

职业教育机电一体化专业教学资源库

课 程 教 案

课程名称： 工厂电气控制技术

编 制 人： 孙在松

邮 箱： zaisongsun@163.com

电 话： 0633-7987155

编制时间： 2020-8-01

编制单位：日照职业技术学院

项 目	项目五 大中型设备软启动电路装调				
单元名称	Y-Δ 降压启动设备电路装调				
课 次	11	学时	4	上课地点	
教学目标	能力目标			知识目标	
	1.能够用插线方式对 Y-Δ 降压启动电路进行安装调试; 2.能用电工仿真软件对 Y-Δ 降压启动电路进行接线调试。			1.掌握三相异步电 Y-Δ 两种接线方式; 2.掌握三相异步电 Y-Δ 切换的工艺要求; 3.了解电机延边启动原理; 4.了解电机自耦降压启动原理。	
教学重点、 难点	重点: 1. 电路原理图绘制; 2. 电路接线调试。 难点: 电路故障诊断				
教学过程	主要教学内容				备注
2. 项目引入(20min)	播放电路图微课, 引出绘制原则问题。				教师引导、学生观看
3、知识准备(60min)	<p style="text-align: center;">三相异步电动机降压启动控制电路</p> <p>电动机由静止到通电正常运转的过程称为电动机的启动过程, 在这一过程中, 电动机消耗的功率较大, 启动电流也较大。通常启动电流是电动机额定电流的 4~7 倍。小功率电动机启动时, 启动电流虽然较大, 但和电网的总电流相比还是比较小, 所以可以直接启动。若电动机的功率较大, 又是满负荷启动, 则启动电流就很大, 很可能对电网造成影响, 使电网电压降低而影响到其他电器的正常运行。此时人们就要采用降压启动。</p> <p>通常规定: 电源容量在 180kVA 以上, 电动机容量在 7kW 以下的三相异步电动机可采用直接启动。一台电动机是否要采用降压启动, 可用下面的经验公式判断:</p> $\frac{I_q}{I_e} = \frac{3}{4} + \frac{\text{电源变压器的额定容量}}{\text{电动机的功率} * 4}$ <p>式中, I_q 为电动机的启动电流; I_e 为电动机的额定电流。计算结果满足上式要求时, 可采用全压直接启动, 不满足时应采用降压</p>				教师多媒体演示 PPT 讲解 学生讨论, 小组提问 教师讲解 教师引导、学生

<p>4、小组活动(80min)</p>	<p>启动。</p> <p>常用的降压启动有串接电阻降压启动、Y—Δ降压启动、自耦变压器降压启动及延边三角形降压启动。人们可以根据不同的场合与需要，选择不同的启动方法。</p> <p>三相异步电动机各种启动（包括直接启动）方法的比较如下：</p> <p>①直接启动。直接启动适用于 7.5 kW 以下小功率电动机的直接启动。直接启动的控制电路简单，启动时间短。但启动电流大，当电源变压器容量小时，会对其他电气设备的正常工作产生影响。</p> <p>②串接电阻降压启动。串接电阻降压启动适用于启动转矩较小的电动机。虽然启动电流较小，启动电路较为简单，但电阻的功耗较大，启动转矩随电阻分压的增加下降较快，所以，串接电阻降压启动的方法使用还是比较少。</p> <p>③Y—Δ降压启动。三角形连接的电动机都可采用 Y—Δ降压启动。由于启动电压降低较大，故用于轻载或空载启动。Y—Δ降压启动控制电路简单，常把控制电路制成 Y—Δ降压启动器。大功率电动机采用 QJ 系列启动器，小功率电动机采用 QX 系列启动器。</p> <p>④延边三角形降压启动。延边三角形电动机是专门为需要降压启动而生产的电动机，电动机的定子绕组中间有抽头，根据启动转矩与降压要求可选择不同的抽头比。其启动电路简单，可频繁启动，缺点是电动机结构比较复杂。</p> <p>⑤自耦变压器降压启动。星形或三角形连接的电动机都可采用自耦变压器降压启动，启动电路及操作比较简单，但是启动器体积较大，且不可频繁启动。</p> <p>1. 定子绕组串接电阻降压启动控制电路</p> <p>定子绕组串接电阻降压启动电路图如图 9-8 所示。定子绕组串接电阻降压启动是指在电动机启动时，把电阻串接在电动机定子绕组与电源之间，通过电阻的分压作用来降低定子绕组上的启动电压，待电动机启动后，再将电阻短接，使电动机在额定电压下正常运转。该电路的主电路中，KM2 的二对主触头不是直接并接在启</p>	<p>小组讨论</p> <p>学生分析讨论电路图绘制</p> <p>分组讨论，教师巡视</p>
----------------------	---	---

动电阻尺的两端，而是把接触器 KM1 的主触头也并接了进去，这样接触器 KM1 和时间继电器 KT 只作短时间的降压启动用，待电动机全压运转后就全部从电路中切除，从而延长了接触器 KM1 和时间继电器 KT 的使用寿命，节省了电能，提高了电路的可靠性。电动机串接电阻降压启动，电阻要耗电发热，因此不适于频繁启动电动机。串接的电阻一般都是用电阻丝绕制而成的功率电阻，体积较大。串接电阻启动时，由于电阻的分压，电动机的启动电压只有额定电压的 0.5~0.8 倍，由转矩正比于电压的平方可知，此时 $M_q = (0.25 \sim 0.64) M_e$ 。

因此，串接电阻降压启动仅适用于对启动转矩要求不高的场合，电动机不能频繁地启动，电动机的启动转矩较小，仅适用于轻载或空载启动。

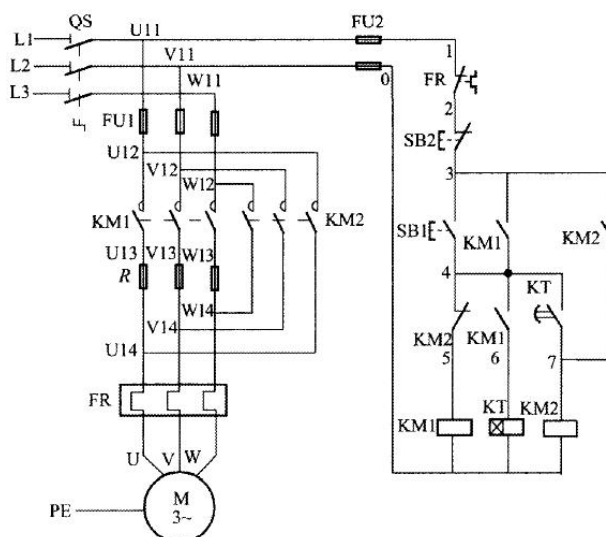


图 9-8 定子绕组串接电阻降压启动控制电路

电路的工作原理如下：

①按下 SB1；②KM1 线圈得电，KT 线圈得电；③KM1 自动触点闭合自锁，KM1 主触点闭合（电动机 M 串电阻 R 降压启动）；④至转速上升一定值时，KT 延时结束；⑤KT 常开触点闭合；⑥KM2 线圈得电；⑦KM2 主触点闭合；⑧R 被短路；⑨电动机 M 全压运转。

停止时，按下 SB2 即可。

串接电阻降压启动的缺点是减小了电动机的启动转矩，同时启动时在电阻上功率消耗也较大。如果启动频繁，则电阻的温度很高，

对于精密的机床会产生一定的影响，故目前这种降压启动方法在生产实际中的应用正在逐步减少。

2. 自耦变压器（补偿器）降压启动控制电路

自耦变压器降压启动是指电动机启动时利用自耦变压器来降低电动机定子绕组上的启动电压。待电动机启动后，再使电动机与自耦变压器脱离，从而在全压下全速运行。

自耦变压器降压启动控制电路如图 9-9 所示。其中自耦变压启动设备采用的是 XJ01 系列自耦变压器，适用于交流 50Hz、电压 380V、功率 14~75kW 的三相笼型异步电动机的降压启动。

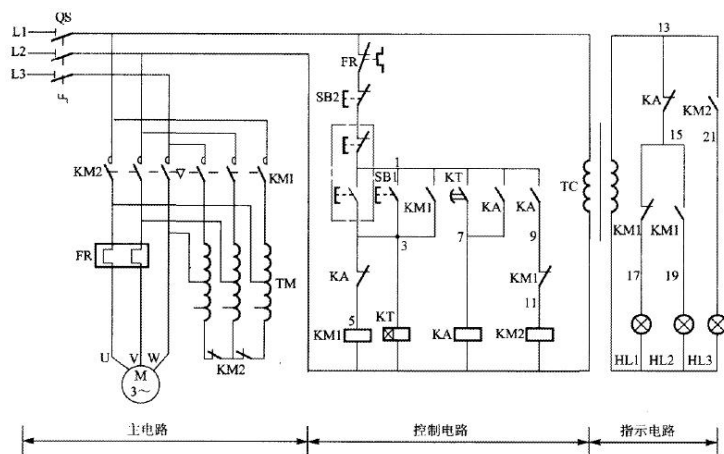


图 9-9 自耦变压器降压启动控制电路

XJ01 系列自动控制自耦变压器是由自耦变压器、交流接触器、中间继电器、热继电器、时间继电器和按钮等电气元件组成。自耦变压器备有额定电压 60% 及 80% 两挡抽头。补偿器具有过载和失压保护，最大启动时间为 2min（包括一次或连续数次启动时间的总和），若启动时间超过 2min，则启动后的冷却时间应不少于 4h 才能再次启动。XJ01 型自动控制自耦变压器降压启动的电路分为主电路、控制电路和指示电路三个部分，虚线框内的按钮是异地控制按钮。

分析原理图可指，指示灯 HL1 亮，表示电源有电，电动机处于停止状态；指示灯 HL2 亮，表示电动机处于降压启动状态；指示灯 HL3 亮，表示电动机处于全压运行状态。停止时，按下停止按钮 SB2，控制电路失电，电动机停转。

电路的工作原理如下：

①按下 SB1；②KM1 线圈得电，KT 线圈得电；③KM1 自锁触点闭合自锁，KM1 主触点闭合；④至转速上升一定值时，KT 延时结束；⑤KT 常开触点闭合；⑥KM2 线圈得电；⑦KM2 主触点闭合；⑧R 被短接；⑨电动机 M 全压运转。

停止时，按下 SB2 即可。

自耦变压器降压启动的优点是：启动转矩和启动电流可以调节。缺点是设备庞大，成本较高。因此，这种降压启动方法适用于额定电压为 220/380 V、连接为△/Y 形、容量较大的三相异步电动机的降压启动。

3. 时间继电器自动控制 Y—△降压启动电路

Y—△降压启动是指电动机启动时，把定子绕组接成 Y 形，以降低启动电压，限制启动电流。待电动机启动后，再把定子绕组改接成△形，使电动机全压运行。凡是在正常运行时定子绕组作△连接的异步电动机，均可采用这种降压启动方法。电动机启动时接成 Y 形，加在每相定子绕组上的启动电压只有△形连接的 $1/\sqrt{3}$ ，启动电流为△形连接的 $1/3$ ，启动转矩也只有△连接的 $1/3$ 。所以这种降压启动方法，只适用于轻载或空载下启动。

时间继电器自动控制 Y—△降压启动控制电路图 9-10 所示。该电路由三个接触器、一个热继电器、一个时间继电器和两个按钮组成。时间继电器 KT 用来控制 Y 形降压启动的时间和完成 Y—△自动切换。

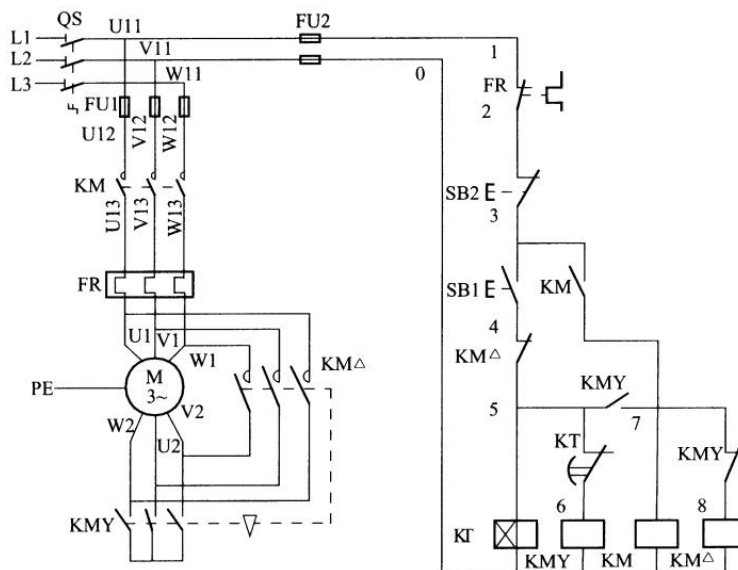


图 9-10 时间继电器自动控制 Y— Δ 降压启动控制电路

时间继电器自动控制 Y— Δ 降压启动控制电路的工作原理如下：

按下 SB1，同时有两个过程进行：

过程一：①KMY 线圈得电；②KMY 常开触点闭合，KMY 连锁触点分断对 KM Δ 连锁，KMY 主触点闭合（电动机 M 接成 Y 降压启动）；③KM 线圈得电；④KM 自锁触点闭合自锁，KM 主触点闭合。

过程二：①KT 线圈得电；②当 M 转速上升到一定值时，KT 延时结束；③KT 常闭触点分断；④KMY 线圈失电；⑤KMY 常开触点分断，KMY 主触点分断，解除 Y 形连接，KMY 连锁触点闭合；⑥KM Δ 线圈得电；⑦KM Δ 连锁触点分断，KM Δ 主触点闭合（电动机 M 接成 Δ 全压运行）；⑧对 KMY 连锁，KT 线圈失电；⑨KT 常闭触点瞬时闭合。

停止时，按下 SB2 即可。

本电路中，接触器 KMY 得电以后，通过 KMY 的常开辅助触头使接触器 KM 得电动作，这样 KMY 主触头是在无负载的条件下进行闭合的，故可延长接触器 KMY 主触头的使用寿命。

4. 延边 Δ 降压启动控制电路

1) 延边三角形电动机的定子绕组

如图 9-11 所示，实行延边三角形降压启动的电动机定子绕组，

采用了在每相绕组上做中间抽头，如图 9-11 (a) 所示；启动时把三相绕组的一部分接成三角形，一部分接成星形，即“延边三角形”，如图 9-11 (b) 所示；运行时绕组接成三角形，如图 9-11 (c) 所示。

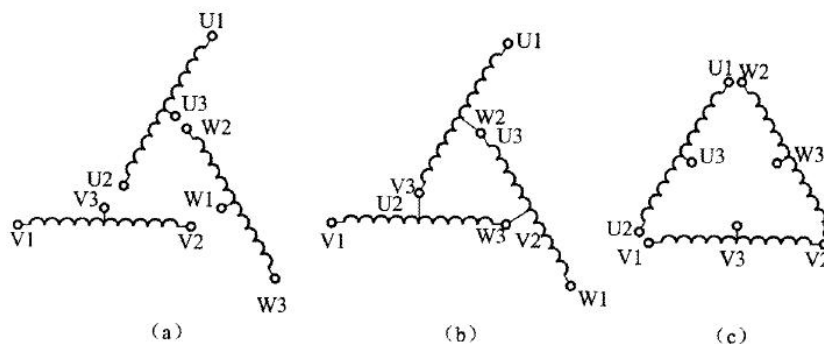


图 9-11 延边三角形接法的定子绕组

(a) 在每相绕组上做中间抽头；

(b) 启动时把三相绕组的一部分接成三角形，一部分接成星形；

(c) 运行时绕组接成三角形

延边三角形降压启动的电压介于全压启动与 Y- Δ 降压启动之间。这样克服了 Y- Δ 降压启动的启动电压过低，启动转矩过小的不足，同时还可以实现启动电压根据需要进行调整。由于采用了中间抽头技术，使电动机的结构比较复杂。

2) 延边三角形电动机降压启动控制电路

延边三角形降压启动控制电路如图 9-12 所示。

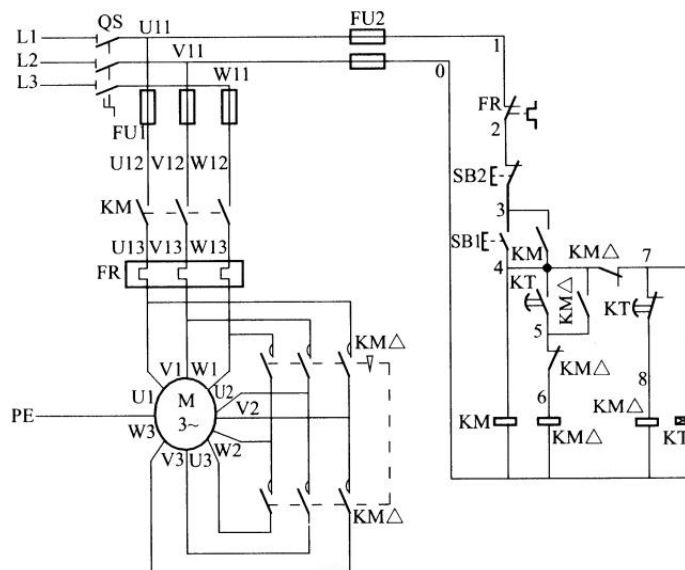
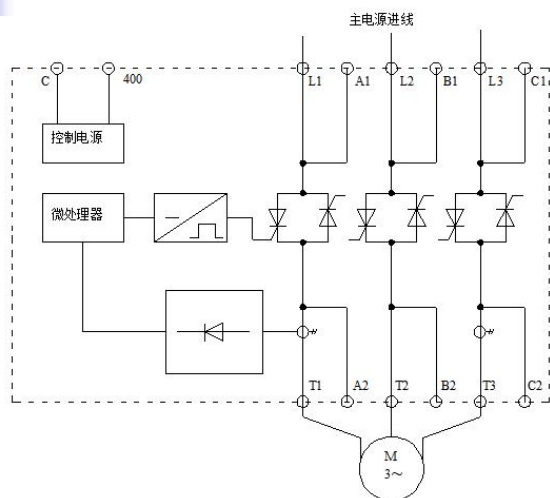


图 9-12 延边三角形降压启动控制电路

	<p>电路的工作原理如下：</p> <p>按下 SB1，同时有三个过程进行：</p> <p>过程一：①KM△线圈得电；②KM 自锁触点闭合自锁，KM 主触点闭合。</p> <p>过程二：①KM△线圈得电；②KM△连锁触点分断对 KM 连锁，KM△主触点闭合；③电动机 M 接成延边△降压启动（结合过程一）</p> <p>过程三：①KT 线圈得电；②待 M 转速上升到接近额定值时，KT 延时结束；③KT 常闭触点先分断，KT 常开触点后闭合；④KM△线圈失电；⑤KM△主触点分断，解除延边△连接，KM△连锁触点闭合；⑥KM△线圈得电；⑦KM△自锁触点闭合自锁，KM△主触点闭合（电动机 M 接成△全压运行），KM△常闭辅助触点分断；⑧对 KM△连锁，KT 线圈失电；⑨KT 触点瞬时复位。</p> <p>停止时，按下 SB2 即可。</p>	
<p>5、归纳总结(20min)</p>	<p>总结本单元讲解的电气图绘制。</p>	<p>教师 PPT 讲授</p>
<p>教学策略</p>	<p>要通过实际案例引发同学们的兴趣，培养其共同学习习惯。</p>	
<p>学习成果</p>	<p>课后作业：查找资料，降压启动在设备中的应用</p>	
<p>学习评价</p>	<p>讨论，提问 50%；课后作业 50%</p>	

项 目	项目五 大中型设备软启动电路装调				
单元名称	软启动器使用				
课 次	12	学时	4	上课地点	
教学目标	能力目标			知识目标	
	1.能够设置软启动器的参数； 2.能用电工仿真软件对软启动器启动电路进行接线调试。			1.了解常用软启动器工作原理及常用品牌； 2.常握一种软启动器的参数设置及接线方式；	
教学重点、 难点	重点： (1) 电路原理图； (2) 电路调试； 难点： 电路调试中故障处理。				
教学过程	主要教学内容				备注
1. 项目引入(20min)	用软启动运行设备电路案例引出项所授项目。				教师引导、学生思考
2、知识准备(60min)	<p>软启动器及其使用</p> <p>在直接启动的方式下，启动电流为额定值的 4~8 倍，启动转矩为额定值的 0.5~1.5 倍；在定子串电阻降压启动方式下，启动电流为额定值的 4.5 倍，启动转矩为额定值的 0.5~0.75 倍；在星形—三角形启动方式下，启动电流为额定值的 1.8~2.6 倍，在星形—三角形切换时也会出现电流冲击，且启动转矩为额定值的 0.5 倍；而自耦变压器降压启动，启动电流为额定值的 1.7~4 倍，在电压切换时会出现电流冲击，启动转矩为额定值 0.4~0.85 倍。因而上述这些方法经常用于对启动特性要求不高的场合。</p> <p>在一些对启动要求较高的场合，可选用软启动装置，它采用电子启动方法。</p> <p>1. 软启动器的工作原理</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 如图2-32所示为软启动器内部原理示意图。它主要由三相交流调压电路和控制电路构成。其基本原理是利用晶闸管的移相控制原理，通过晶闸管的导通角，改变其输出电压，达到通过调压方式来控制启动电流和启动转矩的目的。 ■ 控制电路按预定的不同启动方式，通过检测主电路的反馈电流，控制其输出电压，可以实现不同的启动特性。最终软启动器输出全压，电动机全压运行。 ■ 由于软启动器为电子调压并对电流实时检测，因此还具有对电动机和软启动器本身的热保护，限制转矩和电流冲击、三相电源不平衡、缺相、断相等保护功能，并可实时检测并显示如电流、电压、功率因数等参数。 				教师多媒体演示，PPT讲解 学生讨论单向运行电路故障概念，小组提问 教师讲解

图2-32 软启动器原理示意图



1

教师引导，学生讨论元件性能测试

软启动器的控制功能

- (1) 斜坡升压启动方式
- (2) 转矩控制及启动电流限制启动方式
- (3) 电压提升脉冲启动方式
- (4) 转矩控制软停车方式
- (5) 制动停车方式

3、项目实施 (80分)

学生按学习指南进行项目实施

4、归纳总结 (20min)

教学策略 要通过实物展示，分组讨论引导同学学习，培养其共同学习习惯。

学习成果 课后作业：举出交流接触器故障实例。

学习评价 讨论，提问 50%；课后作业 50%

项 目	项目五 大中型设备软启动电路装调				
单元名称	变频启动电路应用				
课 次	13	学时	4	上课地点	
教学目标	能力目标			知识目标	
	1.能够按照说明书对变频器参数进行设置； 2.能用电工仿真软件对变频启动电路进行接线调试。			1.了解常用变频工作原理及常用品牌； 2.常握一种变频器的参数设置及接线方式。	
教学重点、 难点	重点： (1) 电路原理图； (2) 电路调试； 难点： 电路调试中故障处理。				
教学过程	主 要 教 学 内 容				备注
1. 项目引入(20min)	用变频启动运行设备电路案例引出项所授项目。				教师引导、学生思考
2、知识准备(60min)	<div style="background-color: #e6f2ff; padding: 10px;"> <h3 style="margin: 0;">2.5.3变频调速及变频器的使用</h3> <ul style="list-style-type: none"> ■ 1. 变频调速 ■ 感应式交流电机的旋转速度， $n = \frac{60f_1}{p}(1-s)$ <ul style="list-style-type: none"> ■ 其中 $n_0 = \frac{60f_1}{p}$ 常称为电机理想空载旋转速度，改变电源频率就可以实现交流电机的调速。 <p>目前实用化的变频器种类很多，下面以西门子 MICROMASTER440 为例，简要说明变频器的使用。</p> <p>(1) 控制方式</p> <p>①线性 V / F 控制 变频器输出电压与频率为线性关系，用于恒定转矩负载。</p> <p>②带磁通电流控制（FCC）的线性 V / F 控制 在这种模式下，变频</p> </div>				教师多媒体演示，PPT讲解 学生讨论顺序启动电路故障概念，小组提问 教师讲解

	<p>器根据电动机特性实时计算所需要的输出电压，以此来保持电动机的磁通处于最佳状态。此方式可提高电动机效率和改善电动机动态响应特性。</p> <p>③平方 V / F 控制 变频器输出电压平方与频率为线性关系，用于变转矩负载，如风机和泵。</p> <p>④特性曲线可编程的 V / F 控制 变频器输出电压与频率为分段线性关系，此种控制方式可应用于在某一特定频率下为电动机提供特定的转矩。</p> <p>⑤带“能量优化控制（ECO）”的线性 V / F 控制 此方式的特点是变频器自动增加或降低电动机电压，搜寻并使电动机运行在损耗最小的工作点。</p> <p>⑥无传感器矢量控制 用固有的滑差补偿对电机的速度进行控制。采用这一控制方式时，可以得到大的转矩、改善瞬态响应特性和具有优良的速度稳定性，而且在低频时可提高电动机的转矩。</p> <p>⑦无传感器的矢量转矩控制 变频器可以直接控制电动机的转矩。当负载要求具有恒定的转矩时，变频器通过改变向电动机输出的电流，使转矩维持在设定的数值。另外，还有与纺织机械相关的 V / F 控制方式。</p>	<p>教师引导，学生讨论元件性能测试</p>
<p>3、项目实施（80分）</p>		<p>学生按学习指南进行项目实施</p>
<p>4、归纳总结（20min）</p>		
<p>教学策略</p>	<p>要通过实物展示，分组讨论引导同学学习，培养其共同学习习惯。</p>	
<p>学习成果</p>	<p>课后作业：双速电机应用案例介绍。</p>	
<p>学习评价</p>	<p>讨论，提问 50%；课后作业 50%</p>	