

印刷机械电气传动



上海出版印刷公司七·二一大学

说 明

- 一、本书由 陆广达 老师于一九七五年编写，商请丁之行同志校订。
- 二、本书供上海出版印刷公司七·二一大学教学试用，各厂技工学校 and 职工业余学校也可择要选学。
- 三、书中的错误不当之处，恳盼同志们批评指正，以利修改提高。

上海出版印刷公司七·二一大学

一九七九年十二月

目 录

第一章 电动机的性能和使用	1
第一节 电动机的机械特性	1
一、电动机的工作情况.....	2
二、并激直流电动机的机械特性.....	3
三、异步电动机的机械特性.....	4
四、三相交流整流子电动机的机械特性.....	8
五、电磁调速异步电动机的机械特性.....	11
第二节 电动机的起动	13
一、直流电动机的起动.....	14
二、鼠笼式异步电动机的起动.....	14
三、绕线式异步电动机的起动.....	14
四、三相交流整流子电动机的起动.....	17
五、电磁调速异步电动机的起动.....	18
第三节 电动机的调速	18
一、交流异步电动机的调速.....	18
二、三相交流整流子电动机的调速.....	20
三、电磁调速异步电动机的调速.....	21
四、并激直流电动机的调速.....	21
第四节 电气制动	23
一、电气机械制动.....	23
二、反接制动.....	24
三、能耗制动.....	24
第五节 电动机功率和型式选择	25
一、电动机容量的选择.....	26
二、电动机类型的选择.....	28
第二章 控制电器与保护电器	29
第一节 开关和接触器	29
一、闸刀开关和转换开关.....	29
二、熔断保护器与自动开关.....	30
三、按钮和行程开关.....	32
四、水银开关.....	33
五、控制器.....	33
六、接触器.....	34
第二节 继电器	36
一、时间继电器.....	36
二、速度继电器.....	37

三、热继电器	38
四、压力式温度继电器	39
五、干簧继电器	40
六、晶体管继电器	40
七、光电继电器	41
八、晶体管时间继电器	42
第三章 基本控制电路	47
第一节 鼠笼式电动机控制电路	47
一、用闸刀开关控制鼠笼电动机	47
二、鼠笼式电动机接触器控制电路	48
第二节 可逆电动机控制电路	49
第三节 长、短车和多岗位按钮控制线路	50
一、长车和短车的控制电路	50
二、多岗位按钮控制线路	51
第四节 起动信号报警电路	52
第五节 起动过程自动控制电路	53
一、鼠笼电动机加电阻降压起动	53
二、鼠笼电动机星三角形起动过程自动化	54
三、绕线式电动机起动过程自动化	55
四、直流电动机起动过程自动化	56
第六节 调速自动控制电路	56
一、双速鼠笼式电动机调速控制电路	56
二、绕线式电动机调速控制电路	57
三、三相交流整流子式电动机调速控制电路	60
四、电磁调速异步电动机调速电路	62
五、直流电动机调速控制电路	69
第七节 电气制动控制电路	71
第四章 制版机械电气设备和电气传动	74
第一节 凸版制版机械	74
一、双刷自动打纸型机	74
二、自动铸版机	76
三、铅版电镀槽升降自动控制	78
四、无粉腐蚀机	82
第二节 制版电光源设备	85
一、超高压直流短弧氙灯触发电路	86
二、交流长弧氙灯触发器	87
三、镝灯触发电路	91
四、脉冲氙灯触发电路	93
第三节 ZD2 对开吊式制版照相机	96
一、镜头与画稿架电气传动	96
二、滤色镜选择传动装置	98

三、补白光控制电路·····	99
四、镜头与画稿调节电路·····	100
五、一触双氙灯触发电路·····	100
六、光量定时计·····	102
第四节 晒版、打样机械 ·····	105
一、调速热风烘版机·····	105
二、联晒机·····	107
三、胶印打样机·····	109
第五章 平版印刷机电气设备和传动 ·····	113
第一节 手摆改自动胶印机 ·····	113
第二节 J4102 型四开单色胶印机 ·····	117
第三节 J2102 型对开单色胶印机 ·····	122
第四节 J2106 型对开单色胶印机 ·····	126
第五节 J2201 型对开双色胶印机 ·····	133
第六章 凸版印刷机电气设备和传动 ·····	142
第一节 手摆改自动二回转机 ·····	142
第二节 TE102 型全张自动二回转印刷机 ·····	148
第三节 LP 1101 型全张单面转转机 ·····	155
第四节 LS201 型书版轮转印刷机 ·····	163
第五节 LB205 型书报两用转转机 ·····	166
第七章 装订机械电气设备和传动 ·····	168
第一节 PDQ-02 型骑马联动订书机 ·····	168
一、主传动部分·····	168
二、测书自动控制部分·····	172
三、三面刀切纸机出书计数器·····	176
第二节 YBF-103型圆盘式双头包封面机 ·····	182

第一章 电动机的性能和使用

英明领袖华主席为我们发出了号召:加强出版事业,尽快改变目前书刊品种少,出版周期长,印刷技术落后的状况。

党的第十一次全国代表大会和第五届全国人民代表大会,规定了我国人民在社会主义革命和社会主义建设的新的发展时期的总任务,这就是:坚决贯彻执行党的十一大路线,坚持无产阶级专政下的继续革命,深入开展阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动,在本世纪内把我国建设成为农业、工业、国防和科学技术现代化的伟大的社会主义强国。

我国的印刷工业是社会主义工业的一部分。书刊印刷工业作为党的宣传工具,作为社会主义文化事业的一个组成部分,在实现新时期总任务的斗争中,它肩负着为宣传马列主义、毛泽东思想,为极大地提高整个中华民族的科学文化水平,为丰富人民群众的精神文化生活,为配合尽早实现四个现代化而更多更快地印刷好各种出版物的艰巨重任。书刊印刷工业的性质和它肩负的任务决定了它必须尽快实现印刷技术现代化,力争本世纪内赶上和超过国际先进水平。

印刷技术现代化的特征之一是印刷机械自动化。实现了自动化,繁重的手工操作才能摆脱,印制质量才能提高,印制速度才能大幅度加快,印制成本才可大大降低。总之,广泛实现印刷机械自动化和进一步提高自动化程度,已成为实现印刷工业现代化的主要措施之一。

遵循伟大领袖毛主席关于:“自然科学是人们争取自由的一种武装。”“人们为着要在自然界里得到自由,就要用自然科学来了解自然,克服自然和改造自然,从自然界得到自由。”的教导,编写这本《印刷机械电气传动》,着意于帮助读者了解现有印刷机械自动化的一般原理和作用,对现有的这类印刷机械能够应用它,维修它,使之正常生产,并在熟练它的基础上,进而改革它,为创造自动化程度更高的新颖印刷机械而贡献力量。

本书内容,大体上分为“电气传动基础知识”和“印刷机械电气传动”两大部分。

本章属于基础知识之一,对印刷工业中常用的各种电动机的特性、起动、调速、制动等方面作必要的叙述。

第一节 电动机的机械特性

电动机习称马达,它的功能是将电能转变成机械能。

电动机的种类很多,本书主要介绍并激直流电动机、异步电动机和交流整流子式电动机,因为这些电动机在印刷工业中广泛应用。另外,对电磁调速异步电动机(习称滑差电动机)也将作必要叙述,因为在印刷工业中正在推广使用。

一、电动机的工作情况

并激直流电机的电动势和转矩公式如下：

$$E = C_e \phi n \quad (1-1-1)$$

$$M = C_m \phi I \quad (1-1-2)$$

式中 E ——电动势或反电动势；

M ——转矩；

I ——电枢电流；

n ——电机轴的转速；

ϕ ——磁极磁通；

C_e 和 C_m ——电机常数。

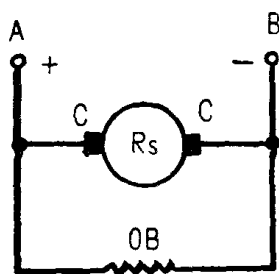


图 1-1-1

图 1-1-1 是直流并激电机的线路图，图中符号： R_s ——电机的电枢， C ——电刷， OB ——激磁绕组，由它产生磁通。 A 和 B ——电源的接线柱。如果将 A 和 B 接通直流电源，它就作为电动机而运行。此时通电的电枢导线在磁极磁场中就受到电磁力的作用，力的方向可由左手定则来确定。这些力使电枢产生一电磁转矩，于是电动机就按一定的方向转动起来。

当电动机转动后，电枢导线因切割磁力线而产生感应电动势，由右手定则可知，此电动势方向恰好与电枢电流方向相反，故为一反电动势。由式(1-1-1)得

$$E_{\text{反}} = C_e \phi n. \quad (1-1-3)$$

由于电枢绕组中具有反电动势，故加在电枢绕组的端电压应分为两部分：其一用来平衡反电动势；其二为电枢绕组的电压降。因此直流电动机的电压平衡方程式为

$$U = E_{\text{反}} + I_s R_s. \quad (1-1-4)$$

由此式，求得电动机的电枢电流为

$$I_s = \frac{U - E_{\text{反}}}{R_s}. \quad (1-1-5)$$

如果电枢产生的电磁转矩 $M = C_m \phi I_s$ 与作用在电枢轴上的反抗转矩 $M_{\text{反}}$ 相等，则电枢以等速旋转；如果电动机的负载增大（即 $M_{\text{反}}$ 增大），即电磁转矩小于反抗转矩（ $M < M_{\text{反}}$ ），电动机就减速。随着转速 n 的下降，电枢绕组的反电动势 $E_{\text{反}}$ 减小，由式(1-1-5)看出，电流 I_s 逐渐增加，电磁转矩也逐渐增大。最后，当 $M = M_{\text{反}}$ 时电动机就不再减速，而就以这较低的转速作等速转动。由此可见，当电动机输出的机械功率增大时，电动机消耗的电流和电功率随着增大，但转速要下降。

如果电动机的负载减小，即 $M_{\text{反}} < M$ ，则转速 n 上升，它的过程与上述情况相反。

由此可见，直流电动机转速的变化与轴上的负载变动有关。

图 1-1-2 为可逆直流电动机的接线图。如果电动机的磁场方向不变，要改变电动机的旋转方向，只要改变电枢电流的方向就可以

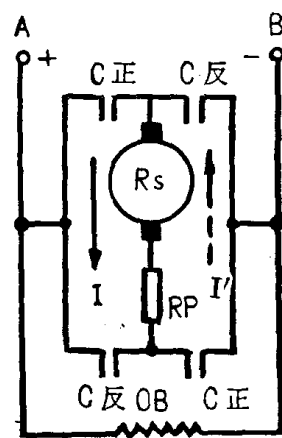


图 1-1-2

了。在图 1-1-2 中,在触头 $C_{正}$ 合上时,电流为 I ,方向如图中实线所示。换向时, $C_{正}$ 断开, $C_{反}$ 合上,电流为 I' ,方向如图中虚线所示。这时,负载和电动机的转子由于惯性的缘故,还是以原来方向旋转着。而磁极方向没有变,故它产生的电动势 E 仍没有变。这时电动势 E 就和外加电压方向相同,电动机在作发电机情况下运行。它将机械能转变为轴承间摩擦热能和输向电网的电能。它的电压方程为:

$$U + E = I'(R_i + R_p) \quad (1-1-6)$$

式中 R_i 为电枢的内电阻, R_p 为附加电阻,这时的电流 I' 将比工作电流 I 大好几倍。附加电阻 R_p 就是用来限制反向起动电流。由于电流 I' 和磁通 ϕ 所产生的转矩 $M = C_m \phi I'$ 与转动方向相反,故这时为一制动转矩。它将使电机和负载迅速减速一直到零。之后,再以相反的方向继续运转。在很多场合下,我们用反接电源的方法对电动机进行制动。

图 1-1-3 是另一种电动机工作于发电机状态下的情况接线图。当接触器 C 的常开触头切断电源时,由于惯性,它将继续转动。由于磁场的存在和电枢的转动,在电枢的导体内就产生电动势。因为这时常闭触头 C 已经闭合,它就在附加电阻 R_p 所构成的回路内产生电流。它的方向与电动势 E 一致,也就是与原来电流方向相反。这样,就产生了与转动方向相反的转矩。因此,电机就能很快地进行制动。它的电流大小为:

$$I = \frac{E}{R_i + R_p} \quad (1-1-7)$$

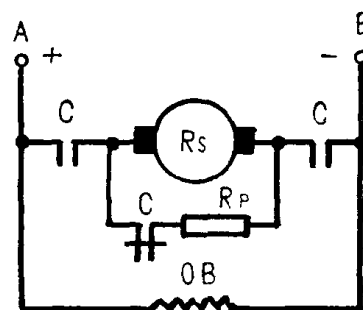


图 1-1-3

异步电动机接通到电网上去的是三相定子绕组。滑环式电动机的转子绕组可以接到外面的变阻器上去,而鼠笼式电动机是不能这样做的。异步电动机具有和并激直流电动机同样的工作特性。上述两种异步电动机,它们的激磁电流都是流过定子绕组,并且也就是负载电流。当然,在绕组中并没有流过两种不同的电流,但是其一部分是激磁电流,而另一部分就是工作电流。激磁电流建立了旋转磁场。异步电动机的转子在电动机转动时,滞后于旋转磁场,其转速小于磁场转速。在发电机工作状态下,并且联接到电网中去时,其转子转速将大于磁场转速。这时的电动势 E 与外电压同方向。这时流过电动机的电流将是很大的。故这时一定要在定子电路中接入附加电阻,以限制过大的电流。任意转换三相中的二相,就可使异步电动机反转。象直流并激电动机一样,在反接制动的过程中,系统的动能将转变成电能,所以电动机将处于发电机情况下工作。

如果在绕线式电动机的转子电路中,附加电阻比转子电阻大得多,那么,逆转开始时,附加电阻两端的电压大概将大于转子在静止时转子电压的两倍。

当异步电动机从电网切断处于发电机工作状态时,立即将定子绕组接到直流电源上去,这样,就建立了激发磁通。这时转子在磁场中旋转,它的导体将产生电动势。其实,它就是一台同步发电机。

二、并激直流电动机的机械特性

所谓电动机的机械特性,就是速度与转矩之间的函数关系 $n = f(M)$ 。

在电动机运转情况下,按式 (1-1-3) $E_{反} = C_e \phi n$ 、式 (1-1-4) $U = E_{反} + I_s R_s$ 和式 (1-1-2)

$M = C_m \phi I$ 得:

$$n = \frac{U - I_s R_s}{C_e \phi} = \frac{U}{C_e \phi} - \frac{R_i + R_p}{C_e \phi C_m \phi} M_0 \quad (1-1-8)$$

由上式可以看出, 速度和电流或转矩之间是线性函数的关系。在特性曲线的图上是一条直线。它可由两点来决定:

若 $M = 0$,

$$n = n_0 = \frac{U}{C_e \phi} \quad (1-1-9)$$

又若 $n = 0$, $R_p = 0$,

$$M_0 = \frac{C_m \phi U}{R_i} \quad (1-1-10)$$

负载等于零时的转速, 叫做理想空载转速。当然, 事实上负载转矩不可能等于零, 真正的

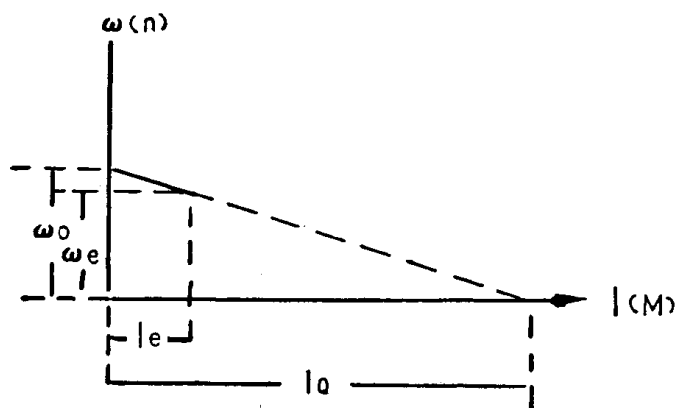


图 1-1-4 速度和电流(转矩)的关系

这种状态, 只是电动机在理想的运转情况。速度为零时的电流, 通常叫做短路电流。但是, 只有在转子电路内没有接入附加电阻 ($R_s = R_i$) 时才有这种情况。否则, 这个电流通常称作起动电流 (I_0)。图 1-1-4 就是速度和电流或转矩之间的函数关系。图上直线的虚线部分, 实际上是虚构的。电枢本身的电阻 R_i 是很小的, 所以短路电流将大于额定电流 I_e 的 10~20 倍。所以起动时必须加入附加

电阻 R_p , 以减小起动电流。图 1-1-4 上额定电流 I_e 的部分是电动机的工作范围。这样导出的电动机的机械特性曲线是不精确的, 因为没有考虑到电枢反应和由于电流的变化而使过渡电阻改变等等的因素。但是, 在一般情况下, 这样的机械特性曲线, 已经足够准确了。

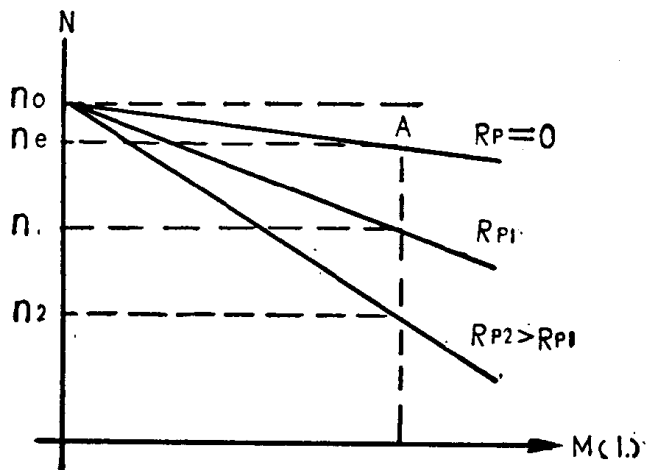


图 1-1-5 电枢电阻改变后的特性

图 1-1-5 是附加电阻 R_p 在不同情况时的特性曲线。 R_p 越大, 曲线愈斜。 $R_p = 0$ 时的特性曲线, 称为自然特性曲线; 其他则称人为特性曲线。越斜, 我们称之为特性曲线越软; 反之越硬。特性曲线软时, 由于电动机的负载变化, 将引起较大的转速变化。在印刷机的调速传动系统中, 为了保证工作的稳定, 我们力求减小因负载的变化而引起的转速波动, 因此要求电动机有较硬的机械特性。

三、异步电动机的机械特性

为了导出异步电动机的机械特性, 我们先来研究一下转差率及转子各量与转差率的关系。

同步转速 n_1 与转子转速 n_2 的差 $n_1 - n_2$, 称为相对转速。相对转速与同步转速之比, 称为异步电动机的转差率, 用 S 表示, 即:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (1-1-11)$$

转差率是分析异步电动机运转特性的一个重要数据。如果定子绕组接入电网, 旋转磁场立刻旋转, 而转子尚未转动, 此时 $n_2 = 0$, $S = 1$; 然后转子转动, 并且转速愈来愈快, 最后达到同步转速(这仅是理想的情况), 即 $n_2 = n_1$, 则 $S = 0$ 。由此可见, 转差率的变化范围是在 $0-1$ 之间。转子的转速愈高, 则转差率愈小。

三相异步电动机在额定负载时, 其转差率很小, 约为 $0.02 \sim 0.06$ 。

例: $S = 4\%$, $n_1 = 1500$ 转/分, 求异步转速 $n_2 = ?$

解: 由 $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$, 得 $n_2 = n_1(1 - S)$ 。 (1-1-12)

$\therefore n_2 = 1500(1 - 0.04) = 1440$ 转/分。

为了进一步了解异步电动机的工作特性, 需要先来分析转子各量与转差率的关系。

(一) 转子绕组的电动势 E_2 当转子不动时 (例如在起动的一瞬间), $n_2 = 0$, 转子与旋转磁场的相对转速就是 n_1 , 转子的导体就是以 n_1 的相对转速切割磁场。这时转子绕组中所产生的感应电动势 E_2 为最大, 用 E_{20} 来表示。如果转子以 n_2 的转速旋转, 则转子就以 $n_1 - n_2 = Sn_1$ 的相对转速切割磁场, 此时它的感应电动势 E_2 就是 E_{20} 的 S 倍, 即:

$$E_2 = SE_{20} \quad (1-1-13)$$

转子转得愈快, S 就愈小, E_2 也就愈小。

(二) 转子绕组中的电流频率 f_2 当转子不动时, 转子绕组就以每秒 $n_1/60$ 的相对转速切割磁场。如果旋转磁场具有 P 对磁极, 则转子的感生电动势和电流的交变频率均为

$$f_{20} = \frac{n_1}{60} P = f_1 \quad (1-1-14)$$

此式说明, 当转子不动时, 转子绕组中的电流频率与定子绕组中的电流频率相等。

如果转子以转速 n_2 旋转, 则转子绕组以每秒 $(n_1 - n_2)/60 = Sn_1/60$ 的相对转速切割磁场, 此时转子绕组中的电流频率为

$$f_2 = \frac{Sn_1}{60} P = Sf_1 \quad (1-1-15)$$

由此可见, 转子转速愈快, f_2 就愈低。

(三) 转子绕组的感抗 X_2 转子绕组不仅有电阻, 而且有感抗。转子绕组的电阻是不变的, 但感抗 X_2 随 f_2 而变, 亦即随 S 而变。当转子不动时, f_2 最高, 此时感抗最大, 用 X_{20} 表示, 即

$$X_{20} = 2\pi f_{20} L_2 = 2\pi f_1 L_2 \quad (1-1-16)$$

而转子转动后的感抗为

$$X_2 = 2\pi f_2 L_2 = 2\pi S f_1 L_2 = S X_{20} \quad (1-1-17)$$

由此可见。转子旋转得愈快, 则转子感抗愈小。

(四) 转子电流 I_2 转子电路既有电阻 R_2 , 又有感抗 X_2 , 故其阻抗为

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + (S X_{20})^2} \quad (1-1-18)$$

而转子电流为

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2} = \frac{SE_{20}}{\sqrt{R_2^2 + (SX_{20})^2}} \quad (1-1-19)$$

上式表明, 转子电流 I_2 随 S 的增大而增加。

(五) 转子电路的功率因数 在电阻电感电路中, 电流 I_2 要比电动势 E_2 滞后 φ_2 角, 因此, 转子电路的功率因数为

$$\cos\varphi_2 = \frac{R_2}{Z_2} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (SX_{20})^2}} \quad (1-1-20)$$

上式表明, 转子电路的功率因数 $\cos\varphi_2$ 随 S 的增大而下降。

异步电动机的电磁转矩 M 与旋转磁场的磁通 ϕ 和转子电流的有功分量 $I_2\cos\varphi_2$ 的乘积成正比, 即

$$M = C_m \phi I_2 \cos\varphi_2 \quad (1-1-21)$$

其中 C_m 为转矩常数, 它取决于电动机本身的结构。当电源电压恒定时, 磁通 ϕ 为恒值。故异步电动机的转矩由转子电流 I_2 和转子电路的功率因数 $\cos\varphi_2$ 来决定。但 I_2 将随着 S 增大而增加, $\cos\varphi_2$ 则随着 S 的增大而下降。至于转矩 M 究竟是增大还是减, 则须分别看 I_2 和 $\cos\varphi_2$ 的增减程度而定。

为了进一步了解转矩与转差率的关系, 将式(1-1-19)和(1-1-20)代入(1-1-21)中, 即得

$$M = C_m \phi \frac{SE_{20}}{\sqrt{R_2^2 + (SX_{20})^2}} \cdot \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (SX_{20})^2}}$$

化简:
$$M = C_m \phi E_{20} \frac{SR_2}{R_2^2 + (SX_{20})^2} \quad (1-1-22)$$

由前所述, 若定子电路的电源电压 U_1 及其频率为定值, 则 ϕ 、 E_{20} 及 X_{20} 都是常数。在 R_2 不变的情况下, 电磁转矩 M 仅随转差率 S 的变化而变。因为 S 在 $0 \sim 1$ 的范围内变化, 我们用 S 不同的值代入式(1-1-22), 经过运算, 就可得出异步电动机的转矩曲线, 如图 1-1-6 所示。

整个转矩曲线包含这样两个部分。

一是 OA 部分, 二是 AB 部分。其中 M_0 为起动转矩, M_{\max} 为最大转矩, M_e 为额定转矩。产生最大转矩时的转差率称为临界转差率, 用 S_L 表示。对一般异步电动机而言, S_L 约在 0.04 (大型电机) 到 0.14 (小型电机) 之间, 故 OA 部分是很陡的。现在, 我们来讨论 OA 和 AB 这两部分转矩 M 随着 S 变化的情况。

在 OA 部分, S 值比较小, 式(1-1-22)分母中的 $(SX_{20})^2$ 项可忽略, M 的值随着 S 的增大而增大。在 AB 部分, S 值就比较大, 分母中的 R_2^2 可忽略, 随着 S 的增大而电磁转矩却逐渐地下降。

电动机在接通电源被起动的瞬间, $n_2 = 0$, $S = 1$, 这时的转矩称为起动转矩 M_0 。只要负载的反转矩 $M_{\text{反}} < M_0$, 则转子就转动起来, 并且逐渐加速。电动机的电磁转矩沿着 $M = f(s)$ 曲线 BA 部分上升, 经过最大转矩 A 点后, 当 $M = M_{\text{反}}$ 时, 电机就以某一转速等速旋转。由此可见,

异步电动机一经转动之后，它就立即进入转矩曲线的OA部分稳定运行。我们称OA部分为电动机的稳定工作区域。因为当负载增大时，电动机就减速，S增大，电磁转矩就增大，一直到与负载取得平衡，电机就以一较慢的转速恒速运转。反之，就以一较快的转速转动。如果负载增加到超过了最大转矩，则电动机的转速就急剧下降，直到停转。这种情况是不允许的，因为时间一长电动机将被烧坏。因此，电动机的工作区域仅限于曲线的OA部分。

在长期持续工作的条件下，电动机轴上输出转矩的最大容许值，称为该电动机的额定转矩 M_e 。电动机的额定转矩 M_e ，应小于它的最大转矩 M_{max} 。如把额定转矩规定得与最大转矩靠得很近，则电动机稍一过载，就立即停转。这就表明，电动机必须要有一定的过载能力。所谓过载能力，就是最大转矩与额定转矩的比值，用外文表示，即

$$\lambda = \frac{M_{max}}{M_e} \quad (1-1-23)$$

对异步电动机而言， λ 值一般为1.8~3。

对于绕线式异步电动机来说，我们用增加转子电路的电阻来增加起动转矩、改变转子电路的电阻来进行调速。为了说明这些道理，我们来看转矩公式(1-1-22)。若在转子电路中接入附加电阻 R_p ，则 $R'_2 = R_2 + R_p$ 。则式(1-1-22)为

$$M = C_m \phi E_{20} \frac{S(R_2 + R_p)}{(R_2 + R_p)^2 + (SX_{20})^2} \quad (1-1-24)$$

这条曲线的最大值 M_{max} 的A点将向右移。并且用数学方法可求出，当 $S = (R_2 + R_p)/X_{20}$ 时， $M = M_{max}$ 。由图1-1-7的曲线可以看出，当 $R_p = R_{p4}$ 时，电动机有最大的起动转矩 $M_Q = M_{max}$ 。不过我们为了增大起动转矩，又要减小起动电流，我们一般选 $R_p = R_{p4}$ 。由图1-1-7还可以看出，在一定的负载转矩下，改变附加电阻 R_p 之值，就有不同的转速。由此可见，我们只要适当地选择附加电阻就能得到较大的起动转矩与较小的起动电流。适当地改变附加电阻 R_p ，就能在一定转矩下而调节转速。

在电力拖动中，为了便于分析，通常把 $M = f(s)$ 曲线改画成 $n_2 = f(M)$ 曲线，即机械特性曲线

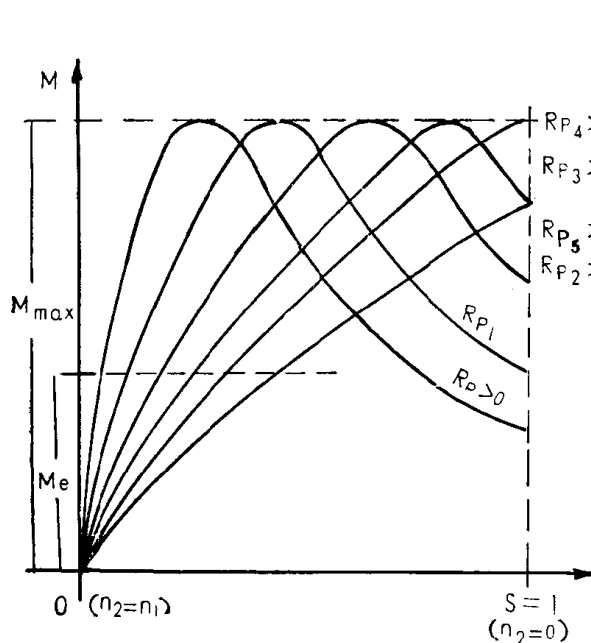


图 1-1-7 电阻改变后的转矩特性

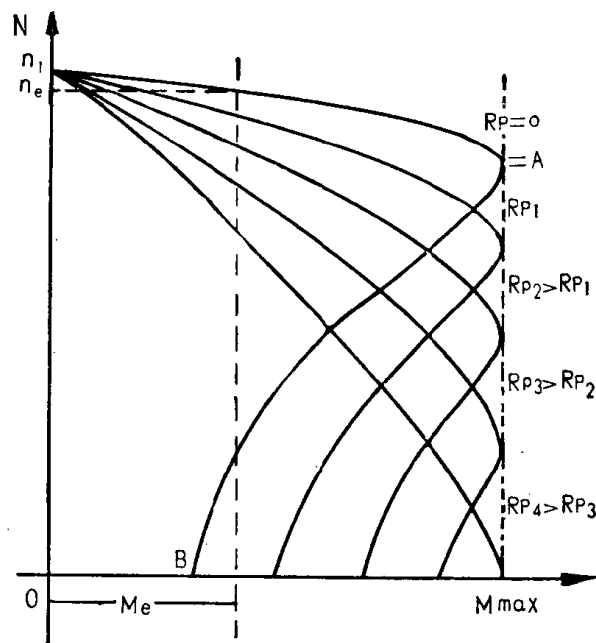


图 1-1-8 机械特性曲线

线。如果把 $M=f(s)$ 曲线中的 S 坐标换成 n_2 坐标, 并以顺时针转过 90° , 就得到机械特性曲线, 如图 1-1-8。

如前所述, 电动机仅工作在 OA 部分。在 $M=f(s)$ 曲线中, OA 部分是很陡的, 而在 $n_2=f(M)$ 曲线上来说是很平的, 也就是说, 从空载到满载时, 电动机的转速下降很少。这种机械特性, 称为硬特性。印刷机以及其他需要稳定运转的机床就要这种硬特性的电动机来拖动。

由式 1-1-22 可以看出, 当 S 一定时, M 正比于 ϕ 和 E_{20} 的乘积; 而 $\phi \propto U_1$, $E_{20} \propto U_1$, 所以 $M \propto U_1^2$ 。由此可见, 外加电压的变动对异步电动机转矩的影响较大。

综上所述, 可得如下的结论:

- (一) 异步电动机具有硬的机械特性, 即随着负载的增大而转速下降很少。
- (二) 异步电动机具有较大的过载能力。
- (三) 外加电源电压的变动对异步电动机转矩的影响较大。
- (四) 绕线式异步电动机只要在转子电路中接入适当的附加电阻, 就可增加起动转矩并减小起动电流。
- (五) 对绕线式电动机来说, 随着转子电路电阻的增大。由图 1-1-8, 机械特性将愈变愈软。

四、三相交流整流子电动机的机械特性

在印刷厂中三相整流子式电动机越来越得到广泛的应用。特别是近几年由上海人民机器厂及北京人民机器厂制造的胶印机、铅印机、轮转机和凹印机的主拖动电机, 均采用上海先锋电机厂生产的 JZS 系列的三相异步整流子式变速电动机。它的外形如图 1-1-9。这种电动机为转子馈电式, 它能在恒定转矩和规定的调速范围内作均匀连续无级调速。它与调节电枢电压的直流变速电动机、绕线式异步电动机相比较, 不但调速范围较广, 而且具有起动性能良好、负载效率和功率因数较高、速度调节精密和安装地位经济等等优点。兹将本电机的基本原理和运行特性叙述如下:

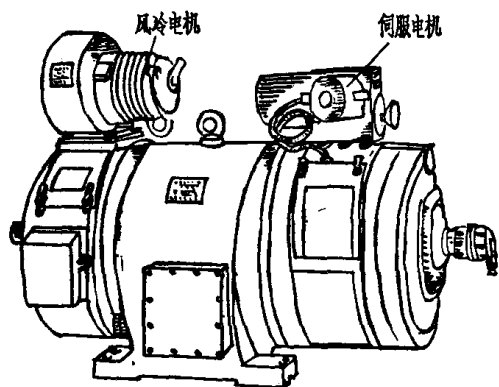


图 1-1-9 三相整流子电动机

在同一转子上的调节绕组来供给; 它和次级接入附加电势的异步电动机的差别, 仅是把二者合并并在同一电机内。图 1-1-10 是它的接线原理图。

在转子铁芯上嵌着两组绕组; 一组是普通的三相交流绕组, 也就是主绕组, 它嵌在槽子底部, 可以接成星形或三角形; 它通过三个滑环与电网相联。另一组是调节绕组, 它嵌在槽子顶部。图 1-1-11 就是转子的一个槽内两种绕组的嵌线位置。象直流电机一样, 每个线圈都接到换向器(整流子)上。在换向器的表面装着两套可以作相反方向移动的电刷转盘; 除了采用波形调节绕组的小容量电机(例如 $3 \sim 1$ 瓦)外, 在每块电刷转盘上, 一般总是装着数量为 $3P$ 的电刷支架, (其中 P 为电机极对数, 定子绕组为三相) 并且每隔 3 根电刷支架的电刷都接成并联。因此, 同一电刷盘上, 两相邻电刷支架间的夹角为 $360/3=120$ 度的电角。至于装在每根

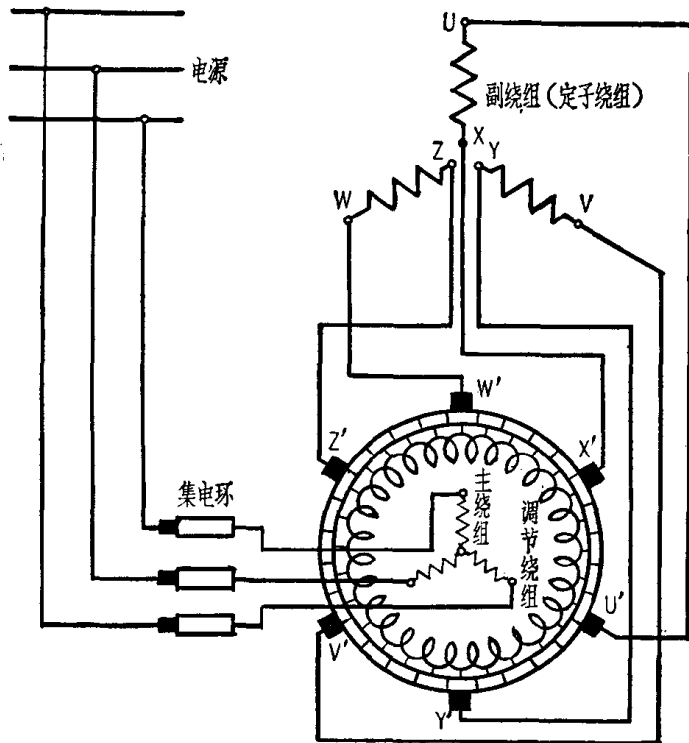


图 1-1-10 接线原理图

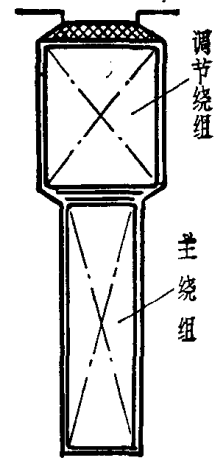


图 1-1-11 转子中的绕组

电刷支架上的电刷块数，是决定于次级绕组的每相电流，可以用一块、或二块、甚至于更多些。如图1-1-10所示的二极电机，次级相数为3，所以每块电刷转盘上装有三根电刷支架，即电刷 u' 、 v' 、 w' 是装在一块电刷转盘上， x' 、 y' 、 z' 是装在另一块电刷转盘上。同一电刷转盘上两相邻电刷支架间的夹角是 $360^\circ/3=120^\circ$ 电角。

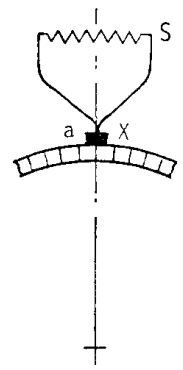
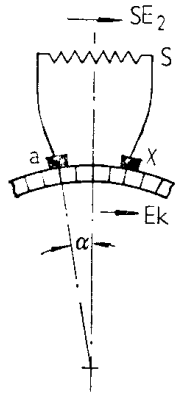
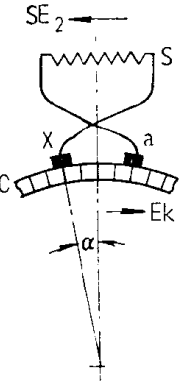
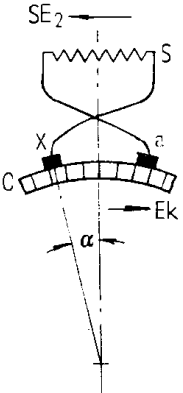
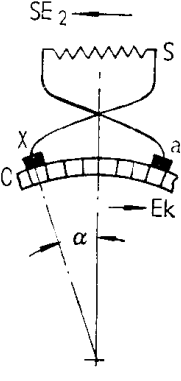
在定子铁芯上，只有一套普通的多相绕组S，它是电机的次级。因为这组绕组内的感应电势是由旋转磁场所感应出来的次级电压，所以它的相数可以根据电机的容量作任意的选择。每相次级绕组的首末两端，都分别接到两块电刷转盘的相应电刷支架上。这时，定子绕组的磁极轴线应和相联电刷间的调节绕组之磁极轴线相重合（在有功率因数补偿的电机中，二者间可能有一个很小的偏移角）。

当二块电刷转盘上的同相电刷处于同一换向片上时，也就是同相电刷 u' 和 x' 、 v' 和 y' 、 w' 和 z' 间夹角的一半 $\alpha=0$ 时（见表1-1-1），它是一台普通的反装异步电动机，它以比同步转速稍低的转速运转。

当二块电刷转盘上的同相电刷移开 α 角时，同相电刷间就有感应电势 $E_K = E_\phi \sin \alpha$ 出现（ E_ϕ 是同相电刷间的最大电压）。它经过电刷和换向器换向作用后，便具有和次级电势 E_2 相同的转差频率。如果这个电势 E_K 的方向和次级绕组的电势 E_2 方向相反，则电机的转速便降低，运行在同步转速以下；当 $\alpha=90^\circ$ 时，电机的转速为最低。相反，在 E_K 和 E_2 的方向相同时，电机速度便逐渐上升，超过同步转速而运行在同步转速以上。当 $\alpha=-90^\circ$ 时，电机的转速为最高。对于电刷位置和转速变化的示意图，可见表1-1-1所示。

在不考虑功率因数补偿时，电机的空载转速可用下式计算：

$$n_0 = \frac{E_2 - E_K}{E_2} n_s = \frac{E_2 - E_\phi \sin \alpha}{E_2} n_s \text{ 转/分} \quad (1-1-25)$$

同相电刷处在同一换向片上	E_K 和 E_2 方向相反	E_K 和 E_2 方向相同		
<p>$\alpha = 0$ $E_K = 0$ $n \leq n_s$</p>  <p>运行在比同步速度稍低的转速上</p>	<p>α 为正值 $E_K < SE_2$ $n < n_s$</p>  <p>运行在同步速度以下。</p>	<p>α 为负值 $E_K < SE_2$ $n < n_s$</p>  <p>运行在同步以下。但速度稍高于 $E_K = 0$</p>	<p>α 为负值 $E_K = SE_2$ $n = n_s$</p>  <p>运行在同步速度。</p>	<p>α 为负值 $E_K > SE_2$ $n > n_s$</p>  <p>运行在同步速度以上。</p>

注：表中的 n 为电机转速。 n_s 为电机的同步速度。 s 为电机的转差，在同步速度以下为正值，在同步速度以上为负值。

如果在同步速度以下要得到功率因数的补偿，那末二块转盘需要逆着电机旋转方向移过一个角度，使电刷电压 E_K 在相位上比 E_2 滞后一个相应的角度，这个角度通常在 $6 \sim 8^\circ$ ($\leq 10^\circ$) 范围内。必须指出，在功率因数补偿的情况下，电机的最低转速将有所提高，一般要比上式计算值高 $30 \sim 50$ 转/分左右。

在同步转速以上时，由于电机的转差率为负值，因此，绕组的总阻抗便将有所降低，使负载功率因数相应提高。这样，就不再需要用偏移电刷来补偿它的功率因数了。

JZS 型三相交流整流子电动机在额定电压、额定频率和任意电刷位置下都是具有并激电机的特性。其机械特性的硬度是介于直流并激电动机和异步电动机之间，自空载到额定负载范围内的变化率，在最高额定转速的电刷位置时，约为同步转速的 $5 \sim 10\%$ ；在最低额定速度的电刷位置时，约为 $8 \sim 12\%$ 。

调速范围为 $3:1$ 的整流子电动机，在最低额定转速电刷位置时，常有大于 1.4 倍额定转矩的起动转矩，而起动电流小于额定电流的 3 倍，即 $M_Q > 1.4M_e, I_Q < 3I_e$ 。对于 6 极小容量电动机， $M_Q > 2.5M_e$ 。在整个起动过程中，一般都不出现最小转矩。

整流子电动机在任何电刷位置下的机械特性曲线和异步电动机完全相似。惟在最低额定转速的电刷位置下，常因次级回路内具有较大的电阻，最大转矩常发生在起动位置。

图 1-1-12 是三相整流子交流电动机的机械特性曲线族，它们依赖于电刷的位置。当电刷的位置在同一个换向片时，它的机械特性就是普通异步电动机的机械特性(曲线 1)。

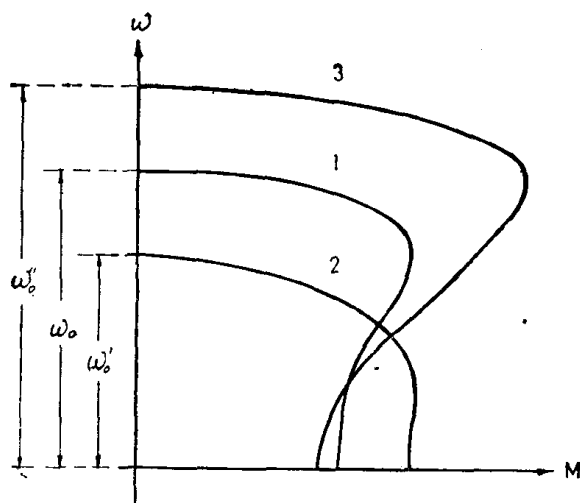


图 1-1-12 整流子电动机的机械特性

这时,理想空载转速为

$$n_0 = \frac{60f}{p}$$

式中 f ——电源的频率;

p ——磁极对数。

当电刷的移开角 α 为正时,就能得到理想空载转速 n_0' ,当移开角为负时,则空载转速为 n_0'' 。

当电刷在最大转速相当的位置时,也就是 $\alpha = -90^\circ$ 时,电机的起动转矩不大而起动电流很大(曲线 3)。当电刷在最小速度相当的位置时,就有较大的起动转矩(曲线 2),而起动电流反比较小。故不论是胶印机、二回转机还是轮转机用整流子电机作为主电动机时,总是用低速起动的,因为笨重的印刷机总是需要较大的起动转矩来起动。

由于电机在同步转速以下采用了功率因数补偿,所以在最低额定转速下,它的功率因数可达 0.6 以上。而在最高额定速度下,不需要任何补偿,它的功率因数已在 0.98~1.0 左右了。

由于这种电动机必须自转子侧馈电,所以它只能制成和运行在线路电压低于 500 伏的交流电网上。目前用于印刷机的这种电动机,一般功率均小于 10 瓩,故低于 500 伏的网路电压是足够使用了。

五、电磁调速异步电动机的机械特性

电磁调速异步电动机是最近几年新出现的电机,它也称作滑差电机。由于它具有优良的调速性能,目前已广泛地使用于国民经济各个部门里。目前印刷、印染等行业,也越来越多地用它来实现恒转矩交流无级调速。如烘版机采用这种电机调速后就能有效地控制胶膜厚度及操作方便等优点。无粉腐蚀机采用这种电机调速,可因版面的要求、药水的稠度而调节电机的速度而提高制版质量。骑马订书联动机采用这种电动机调速,可因加工书刊的要求而相应地调节转速而提高书刊装订质量。印刷机用这种电机调速,就更符合印刷工艺要求。

由上海先锋电机厂生产的 JZT 型电磁调速异步电动机是一种恒转矩的交流无级变速电动机。它由普通鼠笼式异步电动机(作为原动机)、电磁转差离合器(以下简称离合器)和电气控

制装置三部分组成。其具有下列优点:

1. 调速范围广,速度调节均匀、平滑;
2. 当有速度负反馈的自动调节系统时,机械特性硬度高;
3. 起动平滑,起动力矩大;
4. 结构简单可靠,无滑动接触部分(如集电环,电刷),使用、维护方便;
5. 控制系统简单,控制功率小;
6. 制造方便、成本低、用铜省。

1. 结构 图 1-1-13 就是 JZT 型调速电动机的结构图。拖动电动机为 JO2 型(或 JO3 型) 4 极、 T_2 结构(机座不带底脚,端盖上有凸缘),借端盖上的凸缘装于离合器机座上而成一体。

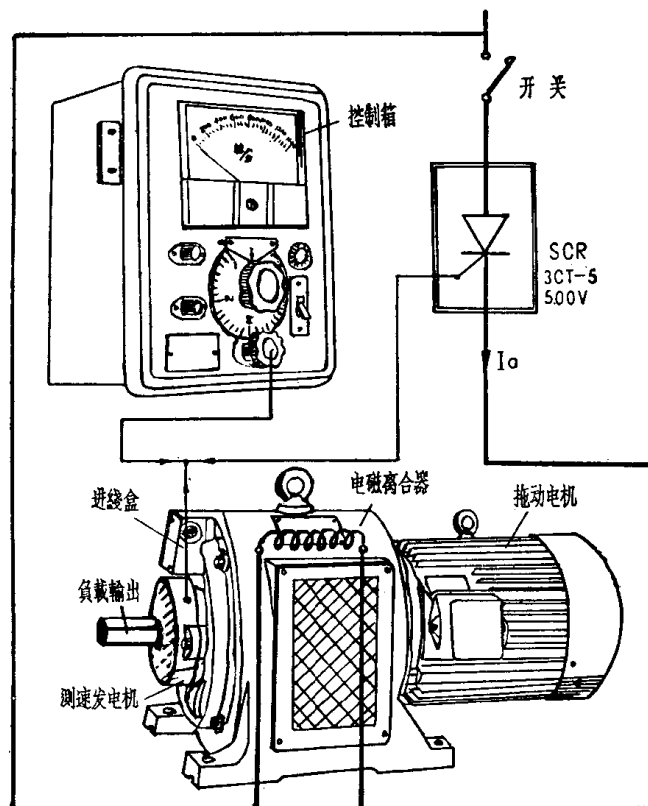


图 1-1-13 JZT 型调速电机结构图

这种型式的结构,称为组合式结构。其中电枢固定在拖动电动机的转子上,系实心圆筒形结构,电枢外表面设有散热片。它是离合器的主动转子。磁极为爪式结构,两个磁极均有若干个齿极组成数对磁极,借放在中间的隔磁环(铜质)用铆钉铆牢,成为一个整体,它与输出轴硬联接。它是离合器的从动转子。托架是圆环形结构,固定于端盖上,借两个气隙把它与磁极转子分开,用以支持激磁线圈,并作为磁路的一部分。测速发电机是一个三相交流永磁式测速发电机。其定子为三相分布绕组,转子由永久磁钢和小爪极组成。其额定数据为:功率 5 瓦,转速 1500 转/分时电压约为 50 伏,频率为 200 周/秒。

2. 工作原理 JZT 型调速电动机的无级变速主要是通过离合器来完成的,其结构原理如图 1-1-14 所示。主动转子(电枢)和从动转子(磁极)之间没有机械上的硬联接。当激磁线圈内有直流电通过时,电枢和磁极间就有磁通相链。当原动机带动电枢旋转时,电枢导体切割磁力线,于是在电枢中产生涡流,这涡流与磁极的磁场相互作用产生转矩。这转矩就拖动磁极转