压器油箱、在油箱内的一端与线圈的端点联接，在外面的一端与外线路联接。
- 在瓷套和导电杆间留有一道充油层——充油套管
- 当电压等级更高时，在瓷套内腔中常环绕着导电杆包上几层绝缘纸筒，在每个绝缘纸筒上贴附有一层铝箔，则沿着套管的径向距离，绝缘层和铝箔层构成串联电容器，使瓷套与导电杆间的电场分布均匀
- 套管外形常做成伞形，**电压愈高、级数愈多。**





• 变压器的额定值

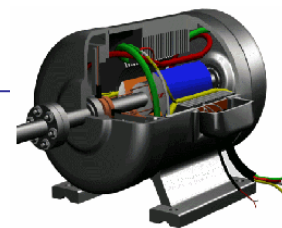
- 额定容量 S_N ——制造厂所规定的在额定条件下使用时输出能力的保证值。单位为VA或kVA。对**三相变压器指三相的总容量**。
- 额定电压——由制造厂所规定的变压器在空载时额定分接头上的电压保证值。单位为V或kV。

当变压器初级侧在额定分接头处接有额定电压 U_{1N} ，次级侧空载电压即为次级侧额定电压 U_{2N} 。

对三相变压器，铭牌上的额定电压指线电压

- 额定电流——额定容量除以各绕组的额定电压所计算出来的线电流值。单位用A或kA。
- 电力变压器的额定频率是50Hz





空载指一侧绕组接到电源（初级 **1**），另一侧绕组（次级 **2**）开路。

1 电磁物理现象

2 感应电动势

3 电压变比

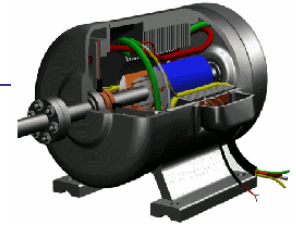
4 激磁电流

5 励磁特性的电路模型

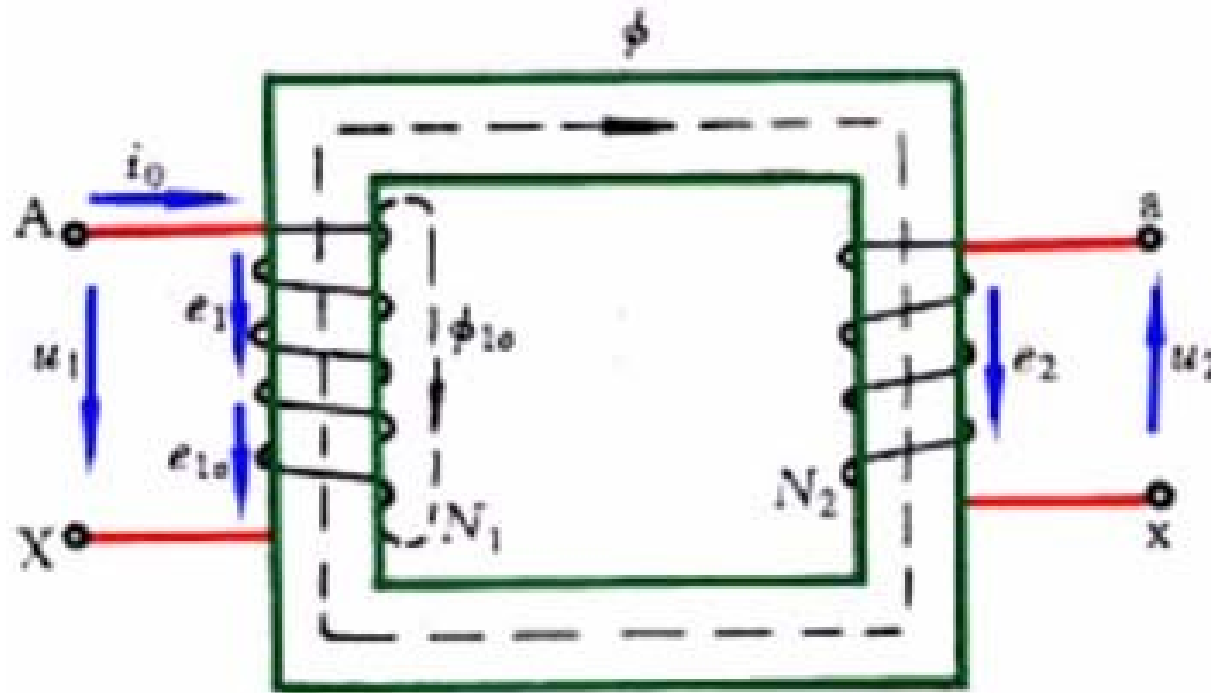
6 漏抗

7 电路方程 等效电路
相量图



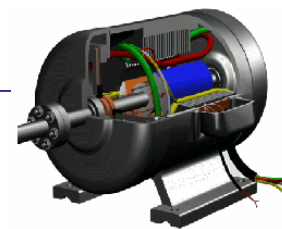


- 电磁物理现象



空载电流 i_0 ， $i_1=i_0$ 。全部用以激磁——激磁电流 i_m ， $i_0=i_m$
激磁电流产生激磁磁势 $i_m N_1$ ，建立交变磁场





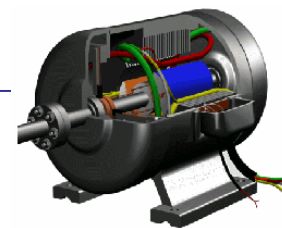
- 空载运行：原边接额定电压 u_{1n} 的电源，副边开路
- 原边绕组电流 i_0 为空载电流，产生空载励磁磁势 $F_0 = I_0 \times N_1$ ， F_0 产生磁通

磁通分为两部分

主磁通 Φ 流经闭合铁心，磁阻小，同时匝链了原边和副边绕组，并感应出电势 e_1 和 e_2 。是变压器传递能量的主要媒介

原边绕组漏磁通 $\Phi_{1\sigma}$ ，仅与原边绕组匝链，通过变压器油或空气形成闭路，磁阻大，不传递功率





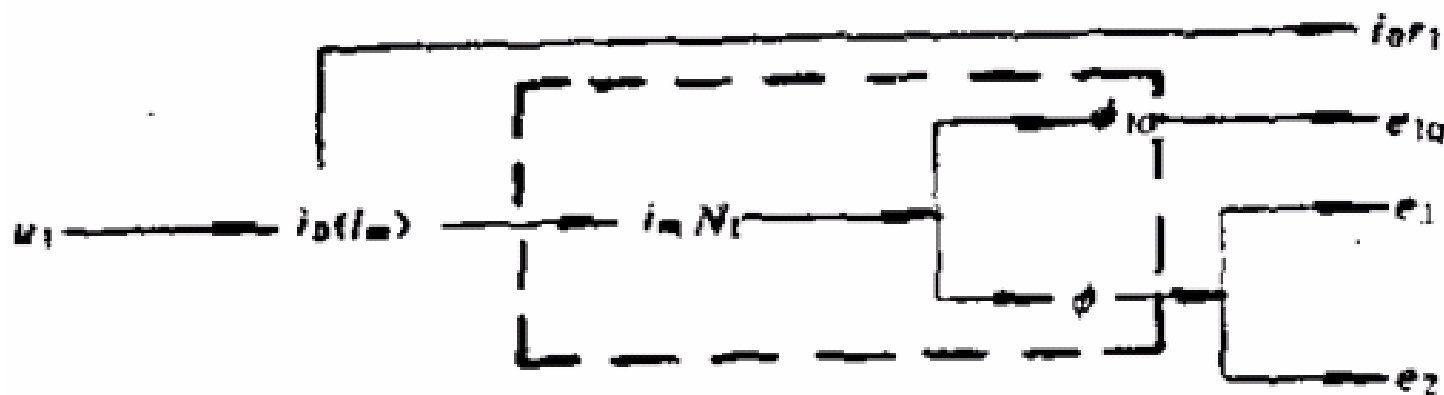
分为主磁通和漏磁通两部分

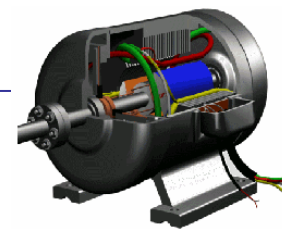
①磁路不同，因而磁阻不同。

主磁通 Φ 同时交链初级、次级绕组，又称为互磁通，路径为沿铁芯而闭合的磁路，磁阻较小。

漏磁通 $\Phi_{1\sigma}$ 只交链初级绕组，称初级侧漏磁通，它所行经的路径大部分为非磁性物质，磁阻较大。

②功能不同。主磁通通过互感作用传递功率，漏磁通不传递功率。



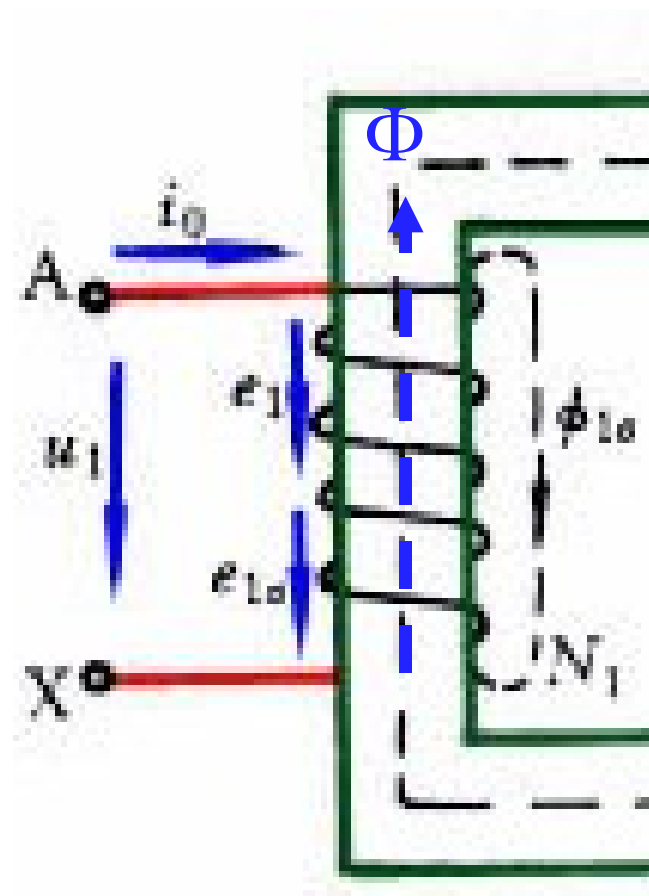


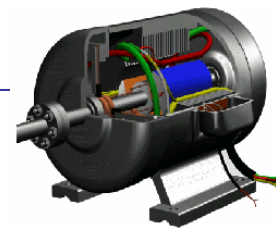
- 正方向

- 箭头方向表示正方向
- 规定电流的正方向与该电流所产生的磁通正方向符合“右手螺旋”定则，规定磁通的正方向与其感应电势的正方向符合“右手螺旋”定则。
- 电流正方向与电势正方向一致。

e的正方向与电流同方向。这样

$e_1 = -N_1 d\Phi / dt$ 成立





• 感应电动势、电压变比

主磁通 $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ Φ_m —— 磁通幅值

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = -N_1 \omega \Phi_m \cos \omega t = N_1 \omega \Phi_m \sin(\omega t - 90^\circ)$$

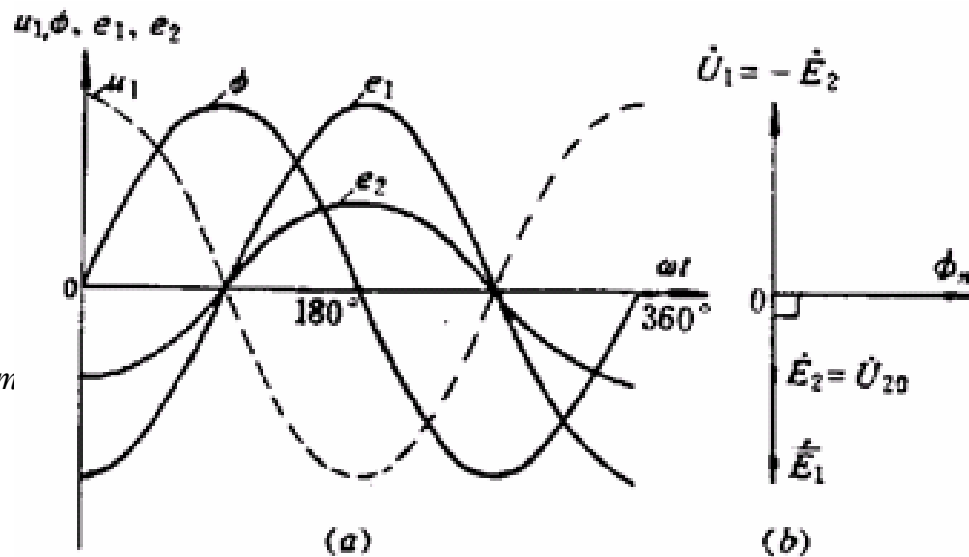
$$e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = -N_2 \omega \Phi_m \cos \omega t = N_2 \omega \Phi_m \sin(\omega t - 90^\circ)$$

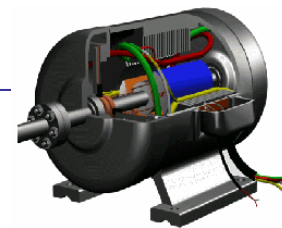
$$e_1 \text{幅值 } E_{1m} = N_1 \omega \Phi_m = 2\pi f N_1 \Phi_m$$

$$e_2 \text{幅值 } E_{2m} = N_2 \omega \Phi_m = 2\pi f N_2 \Phi_m$$

$$e_1 \text{有效值 } E_1 = E_{1m} / \sqrt{2} = \sqrt{2} \pi f N_1 \Phi_m$$

$$e_2 \text{有效值 } E_2 = E_{2m} / \sqrt{2} = \sqrt{2} \pi f N_2 \Phi_m$$

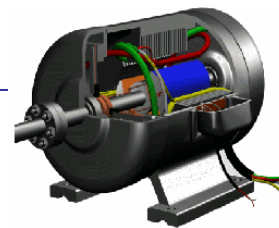




- **变比——初级电压与次级空载时端点电压之比。**
- **电压变比k** 决定于初级、次级绕组匝数比。
- 略去电阻压降和漏磁电势

$$k = \frac{U_1}{U_{20}} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$





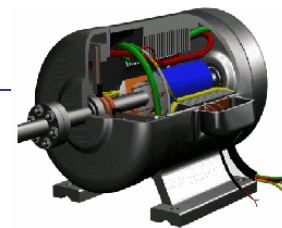
• 励磁电流

- 忽略电阻压降和漏磁电势，则 $U_1 = E_1 = 4.44fN_1\Phi_m$ 。
 $\Phi_m \propto U_1$ 即：当外施电压 U_1 为定值，主磁通 Φ_m 也为一定值

- 问题：一台结构已定的变压器当外施电压为已知，需要电源提供多大的激磁电流呢？激磁电流包括哪些成分呢？

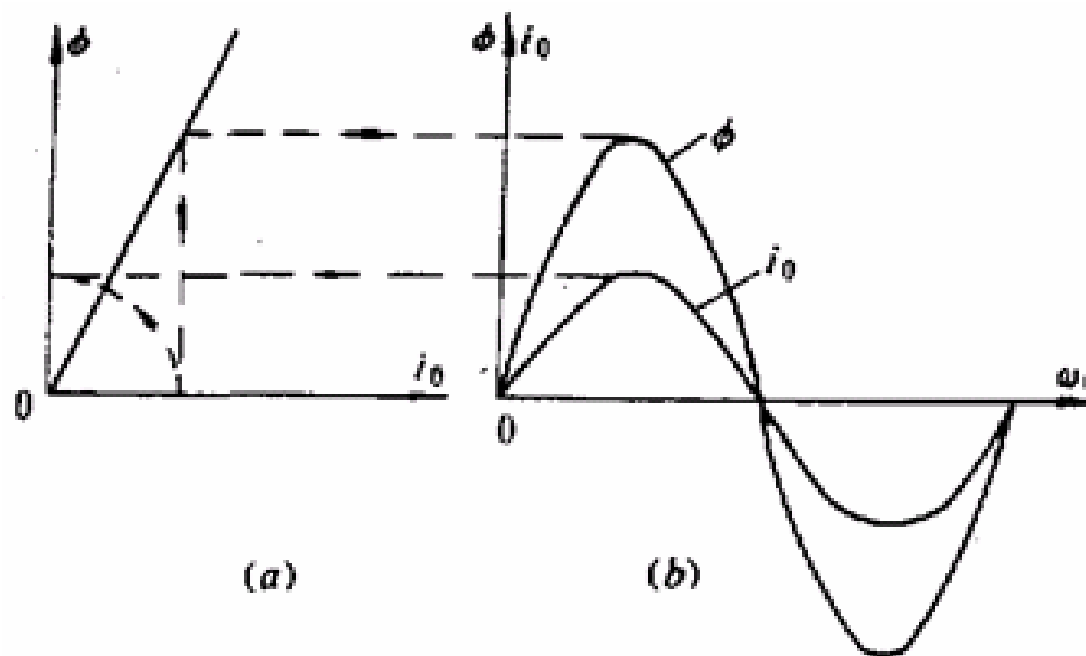
答：决定于变压器的铁芯材料及铁芯几何尺寸。因为铁芯材料是磁性物质，激磁电流的大小和波形将受磁路饱和、磁滞及涡流的影响。

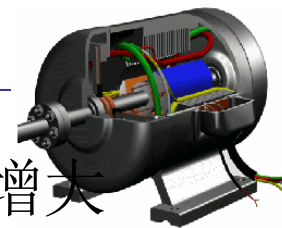




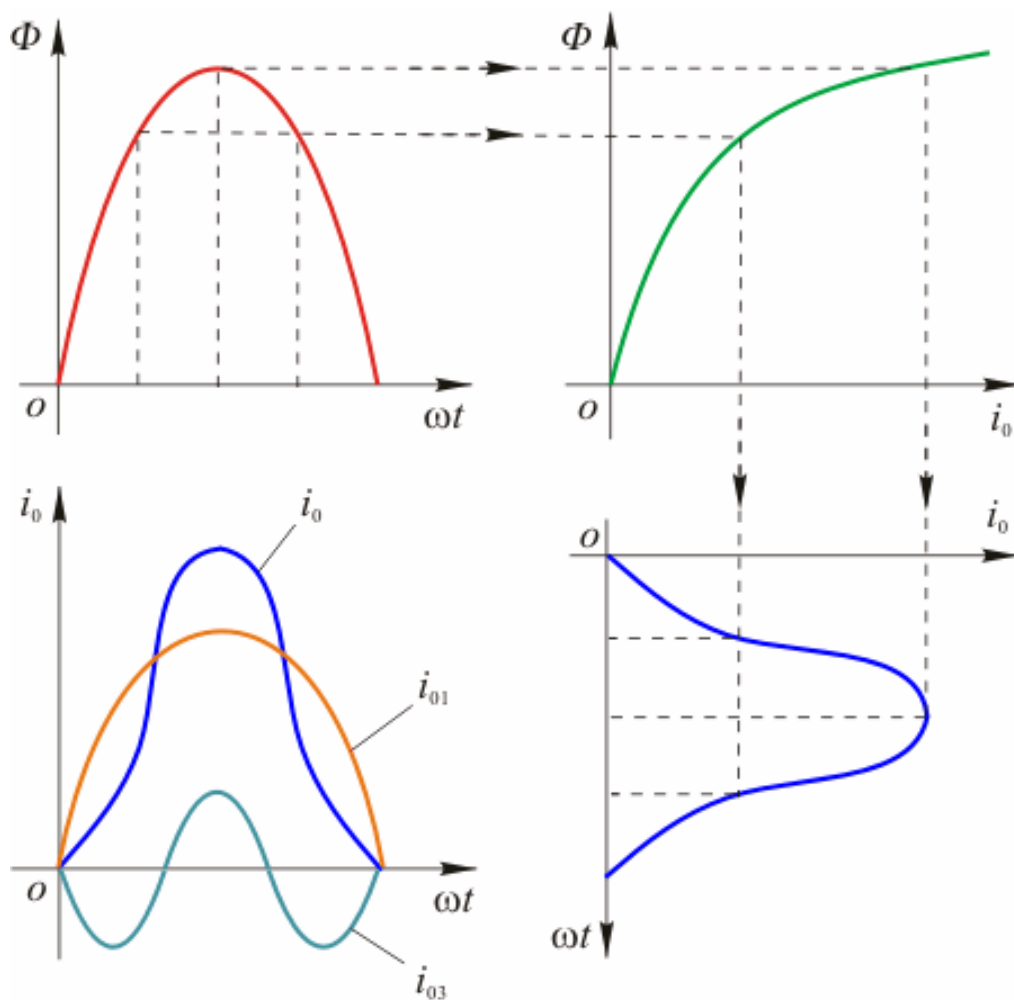
(一)磁路饱和影响

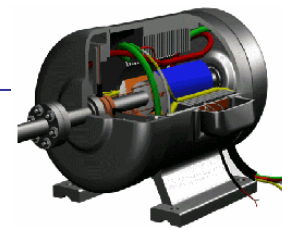
- 当 $B_m < 0.8T$ ，磁路未饱和状态、磁化曲线 $\Phi = f(i)$ 呈线性，导磁率是常数。
- 当 Φ 按正弦变化， i 亦按正弦变化。





- 如 $B_m > 0.8T$ ，磁路开始饱和， $\Phi = f(i)$ 呈非线性，随 i 增大导磁率逐渐变小。磁通 Φ 为正弦波， i 为尖顶波，尖顶的大小取决于饱和程度。





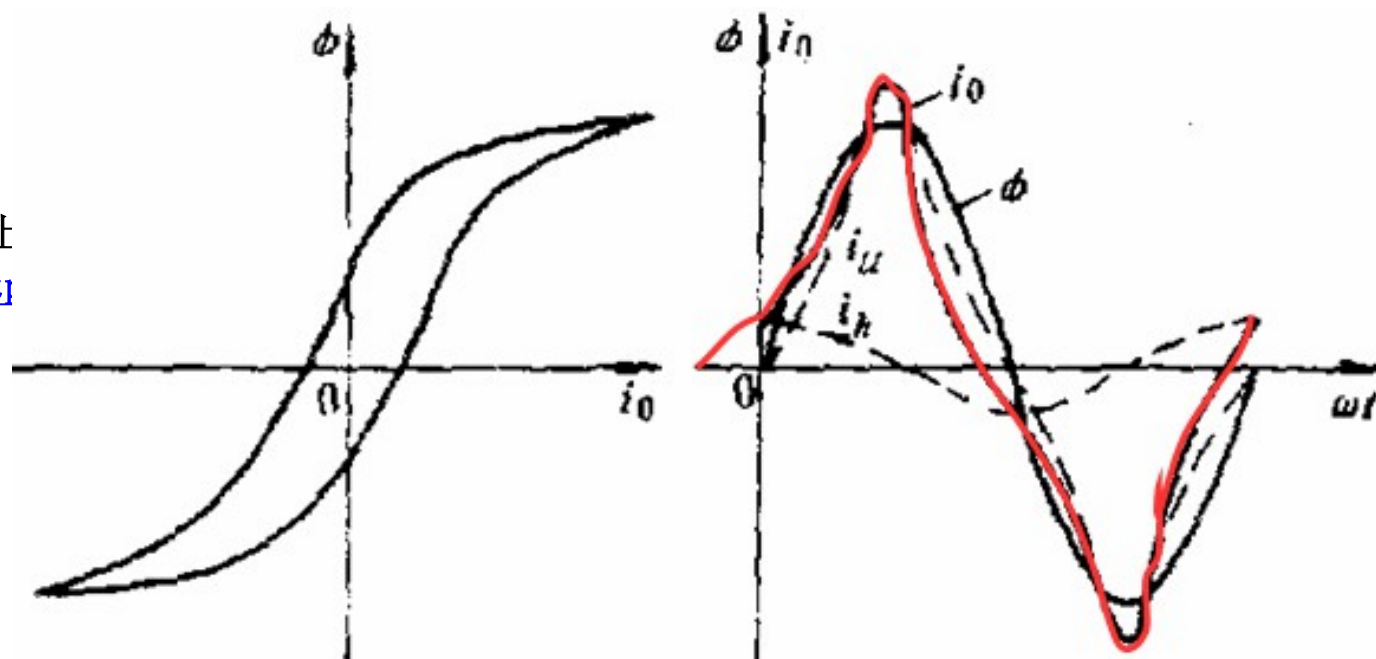
（二）磁滞现象的影响

激磁电流是不对称尖顶波，把它分解成两个分量。

（1）对称的尖顶波，它是磁路饱和所引起的，即磁化电流分量 i_μ 。

（2）近似正弦波，电流分量 i_h ，频率为基波频率，**磁滞电流分量**， i_h 与 $-E_1$ 同相位，是有功分量电流。

以上
<http://>



文，请访问：



东南大学
电气工程学院