

西门子标准变频器控制方法描述

第一节 速度矢量控制（MM440）

在矢量控制中，速度控制器影响系统的动态特性。特别是恒转矩负载，速度闭环控制有利于改善系统的运动精度和跟随性能。在矢量控制过程中，速度控制器的配置是重要的环节。

根据速度控制器的反馈信号来源，可以将速度矢量控制分为带传感器的矢量控制(VC)与无传感器的矢量控制(SLVC)两种。

- 编码器的反馈信号(VC): **P1300=20**
- 观测器模型的反馈信号(SLVC): **P1300=21**

在快速调试和电机参数优化的过程中，变频器会根据负载参数自动辨识系统模型，建立模型观测器，在没有传感器的情况下，系统也会根据输出电流来计算当前速度，作为速度反馈来构成速度闭环。

速度控制器的设定方式（**P1460,P1462,P1470,P1472**）

- 手动调节

可根据经验对速度控制器的比例与积分参数进行整定

- PID 自整定

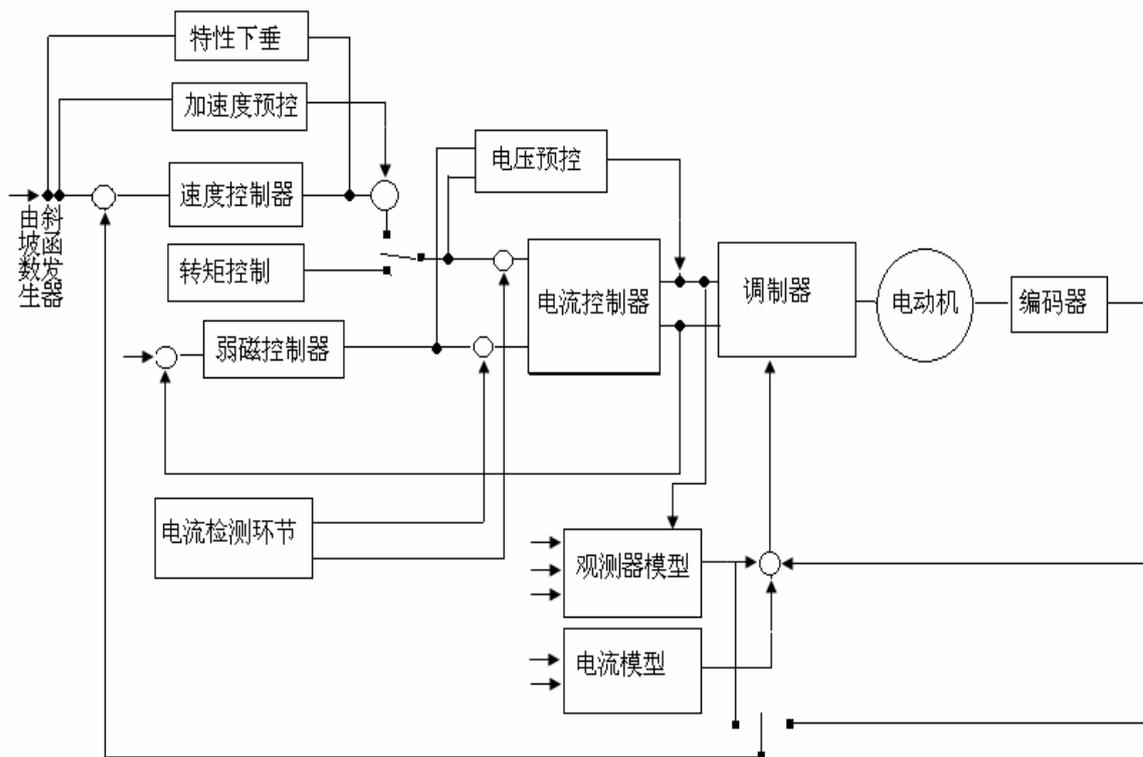
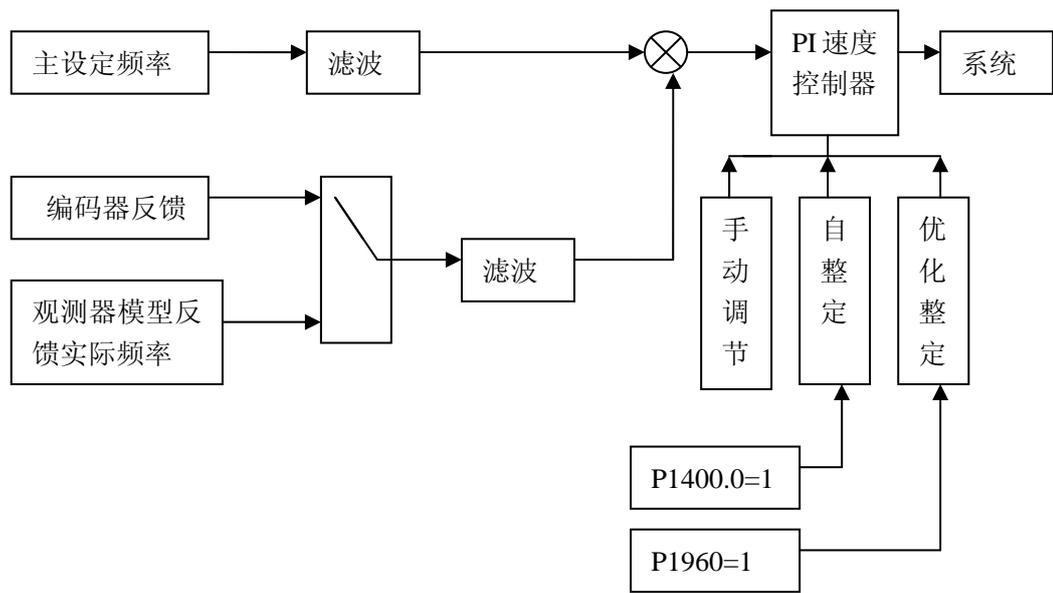
设定参数: **P1400**

当 **P1400.0=1**,使能速度控制器的增益自适应功能，即根据系统偏差的大小来自动调节比例增益系数 K_p 。在弱磁区，增益系数随磁通的降低而减小。

当 **P1400.1=1**,速度控制器的积分被冻结，只有比例增益，即对开环运行的电动机加上滑差补偿。

- 优化方式自整定

通过设置 **P1960=1**,变频器会自动对速度控制器的各参数进行整定。

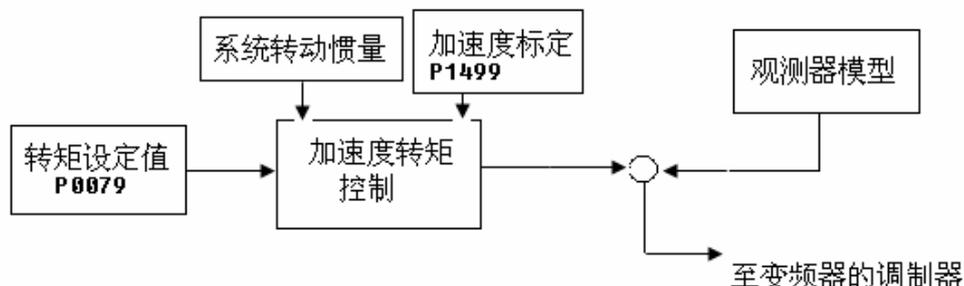


第二节 转矩控制（MM440）

矢量控制分为速度矢量控制与转矩矢量控制，转矩控制与速度矢量控制的主要区别是闭环调节是基于转矩物理量进行运算的。在某些特殊的场合，系统对

变频器输出转矩的要求比较严格。因此在 MM440 变频器中又实现了转矩设置功能。同速度矢量控制一样，转矩控制也分为无传感器矢量控制和带传感器的矢量控制。

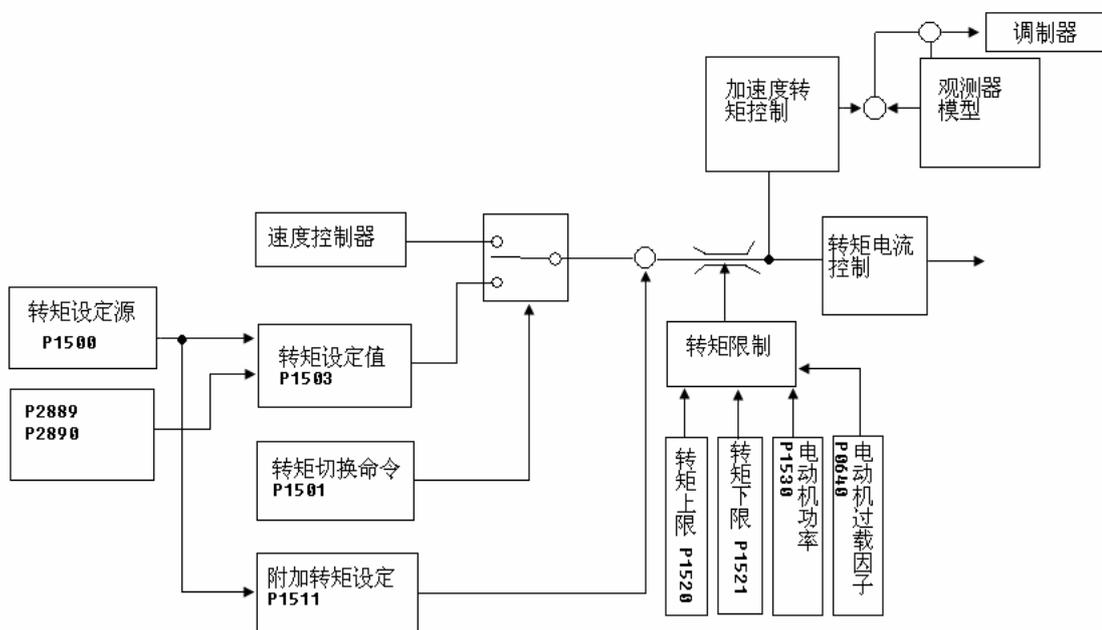
在无传感器的转矩控制过程中，系统根据观测器模型来计算当前频率，与加速度转矩控制输出频率进行预算后，反馈到调制器。



带传感器的转矩控制，将编码器测得的信号与观测器模型进行运算后直接反馈到调制器。

一 速度控制与转矩控制的切换

- 通过设置 P1501=1, 或者 P1501=722.X 来实现速度控制到转矩控制的切换。



二 转矩的设定

- 通过 P1500 来选择转矩设定源或者直接在 P1503 中设定相应转矩值。

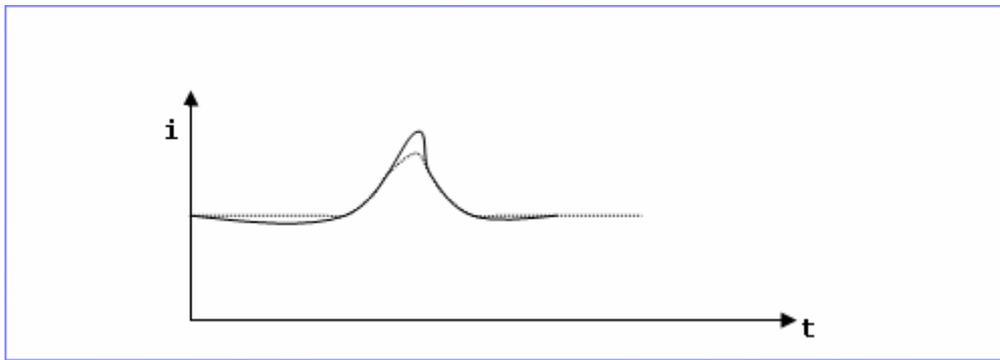
三 附加转矩设定值

注：在速度控制与转矩控制中都可以选择转矩作为附加设定值。

第三节 振荡阻尼与谐振阻尼

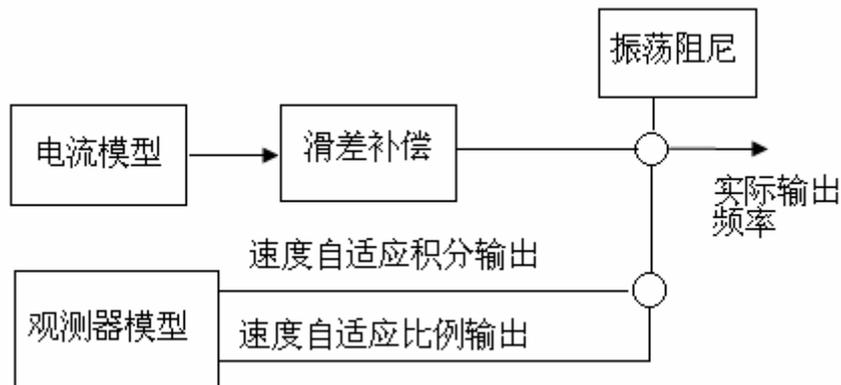
一 V/f 控制方式下的谐振阻尼

在 MM4 系列变频其中，在 V/f 控制方式下，提供参数 P1338 来对系统的电流进行监控，如果电流变化幅度比较大，即 di/dt 变化比较大的情况下，通过调整 P1338 来降低变频器的输出频率。通过降低输出频率的方法来限制变频器的输出电流，从而避免过电流。如果 P1338 越大，频率降低的幅度越大，相当于控制其中的前控效应。过大的谐振阻尼系数会影响系统的稳定性。



二 振荡阻尼

在无传感器矢量控制中，根据系统电流模型以及观测器模型得到的速度自适应控制器的输出后要经过振荡阻尼 P1740 的修正后作为实际输出频率。振荡阻尼相当于控制器的速度微分项，振荡阻尼的设定影响系统的响应速度和系统稳定性。

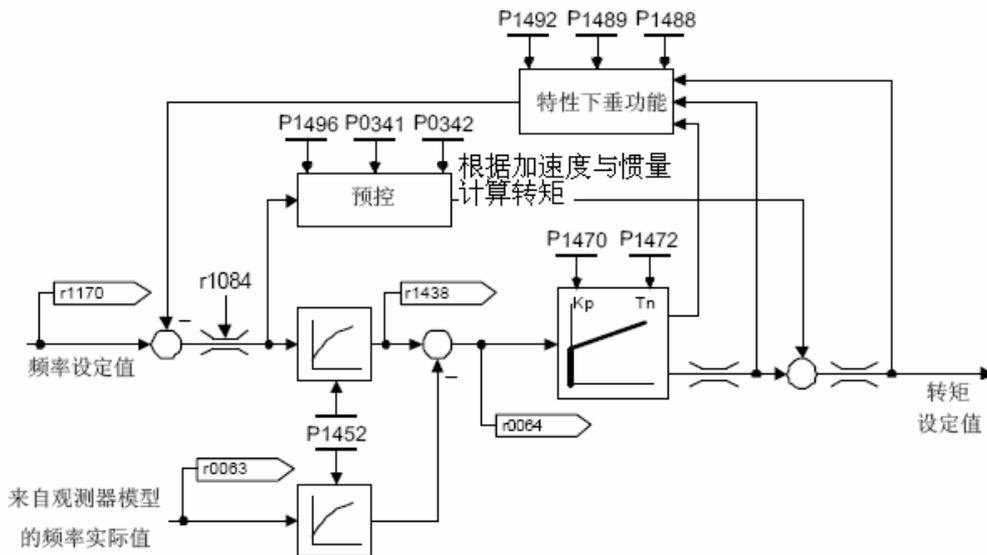


第四节 加速度预控在矢量控制中的应用(MM440)

在矢量控制中，速度控制器与转矩控制是可以通过参数（P1501）进行切换的。而在速度控制其中，西门子 MM440 变频器也设计了加速度预控与特性下垂功能。这里对加速度预控的应用进行探讨。

一 简介：

加速度预控即控制理论中的前馈补偿功能，根据经过标定的加速度值与驱动系统的总惯量求出相应力矩，同速度控制器的输出转矩相加后作为电机的转矩设定值。



二 加速度预控的作用：

加速度预控同速度控制器一同构成复合控制，它能在不影响系统稳态性能的前提下，提高系统的响应速度，补偿系统的动态滞后，准确的加速度标定能够提高系统控制精度。

三 应用举例：

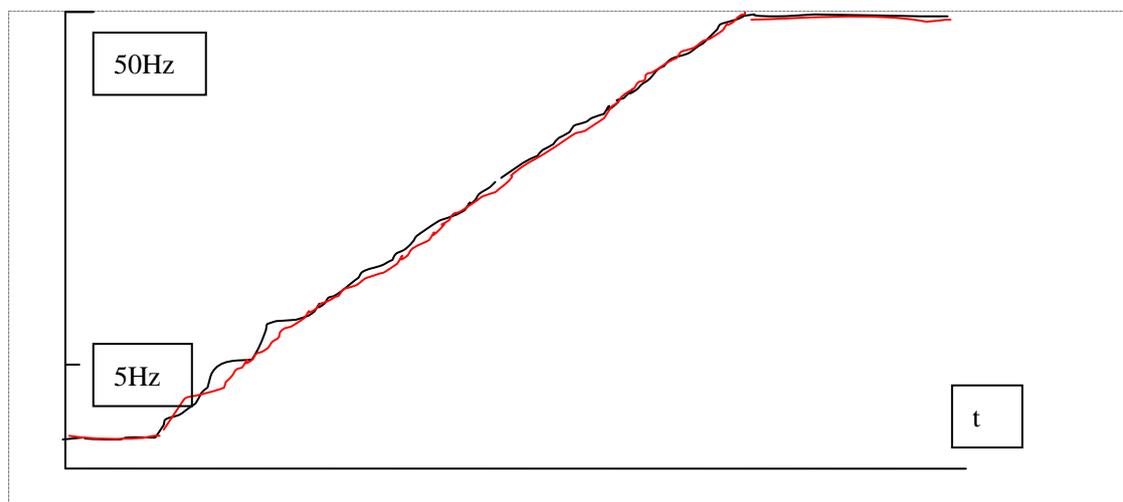
应用场景：MM440 用于控制拉丝机运转。

现象：在低频时投入矢量控制器，在 5HZ 左右系统输出会有抖动，从而影响拉丝机的平稳运行。用示波器测得系统输出频率变化过程如下：其中黑线表示禁止预控情况下品率上升曲线。

解决办法：设置 $P1496=20$ ，投入加速度预控，则频率在上升的过程中，抖动减小。其频率上升曲线如图中红线所示。

四 结果分析：

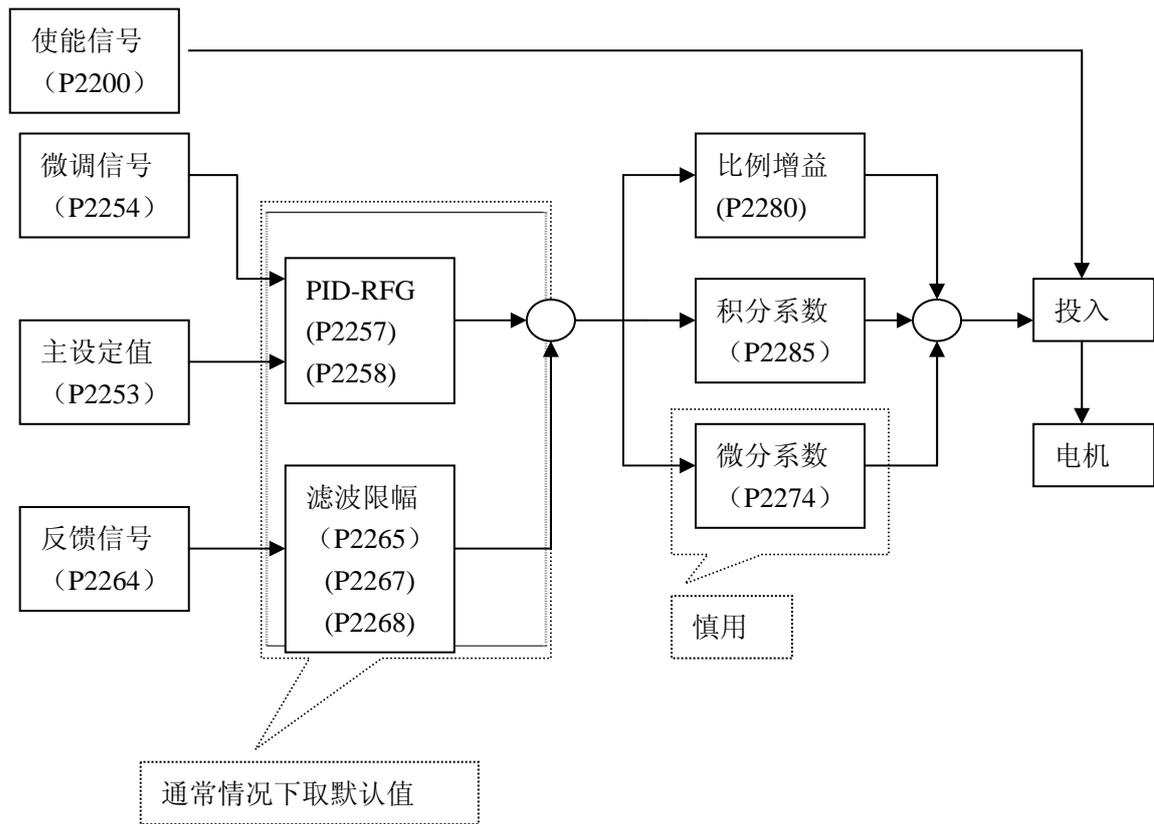
由于在低频时系统的开环增益较小，动态性能较差，因此系统在投入 PID 时会存在超调和动态滞后，因为速度控制器通过优化得到，因此调整的裕量不大，可以尝试在系统稳定的前提下，增大比例系数与减小积分时间。但调整裕量较小。投入加速度预控，有助于补偿系统动态滞后，即在 PID 发生作用之前给系统一定的转矩，使系统提前相应。实验证明：加速度预控有助于减小系统抖动。



第五节 PID 功能概述（MM420,430,440）

一 功能介绍

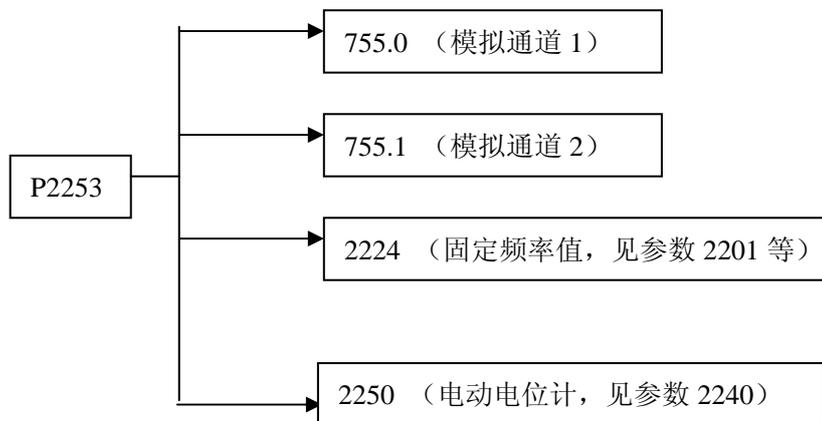
西门子变频器的 PID 控制属于闭环控制，是使控制系统的被控量迅速而准确地无限接近目标值的一种手段。即实时地将传感器反馈回来的信号与被控量的目标信号相比较，以判断是否达到预期的目标，如未达到则根据两者偏差继续调整，直至达到预定的控制目标为止。如恒压供水，为了保证出口压一定。采用压力传感器装在水泵附近的主出水管，感受到的压力转化为电信号（BCAD48）作为反馈信号。变频器内置调节器作为压力调节器，调节器将来自压力传感器的压力反馈信号与出口压力给定值比较运算，其结果作为频率指令输送给变频器，调节水泵的转速使出口压保持一定。即当用水量增加，水压降低时，调节器使变频器输出频率增加，电机拖动水泵加速，水压增大；反之，当用水量减少，水压上升，调节器使变频器输出频率减少，电机拖动水泵减速，水压减小。另外，PID 闭环控制功能也用于其他被控量的控制，如温度，速度等等。具体参数设置如下图所示：



二 PID 设定值信号源 (P2253)

在 MM4 系列变频器中，主设定值的给定主要通过以下几种方式：

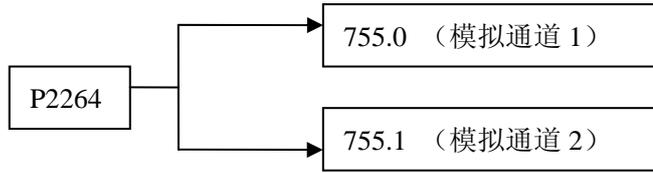
1. 模拟输入
2. 固定 PID 设定值
3. 已激活的 PID 设定值



三 反馈通道的设定 (P2264)

通过各种传感器、编码器采集的信号或者变频器的模拟输出信号，均可

以作为闭环系统的反馈信号，反馈通道的设定同主设定值相同。



四 PID 固定频率的设定

- 直接选择 (P0701=15 或 P0702=15)
在这种方式下，一个数字输入选择一个固定 PID 频率。
- 直接选择+ON 命令 (P0701=16 或 P0702=16)
每个数字输入在选择一个固定频率的同时，还带有运行命令。
- 二进制编码的十进制数选择+ON 命令 (P0701=17-P0706=17)
使用这种选择固定频率，最多可以选择 15 不同的频率值，请参见手册。
- 令 P0701=99, P1020=722.0, P1016=1, 则选通 P2201 的频率设定值。
- 令 P0701=99, P2220=722.0, P2016=1, 则选通 P2201 的频率设定值。

五 PID 控制器的设计

PID 比例增益系数 P (P2280) 的作用使得控制器的输入输出成比例关系，一一对应，一有偏差立即会产生控制作用，当偏差为 0 时控制作用也就为 0，因此，比例控制是基于偏差进行调节的，是有差调节，为了尽量减小偏差同时也为了加快响应速度，缩短调节时间，就需要增大 P，但是 P 又受到系统稳定性的限制，不能任意增大，如果系统容易遭受突然跳变的反馈信号，一般情况下应将比例项 P 设定为较小的数值 (0.5)。注意，如果在 P2280 为零的情况下，积分项的作用是误差信号的平方。

PID 的积分作用 I (P2285) 是为了消除静差而引入的，然而，I 的引入使得响应的快速性下降，稳定性变差，尤其在大偏差阶段的积分往往使得系统响应出现过大的超调，调节时间变长，因此可以通过增大积分时间来减少积分

作用，从而增加系统稳定性。注意当积分时间 P2285 为零的情况下，并不投入积分项。

微分作用 D(P2274)的引入使之能够根据偏差变化的趋势做出反应,加快了对偏差变化的反应速度,能够有效地减小超调,缩小最大动态偏差,但同时又使系统容易受到高频干扰的影响。通常情况下，并不投入微分项，即 P2274=0。

因此,只有合理地整定这三个参数,才能获得比较满意的控制性能。

六 PID 控制器类型的选择 (P2263)

1. P2263=0 对反馈信号进行微分的控制器，即微分先行控制器，为了避免大幅度改变给定值所引起的振荡现象。
2. P2263=1 对误差信号进行微分的控制器。

七 滤波

在闭环控制系统中，无论是传感器测量，主设定值的给定，都不可避免引入系统噪声，噪声的引入会引起系统不稳定和精度下降。因此西门子 MM4 系列变频器在 PID 控制器的功能中又加入了滤波环节。为了平滑 PID 的设定值，设置 P2261 为一时间常数。为了平滑 PID 反馈信号，设置参数 P2265 为相应时间常数。

八 PID 自整定

在 MICROMASTER440 中，PID 参数自整定是按照 Ziegler Nichols 标准根据系统的开环特性来确定控制器比例增益系数和积分时间。与此同时，MICROMASTER440 对 PID 参数进行自整定的时候，以阶跃响应的超调和响应时间为依据，通过选择不同的命令源来设定不同积分、微分系数和比例增益的大小。

令 P2350=1,使能 PID 自整定功能。通过设置不同的 P2350 的值，可以使系统具有不同的超调和阻尼。

九 PID trim (微调)

PID 闭环控制既可以适用于主设定回路控制，也可以作为微调控制，微调控制需设定以下参数。

P2251=1

P2254 选择微调回路的设定值。

十 举例

利用 MM440 的两路模拟输入通道来实现闭环控制

设定参数如下：

P0700=2

P1000=2

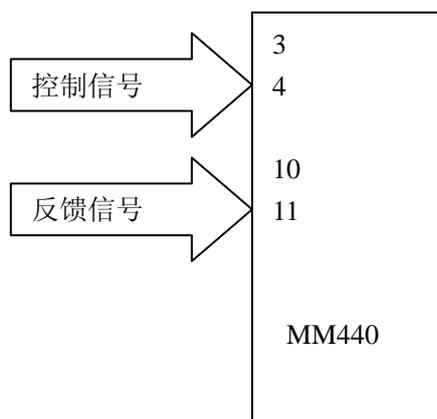
P2200=1

P2253=755.0

P2264=755.1

P2280=0.5

P2285=5



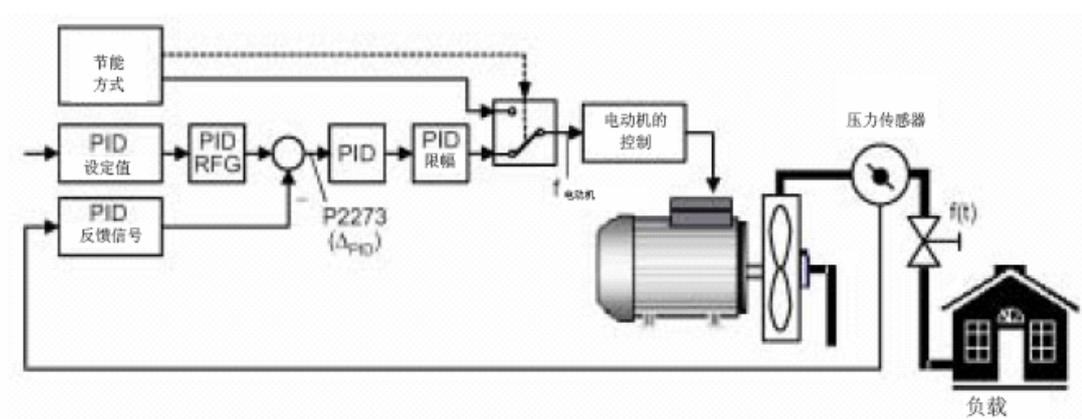
第六节 MM430 节能控制功能

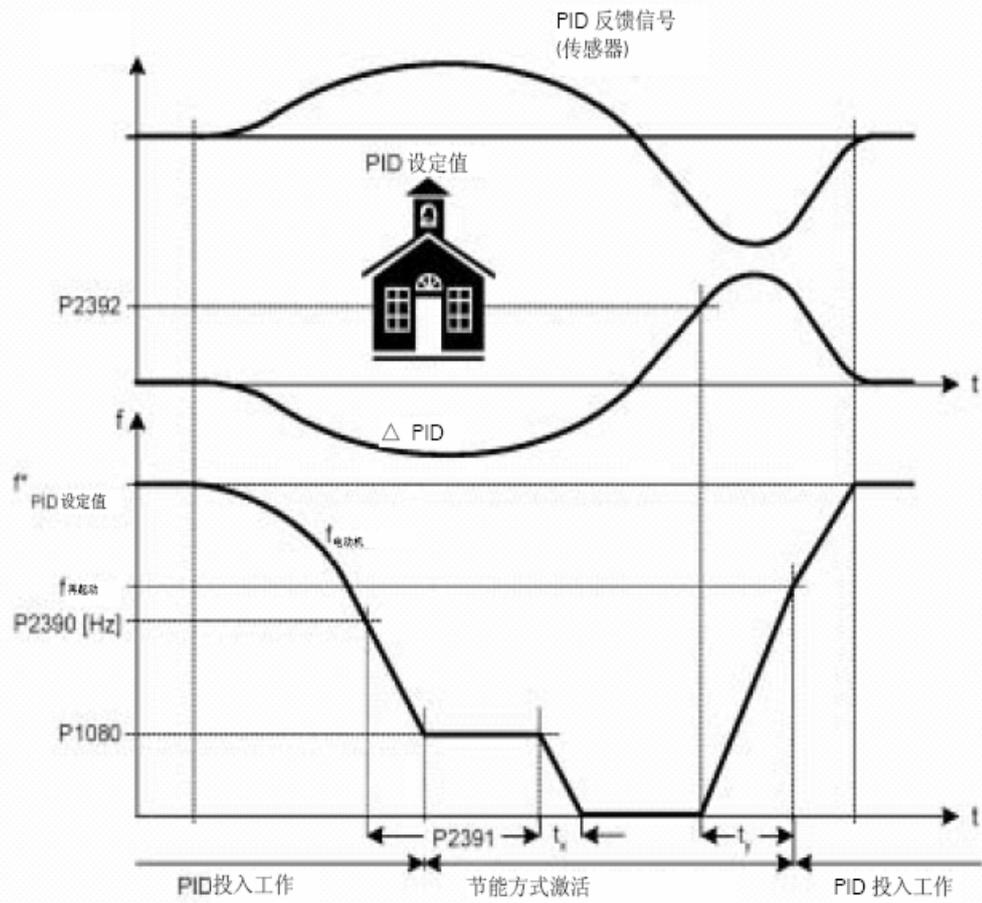
在 PID 控制过程中，当反馈信号大于主设定频率时，系统偏差 (ΔP) 为负，此时电动机的频率逐渐降低，但仍在不停运转，在系统偏差不断调节的同时，系统不断消耗电能。为了实现节能，西门子对 MM430 变频器设计了节能控制功能。出发点如下：当电机的频率降低到某一比较频率 (P2390) 时，激活节能定时器 (P2391)，当定时时间到期时，按斜坡下降时间停车，即输出功率为零，在无输出的情况下，系统偏差会迅速从负到正变化，当偏差超过某一设定值 (P2392) 时，再启动电机，当电机频率按斜坡上升时间升到某一值时 (此值稍大于 P2390 设定频率)，投入 PID，使系统恢复正常控制。

参数设定方法：

- **P2390** 要低于 PID 主设定值所对应频率一定幅度，以保证系统实现正常的 PID 控制，如果 P2390 太小，节能又不易投入，因此 P2390 要根据经验来进行整定，通常情况下，取 $P2390 = \text{主设定值对应频率} : 20 \sim 25\text{Hz}$ 。
- **P2391** 定时器时间的设定要依据系统的响应速度，如果系统响应时间快，则 P2391 应设定较小的值。通常供水系统中，P2391 大于 200 秒。
- **P2392** 比较偏差的设定要根据客户对系统控制精度的要求设定，通常情况 $P2392 = \zeta * \Delta P \text{ max}$ ；其中 $0 < \zeta < 1$ ； $\Delta P \text{ max}$ 为客户所允许的最大偏差。

节能控制方式加速了系统的响应速度，并且在无功率输出期间节省了电能，但对系统稳定性有一定的影响。系统功能图如下所示：





$$f_{\text{再启动}} = P2000 \cdot \frac{P2390 + 5\%}{100\%}$$

$$P2390 [\text{Hz}] = P2000 \cdot \frac{P2390}{100\%}$$

$$t_1 = \frac{P1080}{P1082} \cdot P1121$$

$$t_2 = \frac{f_{\text{再启动}}}{P1082} \cdot P1120$$