

1 软启动

1.1 无冲击电流

软启动器在启动电动机时，通过逐渐增大**晶闸管导通角**，使电动机**启动电流**从零线性上升至设定值。

1.2 恒流启动

软启动器可以引入**电流闭环控制**，使电动机在启动过程中保持恒流，确保电动机平稳启动。

1.3 启动电流的调节

根据负载情况及电网继电保护特性选择，可自由地无级调整至最佳的启动电流。

1.4 实现软停车

软启动器中的软停车功能是**晶闸管**在得到停机指令后，**从全导通逐渐地减小导通角**，经过一定时间过渡到全关闭的过程。停车的时间根据实际需要可在 0~120s 之间调整。

1.5 实现轻载节能

笼型异步电动机是感性负载，其运行中的电流滞后于电压。如电动机工作**电压不变**，处于**轻载**时的**功率因数较低**；处于**重载**时，则**功率因数较高**。**软启动器**能实现在**轻载**时，通过降低**电动机端电压**，**提高功率因数**，**减少电动机的铜耗、铁耗**，达到**轻载节能**的目的；**负载重**时，则自动提高**电动机端电压**来确保电动机正常运行。

2 软启动的保护功能

2.1 过载保护功能

软启动器引进了**电流控制环**，因而可以随时跟踪检测电动机电流的变化状况。通过增加过载电流的设定和反时限控制模式，实现了过载保护功能，使电动机过载时，关断**晶闸管**并发出报警信号。

2.2 缺相保护功能

工作时，**软启动器**随时检测**三相线电流**的变化，一旦发生断流，即可作出缺相保护反应。

2.3 过热保护功能

通过软启动器内部**热继电器检测晶闸管散热器的温度**，一旦散热器温度超过允许值后自动关断**晶闸管**，并发出报警信号。

2.4 其它功能

软启动器与其它保护元件组合，可以实现**堵转保护**等功能。另外，通过电子电路的组合，还可在系统中实现其它各种**联锁保护**。

3 三相异步电动机的保护

针对三相异步电动机**定子绕组**烧毁的原因，一般采用的保护技术有**过热保护、过流保护和断相保护**。

1、**过热保护** 部分观点认为无论什么原因造成的故障最终都将导致电机定子绕组过热而烧毁。因此，只要防止电机绕组过热，也就保护了电机。但事实上，电机本身有绝缘耐热等级不同的区别。**最高允许温升 A 级 105℃、E 级 120℃、B 级 130℃、F 级 155℃、H 级 180℃**，在同样的环境温度、工作条件、温升的情况下，有的电机会损坏，有的却不会损坏。同时对于造成电机过热原因中的**轴承损坏、定转子相擦、通风不畅**等该属电工定期检查和巡视检查必须发现解决的，不属保护技术主要的讨论范围。另外，电机升温、降温是个缓慢变化的过程，因此我们认为只有对大中型、重要岗位工作的电机加装**温升监视**和**过热保护**装置才是必要的。并应根据不同耐热等级，在电机内部设置超温报警而后跳闸的装置。至于小

型电机采用过热保护装置并不一定合算。

2、**过流保护** 对于**负载几乎恒定不变**的电机，**过流保护是没有必要的**。但有的电机负载经常变化，经常发生过载、堵转以至烧毁电机绕组。对于这样运行的电机必须加装**过流保护装置**。三相异步电动机虽有较强的过载能力，但对**电机过载**实行**反时限特性保护**，是必要的，也是公众认可的。

3、**断相保护** 电动机损坏，大多数是断相运行造成的，由于对断相运行给电机造成的危害认识不同，因此在对电机实行**断相保护**时产生了两种不同的意见：认为断相给电机造成**过热损坏**的观点要对电机实行过热保护或过流反时限特性保护，由此产生了热继电器方案、热敏电阻方案、断相过流延时保护方案以及其他一些方案；认为断相给电机绕组造成**高压反电势击穿**的观点，对断相采取瞬时动作保护方案，于是一些电子式保护器问世。

4 三相异步电动机的正确接线

大多数电工都知道，三相电动机的**三相定子绕组每相绕组都有两个引出线头**。一头叫做首端，另一头叫末端。规定第一相绕组首端用**D1**表示，末端用**D4**表示；第二相绕组首端用**D2**表示，末端用**D5**表示；第三相绕组首末端分别用**D3**和**D6**来表示。这六个引出线头引入接线盒的接线柱上，接线柱相应地标出D1~D6的标记。三相定子绕组的六根端头可将三相定子绕组接成星形或三角形，**星形接法是将三相绕组的末端并联起来，即将D4、D5、D6三个接线柱用铜片连结在一起，而将三相绕组首端分别接入三相交流电源，即将D1、D2、D3分别接入A、B、C相电源。而三角形接法则是将第一相绕组的首端D1与第三相绕组的末端D6相连接，再接入一相电源；第二相绕组的首端D2与第一相绕组的末端D4相连接，再接入第二相电源；第三相绕组的首端D3与第二相绕组的末端D5相连接，再接入第三相电源。即在接线板上将接线柱D1和D6、D2和D4、D3和D5分别用铜片连接起来，再分别接入三相电源。**一台电动机是接成星形还是接成三角形，应视厂家规定而进行，可以从电动机铭牌上查到。三相定子绕组的首末端是生产厂家事先设定好的，绝不可任意颠倒，但可将三相绕组的首末端一起颠倒，例如将三相绕组的末端D4、D5、D6倒过来作为首端，而将D1、D2、D3作为末端，但绝不可单独将一相绕组的首末端颠倒，否则将产生接线错误。如果接线盒中发生**接线错误**，或者绕组首末端弄错，轻则电动机不能正常启动，长时间通电造成启动电流过大，电动机发热严重，影响寿命，重则烧毁电动机绕组，或造成电源短路。下面就绕组接线错误予以具体的分析。

1 **错将应接成星形运行的异步电动机接成三角形运行时的不良后果。**

一台应接成星形运行的电动机，其定子每相绕组承受的电压(相电压)是电动机额定电压(电源线电压)的 $1/\sqrt{3}$ 倍(即0.58倍)。若误接成三角形运行，其每相定子绕组承受的相电压就等于电动机之额定电压，则定子每相绕组所承受的相电压就升高到厂家规定电压的1.732倍。例如，电源电压为380V，电动机接成星形运行，绕组电压为220V。若错接成三角形运行，绕组电压便会升高到380V。绕组相电压增高，铁芯将高度饱和，铁芯磁通的激磁电流将急剧增加，可达电动机额定电流的好几倍。再加上负载电流，这样大的定子回路电流，将使绕组铜损急剧增大，电动机定子绕组会因严重过热而烧毁。

2 **错将应接成三角形运行的异步电动机接成星形运行时的不良后果。**

误将三角形运行的电动机接成星形运行后，每相定子绕组上的相电压将下降到原电压的 $1/\sqrt{3}$ 倍(即0.58倍)。例如，电源电压为380V，三角形接线时，定子绕组电压为380V。错接成星形后，每相定子绕组的相电压减小为0.58乘以380等于220V。因此电动机的转矩将减小到额定转矩的 $(1/\sqrt{3})^2=1/3$ 倍(即0.33倍)。这时如果仍带上额定负载运行，为了克服负载的阻力矩，要求星形接法时的转矩应该与三角形接法时的一样大小，如此将迫使定子电路的电流增加，使转矩尽力去平衡负载的阻力矩，从而造成过载发热，时间长了就会使电动机温升超过允许值。同时，也会使电动机的功率因数和效率下降。另外还有一种

情况，即当负载小于额定功率的 40%(如大马拉小车时)，有意将三角形接法改为星形接法运行则是有好处的。因为当负载较轻时(一般小于额定功率的 40%)，不需要较大的负载电流使转矩去克服负载阻力矩。但因绕组电压低，激磁电流减小较多，总的定子电流还是减小，则电动机的功率因数和效率都有所提高，温升也将会有所下降。

电机声音大的原因及解决办法

电机噪音大无非有两方面的原因：机械方面和电气方面。

1 机械方面

如电机冷却风扇损坏或刮擦电机外壳，电机固定不稳等。这方面的情况好处理一些，只要能找到噪音源，一般好处理。

2 电气方面

(1)变频器载波频率设置太低

可以适当把载波频率设置高些，但这时又会带来一些问题，如果载波频率调得太高，又会对其它设备造成干扰，尤其是当采用 PLC 通讯方式时。因此要根据现场的实际情况设置载波频率。

(2)电机共振

有时，电机在运行时的某一频段会产生机械共振。这时可以利用变频器的跳频设置方法。一般变频器都有“跳频”设置，其作用是：设置电机共振的频率，当变频器运行到此频段时，跳过此段频率，避免电机产生共振。

(3)电机带负载能力降低

有时电机长时间使用后，或电机质量不好，带负载能力会降低。这里电机的噪音也会比正常时大。

(4)变频器高次谐波大

变频器高次谐波成份大时，容易造成电机震动增大，转速产生抖动、不稳定，并且增大电机噪音。这里加装 AC（输入侧）和 DC（输出侧）电抗器。

电机型号介绍

1、Y、Y2、YPT、YB、系列小电机。

2、YZ、YZR 系列起重及冶金用电器。

3、JS、JR、JR2 等、机座号。

4、Y、YR YKK、YRKK、机座号 355-800、380V、60KV 10KV 等各式大中型高低电机。

5、Z2、Z3、Z4、ZZJ、ZZY、ZYZ、及派生系列直流电机。

6、SF、SFW、TF、ZYS 等发电机。

Y 系列 全程为全封闭自扇冷式三相鼠笼型异步电动机。使用非常普遍。

YS 系列 三相异步电动机功率较小，适用于小型机床、泵、压缩机的驱动，接线盒均在电动机顶部。

YSE、YT 系列 区别不大，都是风机专用三相异步电动机，是根据风机行业的配套要求，电动机在结构上采取了一系列的降噪、减振措施。该系列电机具有高效节能、噪声低，启动性能好，运行可靠，使用安装方便等特点。适用于风机安装和使用，是风机的理想配套产品。

YD 系列 为多速三相异步电动机，一般有 4/2 极 8/6 极 8/4/2 极 6/4 极 12/6 极 8/6/4 极 8/4 极 6/4/2 极 12/8/6/4 极

YL 系列为**双值电容单相异步电动机**，也就是有两个电容。

YC 系列为**单相电容起动异步电动机**。

YY 系列为**单相电容运转异步电动机**。

电机型号里的 Y、YS、YSF、YT、YD、YL、YC 分别是什么意思？

SG 系列为**高防护等级三相异步电动机**，可与 Y 系列互换，但性能均有所加强（如电磁方案的调整优化，部分规格采用冷轧硅钢片等），使该系列电机的振动和噪音（特别是负载噪音）明显低于 Y 系列电机。实验证明该系列电机的**噪音达到 I 级标准**，电机的振动值比 Y 系列标准低 1 个优先级。轴伸端轴承增加了**注油装置**，不需拆卸电机就可对轴承进行换油，维护简单。

YCT 系列为**电磁调速电动机**，是改变**励磁电流**大小的方法来调节**输出轴力矩和转速**的一种调速电机。它可应用于**恒转矩负载**的速度调节和**张力控制**的场合，更适合于**鼓风机**和**泵类负载**的场合。对于起动力矩高、惯性大的负载有**缓冲起动**的作用，同时有**防止过载**等保护作用。简单 2500 系列 6

YP2 系列为**变频调速三相异步电动机**，是**以变频器为供电电源**的变频调速三相异步电动机。通过改变电源频率实现平滑地调节电动机的转速，达到节能和控制自动化的目的。YP2 系列电动机效率高，调速范围广，精度高，运行稳定，操作和维修方便，其安装尺寸符合国际电工委员会(IEC)标准，分为**自扇冷却**和**外置风扇冷却**两种。

CXT 系列为**稀土永磁三相同步电动机**，采用新型**稀土永磁材料**及其它优质材料制造，在转子结构设计和电磁参数选定方面有较大创新，使电机具有超高效率、功率因数的同时（功率因数达到 95% 以上），因而具有较高的起动性能、较高的牵入同步转矩和较大的过载能力，并且电机效率曲线比较平直，低负荷时也具有很高的效率，能够广泛应用于石油、化工、冶金、矿山、纺织等**长期负荷运行**的设备。

YLZC 系列为**冷却塔专用电机**，电机外壳防护等级为 IP45（或 IP55），该系列电机在结构上采取一系列的降噪、减振、防水、防潮措施，具有噪音低、效率高、防水、防潮等有点。

YZS 系列为**注塑机专用电机**，它除具有 Y 系列电机基本特性外，还具有过载能力强，噪声低，尤其是额定负载和超载时噪声低的特点。

YXF 系列为**高温消防排烟风机专用电机**，电机外壳与烟气完全隔离，内置独立的冷却通路，具有连续输送 300C° 高温烟气 30MIN 的超凡能力。

绕组故障及其处理

绕组短路主要包括**匝间短路**、**线圈与线圈短路**、**极相组处短路**、**相间短路**。

绕组短路的故障原因及处理方法：

原因：1、嵌线不当，使电磁线**漆膜**损坏。2 绕组**受潮**，电动机接电源加上电压后使绝缘击穿。3、长期过载，电流超过额定电流，使**绝缘老化**，失去绝缘作用。4、相间或层间绝缘没有垫好。5、搬运不当或缺乏器具，使绕组端部绝缘破坏。

处理方法：1、用绝缘材料把短路处隔开 2、重新包扎 3、更换线圈。

绕组断路分为**线圈连接处断路**、**引接线处断路**、**笼型转子导条与端环连接处断路**。

原因：1、受机械力作用 2、接头处焊接不良 3、绕组端部绑扎不牢 4、绝缘磨损

处理方法：1、断路处焊牢修复后包绝缘 2、更换绕组。

风力发电机的偏航系统

风力机的**偏航系统**也称为**对风装置**，其作用在于当**风向变化**时，能够快速平稳地对准风向，以便风轮获得最大的风能。小微型风力机常用**尾舵**对风，它主要有两部分组成，一是尾翼，装在尾杆上与风轮轴平行或成一定的角度。为了避免尾流的影响，也可将尾翼上翘，装在较高的位置。中小型风机可用**舵轮**作为对风装置，其**工作原理**大致如下：**当风向变化时，位于风轮后面两舵轮（其旋转平面与风轮旋转平面相垂直）旋转，并通过一套齿轮传动系统使风轮偏转，当风轮重新对准风向后，舵轮停止转动，对风过程结束。**大中型风力机一般采用**电动**的偏航系统来调整风轮并使其对准风向。**偏航系统**一般包括感应风向的**风向标**，**偏航电机**，**偏航行星齿轮减速器**，**回转体大齿轮**等。其**工作原理**如下：**风向标作为感应元件将风向的变化用电信号传递到偏航电机的控制回路的处理器里，经过比较后处理器给偏航电机发出顺时针或逆时针的偏航命令，为了减少偏航时的陀螺力矩，电机转速将通过同轴联接的减速器减速后，将偏航力矩作用在回转体大齿轮上，带动风轮偏航对风，当对风完成后，风向标失去电信号，电机停止工作，偏航过程结束。**

三相异步电动机的原理

三相异步电动机**转子的转速低于旋转磁场的转速**，转子绕组因与磁场间存在着**相对运动**而感生电动势和电流，并与磁场相互作用产生电磁转矩，实现能量变换。与单相异步电动机相比，三相异步电动机运行性能好，并可节省各种材料。按转子结构的不同，三相异步电动机可分为**笼式和绕线式**两种。笼式转子的异步电动机结构简单、运行可靠、重量轻、价格便宜，得到了广泛的应用，其主要**缺点是调速困难**。绕线式三相异步电动机的转子和定子一样也设置了**三相绕组**并通过**滑环、电刷**与**外部变阻器**连接。调节变阻器电阻可以改善电动机的起动性能和调节电动机的转速。

当向三相定子绕组中通入对称的三相交流电时，就产生了一个以同步转速 n_1 沿定子和转子内圆空间作顺时针方向旋转的旋转磁场。由于旋转磁场以 n_1 转速旋转，转子导体开始时是静止的，故转子导体将切割定子旋转磁场而产生感应电动势（感应电动势的方向用右手定则判定）。由于转子导体两端被短路环短接，在感应电动势的作用下，转子导体中将产生与感应电动势方向基本一致的感生电流。转子的载流导体在定子磁场中受到电磁力的作用（力的方向用左手定则判定）。电磁力对转子轴产生电磁转矩，驱动转子沿着旋转磁场方向旋转。

通过上述分析可以总结出**电动机工作原理**为：**当电动机的三相定子绕组（各相差 120 度电角度），通入三相交流电后，将产生一个旋转磁场，该旋转磁场切割转子绕组，从而在转子绕组中产生感应电流（转子绕组是闭合通路），载流的转子导体在定子旋转磁场作用下将产生电磁力，从而在电机转轴上形成电磁转矩，驱动电动机旋转，并且电机旋转方向与旋转磁场方向相同。**

硅钢片概叙

硅钢片是一种含碳极低的**硅铁软磁合金**，一般含硅量为 0.5~4.5%。**加入硅可提高铁的电阻率和最大磁导率，降低矫顽力、铁芯损耗（铁损）和磁时效。**它主要用来制作各种**变压器、电动机和发电机的铁芯**。世界硅钢片产量约占钢材总量的 1%。

对硅钢片性能的要求主要是：1.**铁损低**，这是硅钢片质量的**最重要指标**。各国都根据铁损值划分牌号，**铁损愈低，牌号愈高**。2.**较强磁场下磁感应强度（磁感）高**，这使电机和变压器的铁芯体积与重量减小，节约硅钢片、铜线和绝缘材料等。3.**表面光滑、平整和厚度均匀**，可以提高铁芯的填充系数。4.冲片性好，对制造微型、小型电动机更为重要。5.表面绝缘膜的附着性和焊接性良好，能防蚀和改善冲片性。6.基本**无磁时效**。

硅钢片一般随硅含量提高，铁损、冲片性和磁感降低，硬度增高。工作频率愈高，

涡流损耗愈大,选用的硅钢片应当愈**薄**。

电动机使用过程中过热原因分析

(一) 电源

1 当**电源电压过高**时,电动机**反电动势、磁通及磁通密度均随之增大**。由于**铁损耗的大小与磁通密度平方成正比**,则铁损耗增加,导致铁心过热。而**磁通增加,又致使励磁电流分量急剧增加,造成定子绕组铜损增大,使绕组过热**。因此,电源电压超过电动机的额定电压时,会使电动机过热。

2、**电源电压过低**

电源电压过低时,若电动机的**电磁转矩保持不变,磁通将降低,转子电流相应增大,定子电流中负载电源分量随之增加**,造成绕线的**铜损耗增大,致使定、转子绕组过热**。

3、**电源电压不对称**

当电源线一相断路、保险丝一相熔断,或闸刀起动设备角头烧伤致使一相不通,都将造成三相电动机**走单相**,致使**运行的二相绕组通过大电流而过热**,及至烧毁。

4、**三相电源不平衡**

当三相电源不平衡时,会使电动机的**三相电流不平衡**,引起绕组过热。

由上述可见,当电动机过热时,应**首先考虑电源方面的原因**。确认电源方面无问题后,再去考虑其他方面因素。

(二) 负载

1、**电动机过载运行**

当设备不配套,电动机的**负载功率大于电动机的额定功率**时,则电动机长期过载运行(即小马拉大车),会导致电动机过热。

2、**拖动的机械负载工作不正常**

设备虽然配套,但所拖动的机械负载工作不正常,运行时**负载时大时小**,如脱粒机喂入量过大时,电动机过载而发热。

3、**拖动的机械负载有故障**

当被拖动的**机械有故障,转动不灵活或被卡住,都将使电动机过载**,造成电动机绕组过热。

同步变频与异步变频调速电机的区别

异步变频调速电机是由普通异步电机派生而来,由于要适应变频器输出电源的特性,电机在转子槽型,绝缘工艺,电磁设计校核等作了很大的改动,特别是电机的**通风散热**,它在一般情况下附加了一个**独立式强迫冷却风机**,以适应电机在低速运行时的高效散热和降低电机在高速运行时的风摩耗。**变频器的输出一般显示电源的输出频率,转速输出显示为电机的极数和电源输出频率的计算值**,与异步电机的实际转速有很大区别,使用一般**异步变频电动机**时,由于异步电机的转差率是由电机的制造工艺决定,故其**离散性**很大,并且负载的变化直接影响电机的转速,要精确控制电机的**转速**只能采用**光电编码器进行闭环控制**,当单机控制时转速的精度由编码器的脉冲数决定,当多机控制时,多台电机的转速就无法严格同步。这是异步电机先天所决定的。

同步变频调速电机的转子内镶有**永磁体**,当电机瞬间起动完毕后,电机转入正常运行,**定子旋转磁场带动镶有永磁体的转子进行同步运行**,此时电机的转速根据电机的**极数**和电机输入**电源频率**形成严格的对应关系,转速不受负载和其他因数影响。同样同步变频调

速电机也附加了一个独立式强迫冷却风机,以适应电机在低速运行时的高效散热和降低电机在高速运行时的风摩擦。由于电机的转速和电源频率的严格对应关系,使得电机的转速精度主要就取决于变频器输出电源频率的精度,控制系统简单,对一台变频器控制多台电机实现多台电机的转速一致,也不需要昂贵的光学编码器进行闭环控制。

功率因数的意义

在交流电路中,电压与电流之间的相位差(Φ)的余弦叫做功率因数,用符号 $\cos\Phi$ 表示,在数值上,功率因数是有效功率和视在功率的比值,即 $\cos\Phi=P/S$

功率因数的大小与电路的**负荷性质**有关,如白炽灯泡、电阻炉等**电阻负荷**的功率因数为**1**,一般具有**电感或电容性负载**的电路功率因数都**小于1**。功率因数是电力系统的一个重要的技术数据。功率因数是衡量电气设备**效率高**的一个系数。**功率因数低**,说明电路用于交变磁场转换的**无功功率大**,从而**降低了设备的利用率,增加了线路供电损失**。所以,供电部门对用电单位的功率因数有一定的标准要求。

(1) 最基本分析:拿设备作举例。例如:设备功率为100个单位,也就是说,有100个单位的功率输送到设备中。然而,因大部分电器系统存在**固有的无功损耗**,只能使用70个单位的功率。很不幸,虽然仅仅使用70个单位,却要付100个单位的费用。(我们日常用户的电能表计量的是有功功率,而没有计量无功功率,因此没有说使用70个单位却要付100个单位的费用的说法,使用了70个单位的有功功率,你付的就是70个单位的消耗)在这个例子中,功率因数是0.7(如果大部分设备的功率因数小于0.9时,将被罚款),这种无功损耗主要存在于电机设备中(如鼓风机、抽水机、压缩机等),又叫**感性负载**。功率因数是马达效能的计量标准。

(2) 基本分析:每种电机系统均消耗两大功率,分别是真正的**有用功**(叫千瓦)及**电阻性的无用功**。**功率因数是有效功与总功率间的比率**。功率因数越高,有用功与总功率间的比率便越高,系统运行则更有效率。

(3) 高级分析:在**感性负载**电路中,**电流波形峰值在电压波形峰值之后发生**。**两种波形峰值的分隔可用功率因数表示**。**功率因数越低,两个波形峰值则分隔越大**。**保尔金**能使两个峰值重新接近在一起,从而提高系统运行效率。

三相异步电动机运行中的维护

一、电动机在正常运行时的**温升**应不超过容许的限度,运行时应经常注意监视各部分温升情况。

二、监视电动机的**负载电流**。电动机发生故障大都会使定子电流剧增,造成电动机发热。较大功率的电动机应装有电流表监视电动机的负载电流。电动机的负载电流应不超过铭牌上所规定的额定电流值,否则要查明原因,采取措施,消除不良情况后才能继续运行。

三、监视**电源电压、频率的变化和电压的不平衡度**。

四、注意电动机的**气味、振动和噪声**。绕组因温度过高就会发出绝缘焦味。有些故障特别是机械故障,很快会反映为振动和噪声,因此在闻到焦味或发现不正常的振动或碰擦声、特大的嗡嗡声或其它杂声时,应立即停电检查。

五、经常检查**轴承发热、漏油**情况,定期更换**润滑油**。

六、对绕线转子异步电动机,应检查**电刷与集电环间的接触、电刷磨损以及火花情况**。如果火花严重,必须及时清理集电环表面并校正电刷弹簧压力。

七、注意保持电动机内部的**清洁**,不允许有水滴、油污以及杂物等落入电动机内部。

电动机的进风口和出风口必须保持畅通无阻。

变频调速电机的基本知识

变频调速电机一般均选择 4 级电机，**基频工作点**设计在 50Hz，**0-50Hz（转速 0-1480r/min）** 范围内电机作**恒转矩运行**，频率 **50-100Hz（转速 1480-2800r/min）** 范围内电机作**恒功率运行**，整个调速范围为(0-2800r/min)，基本满足一般驱动设备的要求，其工作特性与直流调速电机相同，调速平滑稳定。如果在恒转矩机，但电机的体积相对要大一点。

由于变频调速电机的电磁设计运用了灵活的 CAD 设计软件，电机的基频设计点可以随时进行调整，我们可以在**计算机上精确的模拟电机在各基频点上的工作特性**，由此也就扩大了电机的恒转矩调速范围，根据电机的实际使用工况，我们可以在同一个机座号内把电机的功率做的更大，也可以在使用同一台变频器的基础上将电机的输出转矩提的更高，以满足在各种工况条件下将电机的设计制造在最佳状态。变频调速电机可以另外选配附加的**转速编码器**，可实现高精度转速、位置控制、快速动态特性响应的优点。也可配以电机专用的**直流（或交流）制动器**以实现电机快速、有效、安全、可靠的制动性能。由于变频调速电机的**基频可调性**设计，我们也可以制造出各种高速电机，在高速运行时保持恒转矩的特性，在一定程度上替代了原来的中频电机，而且价格低廉。**变频调速电机为三相交流同步或异步电动机**，根据变频器的输出电源有三相 380V 或三相 220V，所以电机电源也有三相 380V 或三相 220V 的不同区别，一般 4KW 以下的变频器才有三相 220V 可，由于变频电机是以电机的基频点（或拐点）来划分不同的恒功率调速区和恒转矩调速区的，所以**变频器基频点**和**变频电机基频点**的设置都非常重要。

异步发电机的简介

永磁发电机是一种将普通同步发电机的转子改变成永磁结构的发电机，常用的永磁材料有铁氧体（BaFeO）、钕钴 5(SmCo)等，永磁发电机一般用于**小型风力发电机组**中。异步发电机是指异步电机处于发电的工作状态，从其激励方式有**电网电源励磁发电（他励）**和**并联电容自励发电（自励）**两种情况。

1. **电网电源励磁发电**：是将异步电机接到电网上，电机内的定子绕组产生以同步转速转动的旋转磁场，再用原动机拖动，使**转子转速大于同步转速**，电网提供的磁力矩的方向必定与转速方向相反，而**机械力矩的方向则与转速方向相同**，这时就将原动机的机械能转化为电能。在这种情况下，异步电机发出的**有功功率向电网输送**；同时又**消耗电网的无功功率作励磁作用**，并供应**定子和转子漏磁所消耗的无功功率**，因此异步发电机并网发电时，一般要求加**无功补偿装置**，通常用**并列电容器补偿**的方式。

2. **并联电容器自励发电**：并联电容器的连接方式分为**星形和三角形**两种。励磁电容的接入在发电机利用本身的剩磁发电的过程中，发电机周期性地向电容器**充电**；同时，电容器也周期性地通过异步电机的定子绕组**放电**。这种电容器与绕组组成的交替进行**充放电**的过程，不断地起到**励磁**的作用，从而使发电机正常发电。励磁电容分为**主励磁电容**和**辅助励磁电容**，主励磁电容是保证**空载情况**下建立电压所需要的电容，辅助电容则是为了保证**接入负载**后电压的恒定，防止电压崩溃而设的。通过上述的分析，异步发电机的起动、并网很方便且便于自动控制、价格低、运行可靠、维修便利、运行效率也较高、因此在**风力发电**方面并网机组基本上都是采用**异步发电机**，而**同步发电机则常用于独立运行方面**。

电机试验项目简介

所有的电机（包括高压电机）在出厂之前都要经过型式试验和性能测试，全面达到技术要求之后才能投产或继续生产。这些测试或试验的数据包括电机的电压、电流、转速、功率、转差率、频率、效率、温度、电阻等，这些参数是在满足 GB1032 三相异步电动机试验方法等国家有关标准的精度及其安全要求的基础上通过空载试验、负载试验、温升试验、转矩试验等多种试验获得的，本文所介绍的智能高压电机试验系统具有自动测试功能，通过测量数据，能够很好地反映电机性能及其质量。

1.1 电机型式试验简介

电机试验是利用仪器、仪表及相关设备，按照相关标准的规定，对电机制造过程中的半成品和成品，或以电机为主体的配套产品的电气性能、力学性能、安全性能及可靠性等技术指标进行的检验。通过这些检验，可以全部或部分的反映被试电机的相关性能数据，用这些数据，可以判断被试产品是否符合设计要求、品质的优劣以及改进的目标和方向。

所谓型式试验是一种全面的性能试验，能够较确切地得到被试电机的有关性能参数的试验，其目的是为了确定电机的电气和机械参数是否全面达到技术要求，各种型式电机均需要通过本试验才能投产或继续生产。国际标准和英、苏、德等国家都把型式试验当作一种性能试验，用来检查电机的特性和参数。这种试验一般只对各种型式电机中的第一台或首批的几台样机进行，所以称为型式试验。

根据需要，试验可包括标准中规定的所有项目，也可以是其中的一部分项目。

按国家标准规定，在下述情况下，应进行型式试验：

- 1.新设计试制的产品；
- 2.经鉴定定型后小批试投产的产品；
- 3.设计或故意上的变更足以引起电机的某些特性和参数发生变化的产品；
- 4.检查试验结构与以前试验结构发生不可容许的偏差的产品；
- 5.产品自定型投产后的定期抽试。

1.1.1 空载试验和负载试验

电机试验的项目很多，如空载试验、负载试验、堵转试验、温升试验等等，在此系统设计中只介绍和设计了空载和负载试验。所以有必要弄清它们的试验目的和试验过程。

1.空载特性试验

(1)试验目的：

三相异步电动机的空载试验是给定子施加额定频率的额定电压，试验目的：

- a.检查电机的运转的灵活情况，有无异常噪声和较强的振动；
- b.通过测试求得电机在额定电压时的铁心损耗和在额定转速时的机械损耗；
- c.通过试验得出空载电流与空载电压的关系曲线。这条曲线其实就是一条磁化曲线。它可以反映出电机磁路工作的情况，例如铁心材料的性能，转子的气隙等的选择是否合理。

(2)试验过程：

将电机启动后保持额定电压和额定频率空载运行到机械损耗稳定。判断机械损耗稳定的标准是：输入功率相隔半个小时的两个读数之差不大于前一次输入功率的 3%，在实际应用中，一般凭经验来确定，对 1KW 以下的电机一般运行 15~30min,对 1~10KW 的电机一般运行 30~60min,对大于 10KW 的电机应为 60~90min.

试验时，施于定子绕组上的电压从 1.1~1.3Un 开始，逐渐降低到可能达到的最低电压值，使电流开始回升为止，其间测取 7~9 个点，每个点应测取下列数值：三相电压（如可确定三相平衡时，可只测一相），三相电流，输入功率 P0。

2. 负载试验

(1) 试验目的:

负载试验的目的实际上是要测取电机的工作特性曲线,考虑效率和功率因素是否合格,取得分析电机运行性能的必要数据。

(2) 试验过程:

测试应在被试电机接近热状态下进行,在额定功率和额定频率下,改变负载,在1.25~0.25倍额定功率范围内测取6~8点读数,每点同时测量:三相电压,三相电流,输入功率,功率因素,转差率,输出转矩。转差率实际是通过测出转子的转速计算出来的。

1.1.2 电机测试标准

本试验中要实现系统的设计首先必须满足 GB1032 三相异步电动机试验方法等国家有关标准的精度及安全要求:

1. 试验电源

1) 试验电源的电压波形正弦畸变率(电压波形中所包含的除基波分量以外的各次谐波的有效值平方和的根值与基波分量有效值之比的百分数)应不超过5%,在进行温升试验时应不超过2.5%。

2) 试验电源的三相电压对称系统应符合下述要求:

电压的负序分量和零序分量均不超过正序分量的1%;在进行温升试验时,负序分量不超过正序分量的0.5%,零序分量的影响予以消除。

试验电源的频率与额定频率之差应在额定频率±1%范围内。

2. 测量仪表

试验时,采用的电气测量仪表的准确度应不低于0.5级,三相瓦特表的准确度应不低于1.0级,互感器的准确度应不低于0.2级,电量变送器的准确度应不低于0.5%级(检查试验时应不低于1%),数字式转速测量仪及转差率测量仪的准确度应不低于0.1%±1个字,转矩测量仪及测功机的准确度应不低于1%(实测效率应不低于0.5%)。

选择仪表时,应使测量值位于20%-95%仪表量程范围内。

3. 测量要求

进行电气测量时,应遵循下列要求:

1) 三相电流用三电流互感器(或二互感器)法。

2) 采用电流互感器时,接入付边回路仪表的总阻抗(包括连接导线)应不超过其额定阻抗值。

3) 试验时,各仪表读数同时读取。在测量三相电压或三相电流时,应取三相读数的平均值作为测量的实际值。

1.2 电机自动测试的特点及和当前电机测试的现状

以往的电机测试往往采用普通的指针式仪表由人工读数、人工记录,然后由人工整理成数据并描绘曲线或编写实验报告。由于某些原因如电源的波动、频率波动、负载波动等因素会使仪表的指针摆动,为了能比较准确的读出某一瞬间的各项被测参数,往往需要几个人同时读表,工作效率低。不仅如此,由于读表的不同时性以及读数、记录、计算中各种人为误差还会使实验数据分散性大,试验经过的准确度低,重复性差,现在这种测试方法基本被淘汰。

另外一种测量方式是使用各种电子测量仪表,如多功能电参数测试仪可以测量电机在各种状态下的转矩、转速、输出功率等,这类仪器一般由单片机构成,测量精度高,采用数字显示,功能比较完备,提高了自动化程度,但是对数据的处理、试验过程中的读数同步等问题,仍然不够理想。

在数字仪表的基础上发展起来的数字式自动测试系统可以控制测量过程,处理测

试数据，记录与显示测量结果。采用微机的**电机自动测试系统**在测试功能、测量精度等各项指标上都远远超过了传统的实验方法。使电机测试步入了新的时代。

近几年来，由于计算机的功能不断强大，各种**人机界面软件**不断涌现，这给电机测试提供了**可视化监控画面**。这又使电机测试迈进了一大步。

风力发电机的简介

所有并网型风力发电机通过**三相交流（AC）电机**将机械能转化为电能。发电机分为两个主要类型。**同步发电机运行的频率与其所连电网的频率完全相同**，同步发电机也被称为**交流发电机**。**异步发电机运行时的频率比电网频率稍高**，异步发电机常被称为**感应发电机**。

感应发电机与同步发电机都有一个不旋转的部件被称为定子，这两种电机的定子相似，两种电机的定子都与电网相连，而且都是由叠片铁芯上的三相绕组组成，通电后产生一个以**恒定转速旋转的磁场**。尽管两种电机有相似的定子，但它们的**转子是完全不同**的。同步电机中的转子有一个通直流电的绕组，称为**励磁绕组**，励磁绕组建立一个恒定的磁场锁定定子绕组建立的旋转磁场。因此，转子始终能以一个恒定的与定子磁场和电网频率同步的恒定转速上旋转。在某些设计中，转子磁场是由永磁机产生的，但这对大型发电机来说不常用。

感应电机的转子就不同例如，它是由一个**两端都短接的鼠笼形绕组**构成。转子与外界没有电的连接，**转子电流由转子切割定子旋转磁场的相对运动而产生**。如果转子速度完全等于定子转速磁场的速度（与同步发电机一样），这样就没有相对运动，也就没有转子感应电流。因此，感应发电机总的转速总是比定子旋转磁场速度稍高，其速度差叫**滑差**，在正常运行期间。它大概为 1%。

三相异步电动机的结构

简单的说，三相异步电动机主要由**定子和转子**两大部分组成，而定子和转子间的**气隙**一般为 0.25~2mm，因为气隙也是电动机磁路的一部分，当**气隙大时，磁阻就大**，励磁电流也大，所以气隙不能太大，而另一方面，气隙又不能太小，越小加工越困难，而且易擦心。

一、定子部分

定子：电动机上固定不动的静止部分就称为定子。它主要包括定子**铁心**、定子**绕组**和**机座**等部件。

1、定子铁心：是电动机**磁路**的一部分，为减小定子铁心中的损耗，铁心材料一般用厚度为 0.35~0.5mm、表面带绝缘层的**硅钢片**冲片叠装而成。铁心冲片内圆冲有均匀分布的槽，**槽内用来嵌放定子绕组**。槽有**开口型**、**半开口型**和**半闭口型**三种。

半闭口型槽一般用于**小型**电动机，优点是电动机的效率和功率因数较高，缺点是绕组嵌线和绝缘都较困难；半开口型槽可以嵌放成形绕组，多用于**大、中型**电动机；开口型槽可以嵌放经过绝缘处理的绕组，主要用于**高压电机**。

2、定子绕组：是电动机的**电路**部分，作用是通入三相对称交流电产生旋转磁场，由三相对称绕组组成，我们用 u1、v1、w1 分别代表三个绕组的首端，以 u2、v2、w2 分别代表三个绕组的末端，所以电动机的定子铁心在嵌完线、出好线以后一般就有六个出线端 u1、v1、w1、u2、v2、w2，组装电动机时，我们就要将这三个绕组的六个出线端引到电动机的接线盒内，我们可根据需要接成星形或三角形，一般**3KW 以下都接成星形**，**其他功率接成三角形**。

定子绕组是电动机内**最重要的部分**，为保证绕组正常工作，绕组间绝缘要可靠，一般绝缘主要有：

槽绝缘：防止绕组对铁心（地）短路——用绝缘纸；

匝间绝缘：防止绕组匝间短路——用电磁线本身的绝缘层；

层间绝缘：针对双层绕组来说，绝缘材料与槽绝缘相同；

端部相间绝缘：相间垫三角形绝缘纸，并在鼻端用布带包扎。

3、机座：作用**固定定子铁心**，并以两个端盖支撑转子，同时保护整台电动机的电磁部分和散发电动机运行中产生的热量，所以封闭式电动机的机座外面有**散热片**以增加散热面积，为了电动机搬运方便，电动机机座上还装有吊环。

它的材料主要采用铸铁（中小型电动机）、钢板（CZ、CBZ、大型高压电机）、铝（1AL系列）。

二、转子部分

转子：电动机上的旋转部分就称为转子，主要由转子**铁心**、转子**绕组**和**转轴**等组成。

1、转子铁心：也是电动机**磁路**的一部分，一般用厚度为 0.5mm 相互绝缘的**硅钢片**冲制叠压而成，冲片外圆冲有均匀分布的槽，用来安置转子绕组。

2、转子绕组：作用产生感生电动势和电流，并在旋转磁场的作用下**产生电磁力矩**而使转子转动。转子绕组按结构可分为**笼型和绕线型**两种。

（1）笼型转子：笼型转子又有**单笼型、双笼型和深槽式**结构。而单笼型按材料的不同有可分为两种，一种是把转子导体、两端的短路环和风叶用铝液一次浇铸而成（铸铝转子）；另一种是在转子铁心的每一个槽内插入一根铜条，并在铁心两端各用一个铜换把每根铜条焊接起来（高压电机用）

（2）绕线转子：指在**转子导线槽内嵌入与定子绕组具有相同极数的三相对称绕组**，一般都接成**星形**，即**末端都接在一起**，而**首端通过滑环和电刷装置与外电路相连**。（YZR）

3、转轴：作用**支撑**转子铁心和绕组，并**传递电动机输出的机械转矩**，同时保证定、转子间具有一定的均匀气隙。

三、其他附件

1、端盖：装在机座两侧，轴承室内安放轴承，起支撑转子的作用，并保持定、转子间同心度的要求。

2、轴承和轴承盖：轴承支撑转轴转动，Y160 以上加轴承盖。

3、风扇和风扇罩：转轴带动风扇一起转动，起冷却电机的作用，风罩保护风扇。

4、出线盒盖和出线盒座：安装在机座上，保护出线部分。

5、铭牌：标出主要的技术数据、型号、出厂编号、额定功率、电压、电流、频率、转速、防护等级、噪声等级、工作制、绝缘等级、接法、重量以及日期等。

变频器是怎样控制电机转速的

变频器主要由**整流**（交流变直流）、**滤波**、**再次整流**（直流变交流）、**制动单元**、**驱动单元**、**检测单元**、**微处理单元**等组成的。

1. 电机的旋转速度为什么能够自由地改变？

电机旋转速度单位：r/min 每分钟旋转次数，也可表示为 **rpm**。

例如：2 极电机 50Hz 3000 [r/min]

4 极电机 50Hz 1500 [r/min]

结论：电机的旋转速度同频率成比例

感应式交流电机（以后简称为电机）的旋转速度近似地取决于电机的极数和频率。由电机的工作原理决定电机的极数是固定不变的。由于该极数值不是一个连续的数值（为 2 的倍数，例如极数为 2，4，6），所以一般不适宜通过改变该值来调整电机的速度。

另外，频率能够在电机的外面调节后再供给电机，这样电机的旋转速度就可以被自由的控制。

因此，以控制频率为目的的变频器，是做为电机调速设备的优选设备。

$$n = 60f/p$$

n: 同步速度

f: 电源频率

p: 电机极对数

结论：改变频率和电压是最优的电机控制方法

如果仅改变频率而不改变电压，频率降低时会使电机出于过电压（过励磁），导致电机可能被烧坏。因此变频器在改变频率的同时必须要同时改变电压。输出频率在额定频率以上时，电压却不可以继续增加，最高只能是等于电机的额定电压。

例如：为了使电机的旋转速度减半，把变频器的输出频率从 50Hz 改变到 25Hz，这时变频器的输出电压就需要从 400V 改变到约 200V

2. 当电机的旋转速度（频率）改变时，其输出转矩会怎样？

变频器驱动时的起动转矩和最大转矩要小于直接用工频电源驱动

电机在工频电源供电时起动和加速冲击很大，而当使用变频器供电时，这些冲击就要弱一些。工频直接起动会产生一个大的起动电流。而当使用变频器时，变频器的输出电压和频率是逐渐加到电机上的，所以电机起动电流和冲击要小些。

通常，电机产生的转矩要随频率的减小（速度降低）而减小。减小的实际数据在有的变频器手册中会给出说明。

通过使用磁通矢量控制的变频器，将改善电机低速时转矩的不足，甚至在低速区电机也可输出足够的转矩。

3. 当变频器调速到大于 50Hz 频率时，电机的输出转矩将降低

通常的电机是按 50Hz 电压设计制造的，其额定转矩也是在这个电压范围内给出的。因此在额定频率之下的调速称为恒转矩调速. ($T=Te, P \leq Pe$)

变频器输出频率大于 50Hz 频率时，电机产生的转矩要以和频率成反比的线性关系下降。

当电机以大于 50Hz 频率速度运行时，电机负载的大小必须要给予考虑，以防止电机输出转矩的不足。

举例，电机在 100Hz 时产生的转矩大约要降低到 50Hz 时产生转矩的 1/2。

因此在额定频率之上的调速称为恒功率调速. ($P=Ue \cdot Ie$)

4. 变频器 50Hz 以上的应用情况

大家知道，对一个特定的电机来说，其额定电压和额定电流是不变的。

如变频器和电机额定值都是: 15kW/380V/30A，电机可以工作在 50Hz 以上。

当转速为 50Hz 时，变频器的输出电压为 380V，电流为 30A。这时如果增大输出频率到 60Hz，变频器的最大输出电压电流还只能为 380V/30A。很显然输出功率不变。所以我们称之为恒功率调速。

这时的转矩情况怎样呢？

因为 $P=wT$ (w :角速度, T :转矩)。因为 P 不变, w 增加了, 所以转矩会相应减小。

我们还可以再换一个角度来看:

电机的定子电压 $U = E + I \cdot R$ (I 为电流, R 为定子电阻, E 为感应电势)

可以看出, U, I 不变时, E 也不变。

而 $E = k \cdot f \cdot X$, (k :常数, f : 频率, X :磁通), 所以当 f 由 50-->60Hz 时, X 会相应减小

对于电机来说, $T=K \cdot I \cdot X$, (K :常数, I :电流, X :磁通), 因此转矩 T 会跟着磁通 X 减小而减小。

同时, 小于 50Hz 时, 由于 $I \cdot R$ 很小, 所以 $U/f=E/f$ 不变时, 磁通(X)为常数。转矩 T 和电

流成正比. 这也就是为什么通常用变频器的过流能力来描述其过载(转矩)能力. 并称为恒转矩调速(额定电流不变-->最大转矩不变)

结论: **当变频器输出频率从 50Hz 以上增加时, 电机的输出转矩会减小.**

5. 其他和输出转矩有关的因素

发热和散热能力决定变频器的输出电流能力, 从而影响变频器的输出转矩能力。

载波频率: 一般变频器所标的额定电流都是以**最高载波频率**, **最高环境温度**下能保证持续输出的数值. 降低载波频率, 电机的电流不会受到影响. 但元器件的发热会减小。

环境温度: 就象不会因为检测到周围温度比较低时就增大变频器保护电流值。

海拔高度: 海拔高度增加, 对**散热和绝缘性能**都有影响. 一般 1000m 以下可以不考虑. 以上每 1000 米降容 5% 就可以了。

三相异步电机启动方式是?

- 1、**直接启动**, 电机直接接额定电压启动。
- 2、**降压启动**: (1) **定子串电抗**降压启动
(2) **星形-三角形启动器**启动
(3) **软启动器**启动
(4) 用**自耦变压器**启动

这几种降压启动方式根据什么条件选择? 它们的优缺点是什么?

三相异步电机降压启动方式选择比较:

(1) 实行**降压启动**的目的是为了**减小线路的浪涌**, 保障变压器正常供电. 电机直接启动它的启动电流是额定电流的**7 倍**。

(2) **星-三角降压启动**: 启动电流是额定电流的**2.3 倍**. 但星三角启动的**力距较小**, 只能**轻负载**的电机可以启动. 一般叫重负启动荷设备不能用. 星三角启动造价轻、体积小、操作方便。

(3) **软启动**: 软启动是, 由**变频器无级变速启动**, 一般用于须要**调速**的设备上, 而单一为启动电机的基本不用. 造价最大、使用方便、运行平稳。

(4) **自耦变压器降压启动**: 自耦变压启动由于它可以按要求调整启动电流, 所以它的**启动力距比较大**, 适合**重负载**启动, 或大型机械设备. 它的体积大、造价也大、操作麻烦。

三相异步电动机(笼型)几种降压启动方式分析

1、**Y-△启动**: Y-△启动适用与**定子绕组为△连接**的电动机, 采用这种方式启动时, 可使每相定子绕组降低到电源电压的**58%**, **启动电流为直接启动时的 33%**, **启动转矩为直接启动时的 33%**. 启动电流小, 启动转矩小。

2、**三相电阻降压启动**: 电阻减压启动一般用于**轻载**启动的**笼型电动机**, 且由于其缺点明显而**很少采用**. 定子回路接入对称电阻, 这种启动方式的启动电流较大而启动转矩较小. 如启动电压降至额定电压的**65%**, 其启动电流为全压启动电流的**65%**, 而启动转矩仅

为全压启动转矩的 42%,且启动过程中消耗的电能较大。

3、**自耦变压器降压启动**:这种方式通常用于要求**启动转矩较大**而**启动电流较小**的场合,采用自耦变压器降压启动,电动机的启动电流及启动转矩与其端电压的平方成比例降低,相同的启动电流的情况下能获得较大的启动转矩。如启动电压降至额定电压的 65%,其启动电流为全压启动电流的 42%,而启动转矩仅为全压启动转矩的 42%。

4、**软启动器降压启动**:其特点是**启动平稳**,对电网冲击少;不必考虑对被启动电动机的加强设计;启动装置功率适度,一般只为被启动电动机功率的 5~25%;允许启动的次数较高;但目前设备造价昂**贵**;主要用于**大型机组及重要场所**。

三相异步电动机的七种调速方式(一)

三相异步电动机转速公式为: $n=60f/p(1-s)$

从上式可见,改变供电频率 f、电动机的极对数 p 及转差率 s 均可达到改变转速的目的。从调速的本质来看,不同的调速方式无非是改变交流电动机的**同步转速**或不改变同步转速两种。

一、**变极对数调速方法**

这种调速方法是用改变**定子绕组的接线方式**来改变笼型电动机**定子极对数**达到**调速**目的,特点如下:

具有较硬的机械特性,稳定性良好;

无转差损耗,效率高;

接线简单、控制方便、价格低;

有级调速,级差较大,不能获得平滑调速;可以与**调压调速、电磁转差离合器**配合使用,获得较高效率的**平滑调速特性**。

本方法适用于**不需要无级调速**的生产机械,如金属**切削机床、升降机、起重设备、风机、水泵**等。

二、**变频调速方法**

变频调速是改变电动机定子电源的**频率**,从而改变其**同步转速**的调速方法。变频调速系统主要设备是提供变频电源的**变频器**,变频器可分成**交流一直流一交流变频器**和**交流一交流变频器**两大类,目前国内大都使用交一直一交变频器。其特点:

效率高,调速过程中没有附加损耗;

应用范围广,可用于**笼型**异步电动机;

调速范围大,特性硬,精度高;

技术复杂,**造价高**,维护检修困难。

本方法适用于要求精度高、调速性能较好场合。

三、**串级调速方法**

串级调速是指**绕线式电动机转子回路中串入可调节的附加电势来改变电动机的转差**,达到调速的目的。**大部分转差功率被串入的附加电势所吸收**,再利用产生附加的装置,**把吸收的转差功率返回电网或转换能量加以利用**。根据转差功率吸收利用方式,串级调速可分为电机串级调速、机械串级调速及晶闸管串级调速形式,多采用**晶闸管串级调速**,其特点为:

可将调速过程中的**转差损耗回馈到电网或生产机械上**,**效率较高**;

装置容量与调速范围成正比,**投资省**,适用于调速范围在额定转速 70%—90%的生产机械上;

调速装置故障时可以切换至全速运行，避免停产；

晶闸管串级调速功率因数偏低，谐波影响较大。

本方法适合于**风机、水泵及轧钢机、矿井提升机、挤压机**上使用。

四、**绕线式电动机转子串电阻调速方法**

绕线式异步电动机**转子串入附加电阻**，使电动机的**转差率加大**，电动机在较低的转速下运行。串入的**电阻越大**，电动机的**转速越低**。此方法设备简单，控制方便，但转差功率以发热的形式消耗在电阻上。属**有级调速**，机械特性较**软**。

五、**定子调压调速方法**

当改变电动机的**定子电压**时，可以得到一组不同的机械特性曲线，从而获得不同转速。由于电动机的**转矩与电压平方成正比**，因此最大转矩下降很多，其调速范围较小，使一般笼型电动机难以应用。为了扩大调速范围，调压调速应采用**转子电阻值大的笼型电动机**，如专供调压调速用的力矩电动机，或者在**绕线式电动机上串联频敏电阻**。为了扩大稳定运行范围，当调速在 2: 1 以上的场合应采用**反馈控制**以达到自动调节转速目的。

调压调速的主要装置是一个能提供**电压变化的电源**，目前常用的调压方式有**串联饱和电抗器、自耦变压器以及晶闸管调压**等几种。**晶闸管调压方式为最佳**。调压调速的特点：

调压调速线路简单，易实现自动控制；

调压过程中转差功率以发热形式消耗在转子电阻中，**效率较低**。

调压调速一般适用于**100KW 以下**的生产机械。

六、**电磁调速电动机调速方法**

电磁调速电动机由**笼型电动机、电磁转差离合器和直流励磁电源（控制器）**三部分组成。直流励磁电源功率较小，通常由**单相半波或全波晶闸管整流器**组成，改变晶闸管的**导通角**，可以改变**励磁电流**的大小。

电磁转差离合器由**电枢、磁极和励磁绕组**三部分组成。电枢和后者没有机械联系，都能自由转动。电枢与电动机转子同轴联接称为**主动部分**，由电动机带动；磁极用联轴节与负载轴对接称为**从动部分**。当电枢与磁极均为静止时，如励磁绕组通以直流，则沿气隙圆周表面将形成若干对 N、S 极性交替的磁极，其磁通经过电枢。当电枢随拖动电动机旋转时，由于电枢与磁极间相对运动，因而使电枢感应产生**涡流**，此涡流与磁通相互作用产生转矩，带动有磁极的转子按同一方向旋转，但其转速恒低于电枢的转速 N_1 ，这是一种转差调速方式，变动转差离合器的直流励磁电流，便可改变离合器的输出转矩和转速。电磁调速电动机的调速特点：

装置结构及控制线路简单、运行可靠、维修方便；

调速平滑、无级调速；

对电网无谐影响；

速度失大、效率低。

本方法适用于中、小功率，要求平滑、短时低速运行的生产机械。

七、**液力耦合器调速方法**

液力耦合器是一种液力传动装置，一般由**泵轮和涡轮**组成，它们统称工作轮，放在密封壳体中。壳中充入一定量工作液体，当泵轮在原动机带动下旋转时，处于其中的液体受叶片推动而旋转，在离心力作用下沿着泵轮外环进入涡轮时，就在同一转向上给涡轮叶片以推力，使其带动生产机械运转。液力耦合器的动力传输能力与壳内相对充液量的大小是一致的。在工作过程中，改变充液率就可以改变耦合器的涡轮转速，作到**无级调速**，其特点为：

功率适应范围大，可满足从几十千瓦至数千千瓦不同功率的需要；

结构简单，工作可靠，使用及维修方便，且**造价低**；

尺寸小，能容大；

控制调节方便，容易实现自动控制。

本方法适用于风机、水泵的调速

怎样正确选择电动机的功率？