



哈尔滨工业大学

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY



自动控制实践A

9.4-单相异步电机和异步电机参数



目 录

1、单相异步电动机与两相异步电动机

- 单相脉振磁场的特点

- 电容分相电机与罩极电机

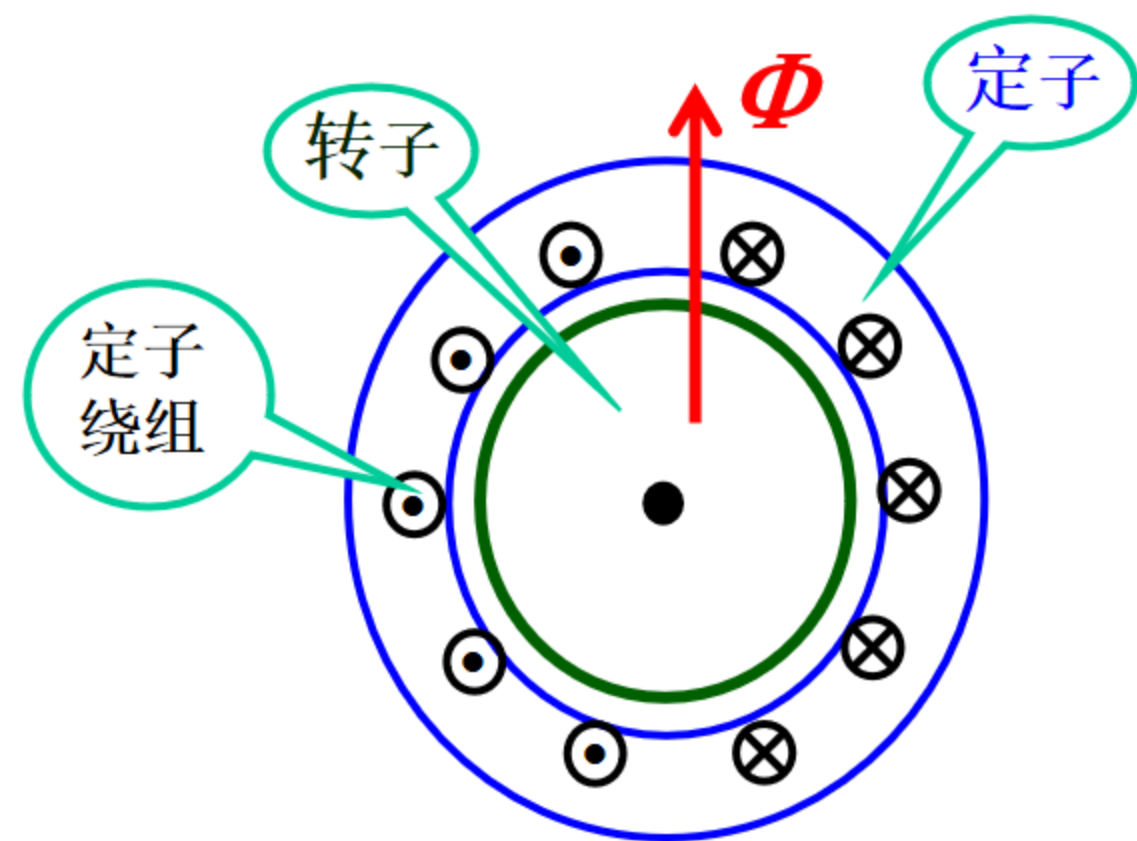
2、异步电动机铭牌与选择

3、异步电机小结



1. 单相异步电动机与两相异步电动机

单相异步电机：定子放单相绕组，转子一般用鼠笼式。



定子中通入单相交流电后，形成**脉振磁场**。其磁感应强度按正弦分布，且随时间按正弦变化。



1. 单相异步电动机与两相异步电动机

脉振磁动势的分解

单相绕组产生的脉振磁动势的基波表达式为

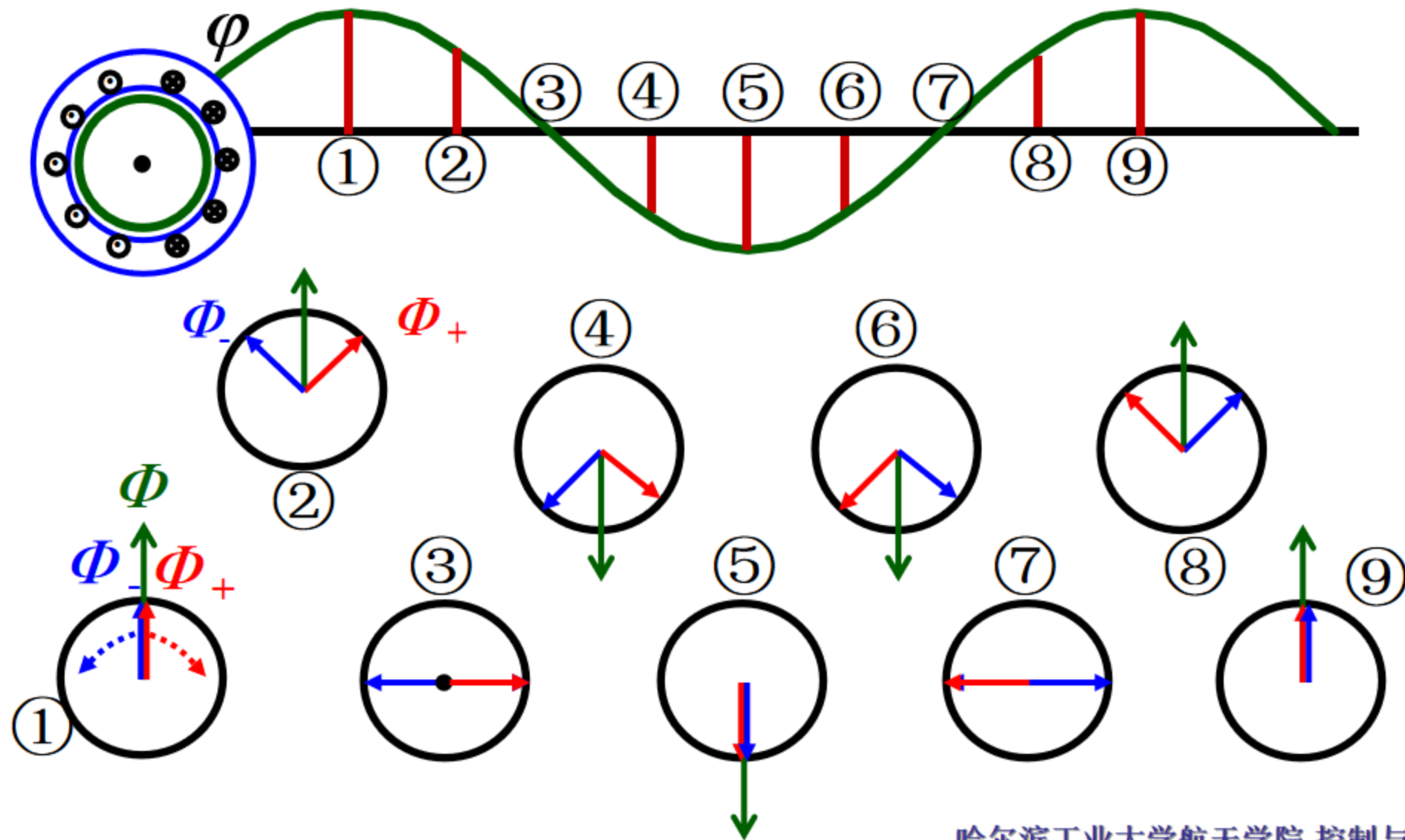
$$f_{\varphi 1} = F_{\varphi 1} \cos \alpha \sin \omega t$$

$$f_{\varphi 1} = \frac{1}{2} F_{\varphi 1} \sin(\omega t - \alpha) + \frac{1}{2} F_{\varphi 1} \sin(\omega t + \alpha) = f_{\varphi 1}^{+} + f_{\varphi 1}^{-}$$

按正弦波分布的脉振磁动势，可分解为两个转速相等、转向相反的旋转磁动势，其幅值为原脉振磁动势最大幅值的一半。当脉振磁动势达到正的最大值时，两个旋转磁动势分量位于该相绕组的轴线上。



1. 单相异步电动机与两相异步电动机

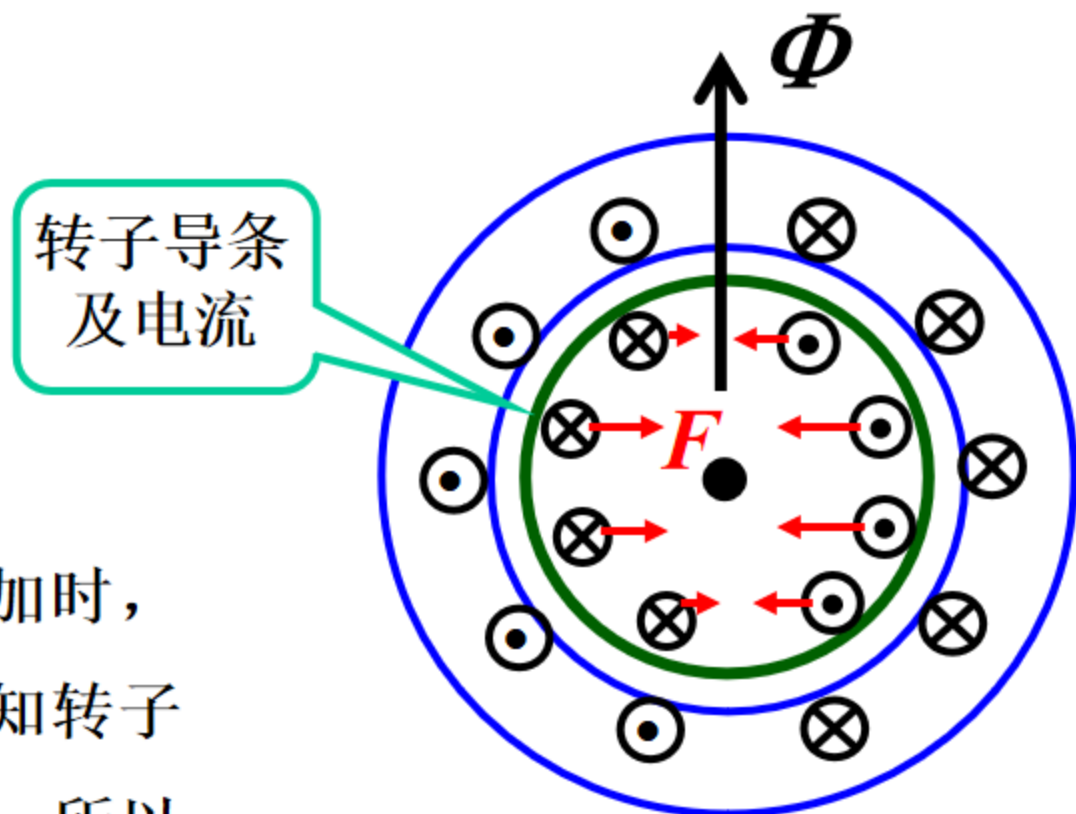


1. 单相异步电动机与两相异步电动机

单相异步电动机的特点：

自身没有起动转矩

当定子绕组产生的合成磁场增加时，根据右手螺旋定则和左手定则，可知转子导条左、右受力大小相等方向相反，所以没有起动转矩。



1. 单相异步电动机与两相异步电动机

单相脉振磁场的机械特性

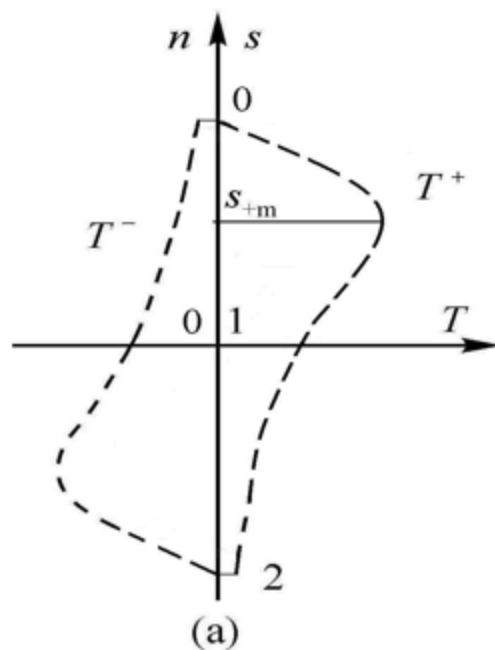
首先绘出脉振磁场对应的正、反转磁场，对应的电磁转矩曲线如图所示，

T^+ ， T^- 关于坐标原点 ($T=0, n=0, s=1$) 对称。

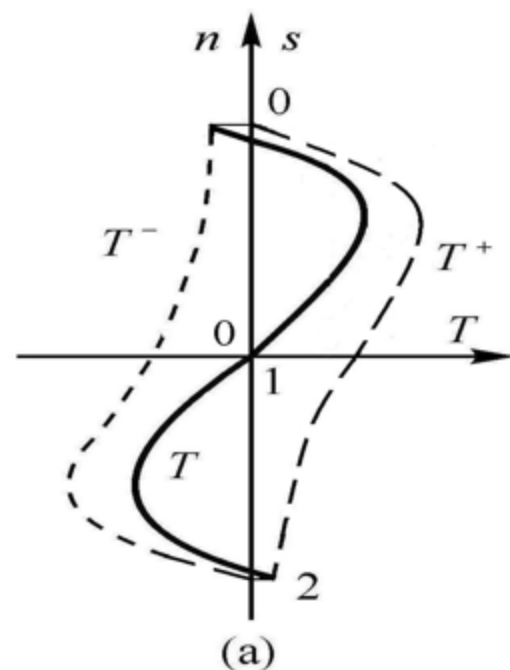
然后叠加，即可获得单相异步电机的机械特性。

$$T = T^+ + T^-$$

单相异步电机启动后，
有维持旋转的电磁力矩。



$$T^-(s) = -T^+(2-s)$$



$$T^-(n) = -T^+(-n)$$

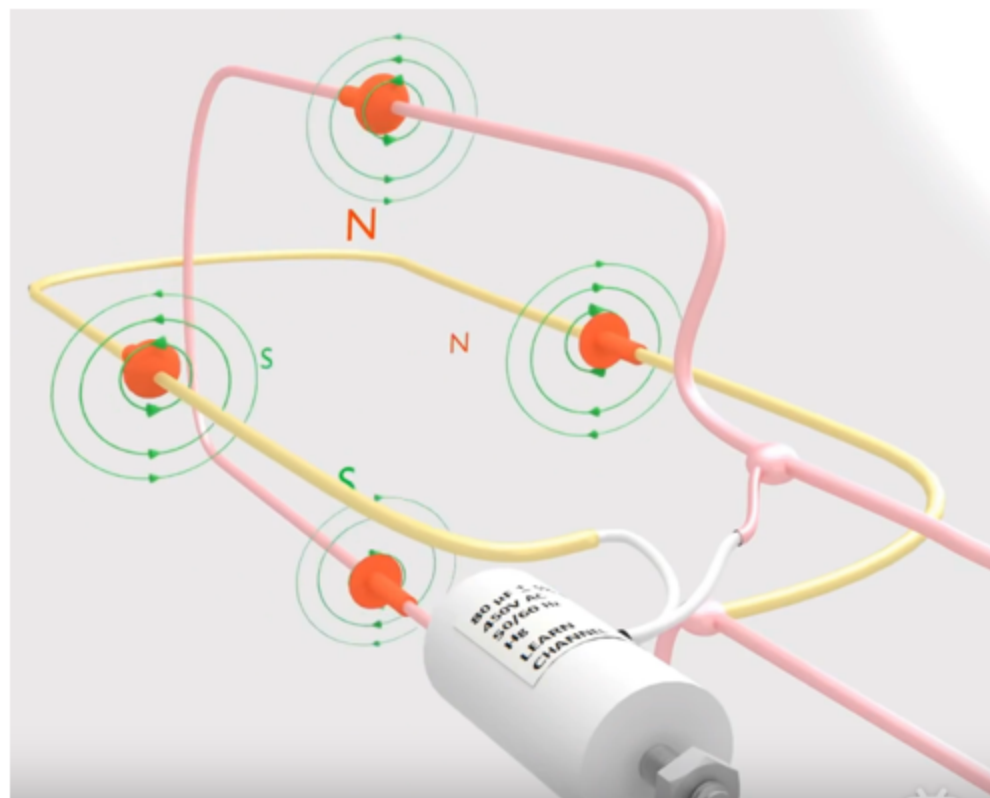


1. 单相异步电动机与两相异步电动机

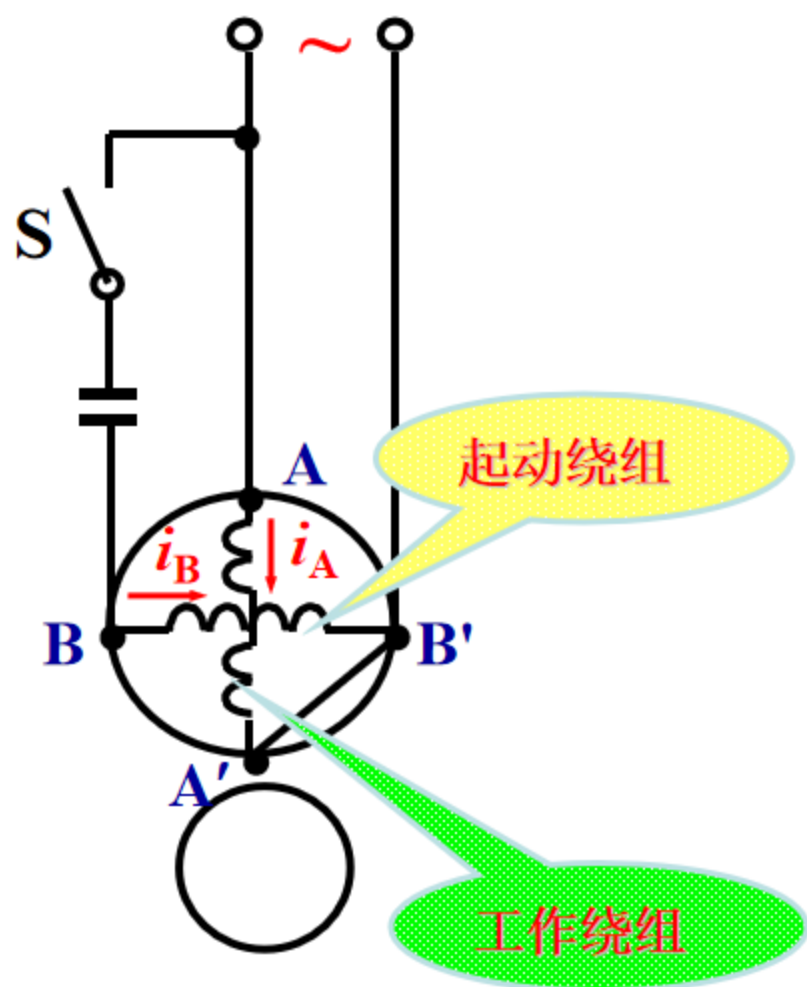
为了获得所需起动转矩，单相异步电动机定子需要特殊设计。常用的单相异步电动机有电容分相式和罩极式，他们都采用鼠笼式转子，但定子结构不同。

电容分相式异步电动机

电容分相式异步电动机的定子中放置有两个绕组，一个是工作绕组 A-A'，另一个是起动绕组 B-B'，两个绕组在空间相隔 90° 。起动时，B-B'绕组经电容接电源，两个绕组的电流相位相差近 90° ，即可获得所需的旋转磁场。



1. 单相异步电动机与两相异步电动机



两相电流为

$$i_A = I_{Am} \cos \omega t$$

$$i_B = I_{Bm} \cos(\omega t + 90^\circ)$$

电动机转子转动起来后，利用离心力将开关S断开(S是离心开关)，使起动绕组B-B' 断电。

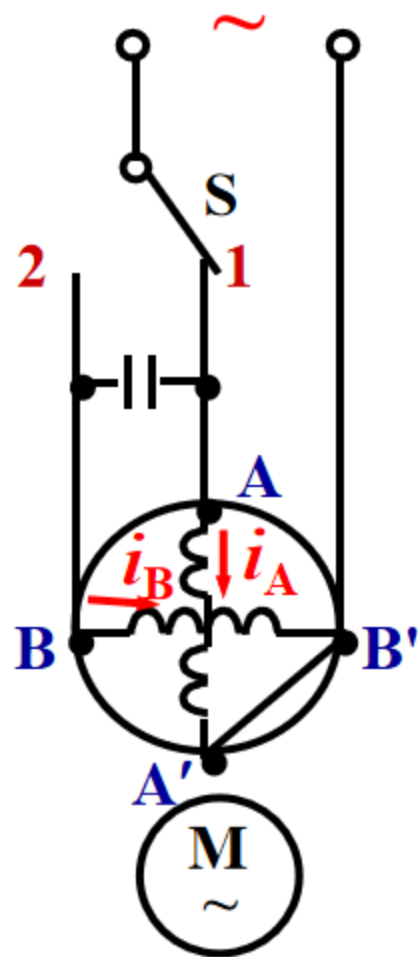
电容分相式异步电动机



1. 单相异步电动机与两相异步电动机

改变电容C的串联位置，可使单相异步电动机反转。

将开关S合在位置1，电容C与B绕组串联，电流 i_B 较 i_A 超前近 90° ；当将S切换到位置2，电容C与A绕组串联，电流 i_A 较 i_B 超前近 90° 。这样就改变了旋转磁场的转向，从而实现电动机的反转。



实现正反转的电路



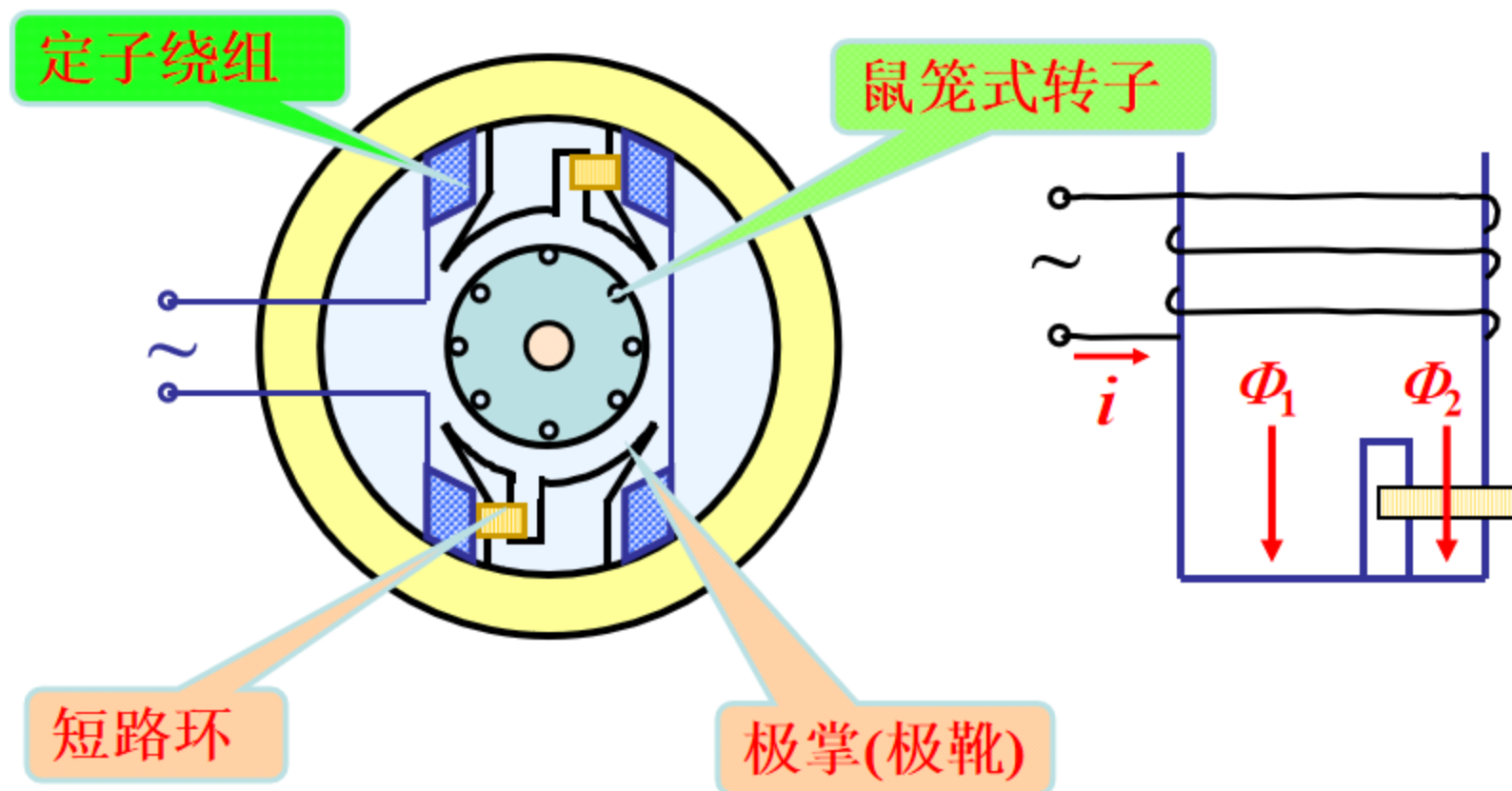
1. 单相异步电动机与两相异步电动机

电容分相式异步电动机



1. 单相异步电动机与两相异步电动机

罩极式单相异步电机



1. 单相异步电动机与两相异步电动机

电流 i 流过定子绕组，产生了磁通 Φ_1 ，同时产生的另一部分磁通与短路环作用生成了磁通 Φ_2 。由于短路环中感应电流的阻碍作用，使得 Φ_2 在相位上滞后 Φ_1 ，从而在电动机定子极掌上形成一个向短路环方向移动的磁场，使转子获得所需的起动转矩。

罩极式单相异步电动机起动转矩较小，**转向不能改变**，常用于电风扇、吹风机中；电容分相式单相异步电动机的起动转矩大，转向可改变，故常用于洗衣机等电器中。



目 录

1、单相异步电动机与两相异步电动机

- 单相脉振磁场的特点

- 电容分相电机与罩极电机

2、异步电动机铭牌与选择

3、异步电机小结



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

三相异步电动机的铭牌

一般三相异步电动机的铭牌如下：

型号Y160M-6	功率7.5kW	频率50Hz
电压380V	电流17A	接法 Δ
转速970r/min	绝缘等级B	工作方式连续
年 月	编号	××电机厂



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

电网输入异步电动机定子的额定功率 P_1 $P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \phi_1$

定子相数： m_1 ； 定子相电压： U_1 ； 定子相电流 I_1 ； 功率因数 $\cos \phi_1$

额定功率 P_N ： 额定功率为电动机在额定状态下运行时， 转子轴上输出的机械功率， 单位为kW。

额定功率 P_N 等于额定状态下电机从电源吸收的功率 P_1 乘以额定效率 η_N

$$P_N = \eta_N P_{1N} = \eta_N m_1 U_{1,N} I_{1,N} \cos \phi_N = m_1 U_{1,N} I_{1,N} \eta_N \cos \phi_N$$

额定状态下， 定子相电压： $U_{1,N}$ ； 定子相电流 $I_{1,N}$ ； 功率因数 $\cos \phi_N$

空载时功率因数很低约为0.2-0.3。额定负载时，功率因数最大，额定负载时一般为0.7 - 0.9。



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

额定功率 P_N : 额定运行时轴上输出的机械功率, 单位为千瓦(kW)。

额定电压 U_N : 额定运行时定子绕组的线电压, 单位为伏(V)。

额定电流 I_N : 电机在额定电压下运行, 输出额定功率时, 定子绕组中的线电流, 单位为安(A)。

额定频率 f_N : 加于定子绕组的电源频率, 我国工频为50赫(Hz)。

额定转速 n_N : 电机在额定电压、额定频率和额定功率下的转速, 单位为转/分(r/min)。

还有绕组的相数与接法, 绝缘等级及允许温升等;

对绕线型电机, 还要标明转子额定电压及额定电流。

注意: 额定电压额定电流, 指的是线电压, 线电流



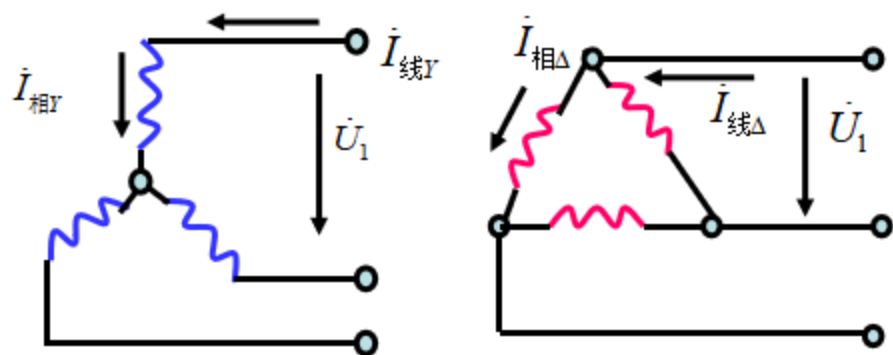
2. 三相异步电动机的铭牌和选择

电网输入三相异步电动机定子的功率 P_1 $P_1 = 3U_1 I_1 \cos \phi_1$

定子相电压: U_1 ; 定子相电流 I_1 ; 功率因数 $\cos \phi_1$

三相异步电动机三角形接法:

$$I_{\text{线}\Delta} = \sqrt{3}I_{\text{相}\Delta} \quad U_{\text{线}\Delta} = U_{\text{相}\Delta}$$



三相异步电动机星形 (Y) 接法:

$$I_{\text{线}Y} = I_{\text{相}Y} \quad U_{\text{线}Y} = \sqrt{3}U_{\text{相}Y}$$

因此, 三相异步电动机输入功率与接法无关: $P_1 = \sqrt{3}U_{\text{线}} I_{\text{线}} \cos \phi_1$

三相异步电机额定功率:

$$P_N = \eta_N P_{1N} = \sqrt{3}U_N I_N \eta_N \cos \phi_N$$



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

输入功率 P_1 : $P_1 = \sqrt{3}U_{1N}I_{1N}\cos\varphi_N$

输出功率 P_2 : $P_2 = P_1 \eta_N = \sqrt{3}U_{1N}I_{1N}\eta_N\cos\varphi_N$



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

(1) 型号 型号用来表示电动机的种类和形式, 由汉语拼音字母、国际通用符号和阿拉伯数字组成。

如 Y160M - 6, 其中:

Y—产品代号, 三相异步电动机;

160—机座中心高160 mm;

M—机座长度代号 (M表示中机座, S表示短机座, L表示长机座);

6—磁极数。



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

各类常见电动机的产品名称代号及其意义如下：

YR—绕线型三相异步电动机；

YB—防爆型异步电动机；

YZ—起重、冶金用异步电动机；

YQ—高起动转矩异步电动机；

YD—多速三相异步电动机。



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

(2) 额定电压和接法

额定电压指定子绕组按铭牌上规定的接法连接时应加的**线电压**值。

例： Y/ Δ 380/220 是指：线电压为380V时采用Y接法；当线电压为220V时采用 Δ 接法。

说明：一般规定电动机的运行电压不能高于或低于额定值的 5%。（带恒定负载稳速运行场合）

Y系列电动机功率在 4 kW以上一般均采用三角形连接， 以便采用Y- Δ 启动接法。



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

(3) 额定电流 额定电流指电动机在额定运行情况下，定子绕组取用的线电流值。

Δ/Y 11.2A/6.48A

表示三角接法下，电机的线电流为11.2A(相电流为6.48A)；
星形接法时线、相电流均为6.48A。

(4) 额定转速 额定转速为电动机在额定运行状态时的转速，单位为 r/min。

(5) 额定频率 额定频率指额定电压的频率，国产电动机均为 50 Hz。



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

(6) 温升及绝缘等级

绝缘等级	A	E	B	F	H	C
极限工作温度 (°C)	105	120	130	155	180	210

(7) 工作方式 工作方式即电动机的运行方式。按负载持续时间的不同，国家标准把电动机分成三种工作方式：连续工作制、短时工作制和断续周期工作制。

除了铭牌数据外，还可以根据有关产品目录或电工手册查出电动机的其它一些技术数据。



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

三相异步电动机的选择

1. 功率选择

功率选择的原则是根据拖动的负载，最经济、合理地确定电动机的功率。

要防止选择的功率过大，避免出现“**大马拉小车**”现象，既浪费能源，又增加投资；同时也应防止选择的功率过小，出现“**小马拉大车**”现象，电动机可能长时间在过载状态下工作，易烧坏定子绕组。电动机的功率选择，一般按电动机的工作方式通过计算确定。

电机在接近额定状态下工作，定子电路的功率因数最高。

空载时功率因数很低约为0.2-0.3。额定负载时，功率因数最大，额定负载时一般为0.7 - 0.9。



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

2. 类型的选择

电动机类型的选择，应根据应用要求，从技术和经济方面全面考虑、选择。机械不带载起动的，通常采用鼠笼式异步电动机，如一般机床、水泵等；若要带一定大小的负载启动，可采用高启动转矩电动机；若启动、制动频繁，且要求启动转矩大，可采用鼠笼电机的变频调速。

3. 结构型式的选择

为使电动机在不同环境中安全可靠地工作，防止电动机可能造成灾害，须根据不同的环境要求，选用适当防护型式，防护型式有：开启式、防护式、封闭式和防爆式四种。



2. 三相异步电动机的铭牌和选择

4. 转速选择

电动机的额定转速应根据生产要求选定。转速高的电动机，体积小，价格便宜；而转速低的电动机，体积大，价格贵。应结合机械传动机构的成本，选择合适转速的电动机。

5. 电压的选择

电压选择要依据电动机运行场所供电网的电压等级，同时还应兼顾电动机的类型和功率。小容量的电动机额定电压均为380 V，大容量的电动机有时采用3kV和6kV的高压电动机。



直流电动机与交流电动机的对比

直流电机

- 结构复杂
- 有电刷,维护困难
- 因为有电刷,所以在环境恶劣的不适用
- 变流装置较便宜
- 功率注入转子,散热所需通风机功率较大
- 效率 $0.7 \sim 0.9$

交流电机

- 结构简单
- 无电刷,维护简单
- 无电刷,适用环境较广
- 变流装置较贵
- 功率注入定子,散热所需通风机功率较小
- 效率 $0.7 \sim 0.9$



目 录

1、单相异步电动机与两相异步电动机

— 单相脉振磁场的特点

— 电容分相电机与罩极电机

2、异步电动机铭牌与选择

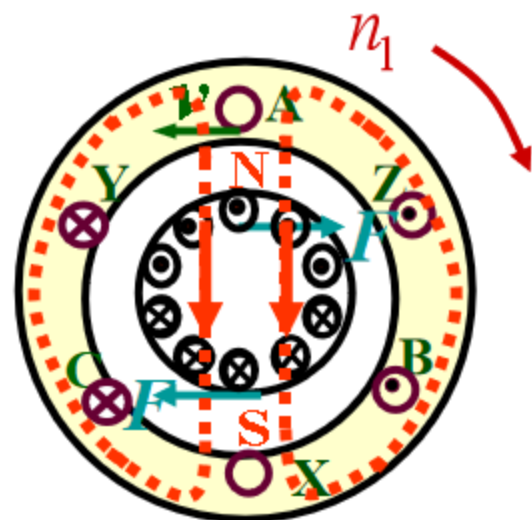
3、异步电机小结



3. 异步电机小结

定子三相对称绕组通入三相对称交流电流

→ 旋转磁场 $\left\{ \begin{array}{l} n_1 = \frac{60 f_1}{p} \text{ (rpm)} \\ \text{方向: 电流时序决定} \end{array} \right.$



→ 切割转子导体 \xrightarrow{Blv} 感应电动势 E_{20}
右手定则

→ 感应电流 I_2
→ 旋转磁场 $\left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow{Bli} \text{电磁力 } F \\ \text{左手定则} \end{array} \right.$

→ 电磁转矩 T → 转子转速 n



3. 异步电机小结

电动机转子转动方向与定子所产生的同步磁场旋转的方向一致，但转子转速 n 不可能达到与旋转磁场的转速相等，即

$$n < n_1 \Rightarrow \text{异步电动机}$$

因此，转子转速与旋转磁场转速间必须要有差别。而异步电动机之所以被冠以“异步”二字，是因为其转子的转速 n 永远也跟不上旋转磁场的转速 n_1 。两者存在转速差。



3. 异步电机小结

1、掌握交流绕组与旋转磁场

合成旋转磁场的产生与特性

2、掌握异步电机的调速

异步电机不同的调速方式及其特点

3、熟悉运行原理与特性

感应电势，等效电路，功率关系，力矩特性

4、了解单相/两相异步电机

电容分相与罩极电机



异步电机自测题

(3) 针对普通三相异步电动机以下正确的是 ACD。

- A. 转动过程中断了某一相，也可能持续旋转
- B. 鼠笼式异步电机可以转子串电阻调速
- C. 绕线式异步电机可以串电阻调速
- D. 采用变频调速时，电机工作于圆形旋转磁场下
- E. 采用变频调速时，电机工作于脉振磁场下

(4) 单相异步电动机的启动方式有 ABC。

- A. 电阻分相启动
- B. 电容分相启动
- C. 罩极启动
- D. 脉冲宽度调制启动



异步电机自测题

(5) 异步电机调速方法中，会改变同步转速的是 AB。

A. 变极调速

B. 变频调速

C. 改变定子电压调速

D. 转子回路串电阻调速



致 谢

本文档所引用的许多素材，来源于互联网上国内外的课件、科技论文、文章、网页等。本文引用只是为了给学生提供更好的教学素材，非商业目的。对这些所引用素材的原创者，在此表示深深的谢意。

