

service & SUPPORT

MM420和MM440闭环PI控制

SIEMENS

MICROMASTER 420
MICROMASTER 440

担保、责任与支持

我们对本文档内包含的信息不承担任何责任。

不论基于何种法律原因，对由于使用本应用示例中的示例、信息、程序、工程组态和性能数据等引起的后果概不承担任何索赔责任。一旦发生故意损伤、重大过失、人身/健康伤害、产品质保、欺诈隐瞒缺陷或违反合同基本原则等情况（“wesentliche Vertragspflichten”），那么这类免责声明将不适用于强制性责任，如德国产品责任法(German Product Liability Act, “Produkthaftungsgesetz”）。然而，因违反合同基本原则而造成的索赔应限于合同规定的可预见损坏，除非是由故意、重大过失或基于人身/健康伤害的强制性责任引起的。上述条款并没有暗示对提供损坏证明的责任有所修改。

Copyright© Copyright-2006 Siemens A&D. 未经 Siemens A&D 书面授权，不得转让、复制或摘录这些应用示例。

如果您有关于该文档的任何建议，请发送至下列电子邮箱：

<mailto:sdsupport.aud@siemens.com>

目录

目录.....	3
范例描述.....	4
1 什么是闭环控制?	4
2 MM420 闭环控制实现.....	5
2.1 设置PI控制器.....	5
<u>读取PI参数</u>	5
<u>使能PI控制</u>	5
<u>PI反馈信号</u>	5
<u>PI设定值</u>	6
<u>PI设定值斜坡时间</u>	6
<u>PI控制器的比例系数和积分时间常数</u>	6
齐格勒-尼柯尔斯优化方法	8
<u>PI输出限制</u>	10
深入特性.....	10
3 MM440 闭环控制实现.....	11
2 个模拟量输入.....	11
PID自整定（自动优化）	11
微分时间常数.....	11
PID输出作为频率设定值微调信号	12
附录	13
4 参考.....	13
4.1 参考数据	13
4.2 网络链接数据	13
4.3 历史记录	14

请参考自动化与驱动技术支持与服务

本文出自自动化与驱动集团技术支持的应用部分，可以通过以下链接下载该文档：

<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/6440806>

Beitrags-ID: 6440806

范例描述

范例为用户提供了在 MM4 中实现 PI/PID 控制器的基本信息，并说明了如何设置 PI/PID 控制器：

核心内容如下：

- MM420 闭环 PI 控制实现
- MM440 闭环 PID 控制实现

1 什么是闭环控制？

工业场合中闭环控制有着广泛的应用。虽然控制工程学是一个复杂的题目，但是简单的闭环控制是把反馈值（如现场的温度、压力、速度等信号）与期望值或者设定值（如经常手动设定）作比较，然后导出它们的差值信号。差值信号经过处理后去控制变频器和电机，闭环控制的目的就是减少该差值。

因为系统滞后，所以差值信号的处理非常复杂。通常采用比例增益和积分时间常数构成的 PI 控制器来处理这个差值信号，它能够优化系统的性能和稳定性。系统一旦设定了 PI 闭环控制功能，就可以实现稳定的、高效的精确控制。

2 MM420 闭环 PI 控制实现

用户可以使能 MM420 内置的 PI 控制器作闭环控制。一旦使能了 PI 控制器（P2200: PI 使能参数），则闭环 PI 控制器的输出调节变频器输出频率使 PI 设定值和 PI 反馈值之间的差值最小，通过连续比较反馈值和设定值并使用 PI 控制器决定电机的频率。通常的频率设定值 P1000 和斜坡时间 P1120&P1121 则自动失效，而设定的输出最大和最小频率设定（P1080&P1082）仍然有效。

2.1 设置 PI 控制器

读取 PI 参数

PI 参数的范围是 P2200~P2294。对于大多数应用来说，扩展级的参数（Lever 2）足够用于设置 PI 控制器的参数。读取 PI 控制器的参数，参数过滤设置如下：

P0003 = 2

P0004 = 22

使能 PI 控制

P2200 为 PI 控制器使能参数。长期使能方法是把 P2200 设置为 1，也可以通过数字输入端子（或者 BICO 功能）使能 PI 控制器，例如设置数字输入端子 2 使能 PI 控制器，设置的参数为 P0702=99，P2200=722.1。变频器不运行时用户可以用它在频率控制和 PI 控制之间作切换。

PI 反馈信号

PI 控制需要现场的反馈信号来监控系统的运行情况，对于大多数应用来说，反馈信号是传感器输出的模拟信号。

MM420 有一个模拟量输入端子，端子号是 3&4，反馈信号可以连接到该输入端子。PI 控制器反馈信号源的定义方法是把 P2264 设置为 755（PI 反馈信号源为模拟输入 1）。如果模拟量输入需要标定，则需设置参数 P0757~P0760 的值。如果使用不同的反馈信号源（例如 USS 通信），则需要正确设置参数 P2264 的值。

反馈信号值的大小由参数 r2266 监控。

Beitrags-ID: 6440806

在这点上需要定义传感器信号和 PI 控制器改变电机频率模式之间的关系，参数 P2271（PI 变送器类型）就说明了这一点。P2271 有两个可能设置的值，即 0 和 1，0 和 1 的区别是当设定值和反馈值之间的差值为正时（例如反馈信号值小于设定值）PI 控制器的输出是增加频率还是减少输出频率，参数 P2271 详细描述了应用中如何正确设置参数。

PI 设定值

PI 控制器通过比较实际系统状态（由反馈信号知）和期望的系统状态来控制变频器的输出频率，设定值定义了期望系统状态，参数 P2253 为设定值源。MM420 只有一个模拟量输入，多数情况下它用作反馈信号，因此使用内部的数字作为设定值。有两种方法可以设定，一种是固定 PI 设定，另一种是键盘（电动电位计）设定。需要指出的是这个值是百分比而不是频率，而变频器的运行频率是由设定值与反馈信号值之间的差值经过 PI 调节决定的。

- a. **P2253 = 2224:** “固定 PI 设定值”，它选择二进制信号或者数字输入来设定参数 P2201~P2207，则最多可定义 7 个设定值，使用手册中参数 P2201 描述了固定 PI 设定不同的选择方法。
- b. **P2253 = 2250** “键盘（电动电位计）设定值”，它允许用户在参数 P2240 中设定一个固定值。可以由面板上的按键或者由数字输入端子（例如：P0702=13 “增加”和 P0703=14 “减少”）来增加或减少设定值。

PI 设定值斜坡时间

当 P2200 使能 PI 控制器时，正常频率的斜坡上升时间和下降时间（P1120 和 P1121）将被旁路。PI 设定值有自己的斜坡时间 P2257 和 P2258，它允许 PI 设定值按照斜坡时间变化。

当 PI 设定值改变或者发出启动命令时，则斜坡上升时间 P2257 激活，只有 PI 设定值改变后斜坡下降时间 P2258 才有效。P1121 设定 OFF1 命令的斜坡下降时间，P1135 设定 OFF3 命令的斜坡下降时间。

PI 控制器的比例系数和积分时间常数

用户通过调节比例系数 P2280 和积分时间常数 P2285 来调整 PI 控制器的性能以适应现场过程的需要。过程的要求将决定最佳类型的响应，包括从带超调的快速恢复响应到阻尼响应。通过调节 P 和 I 参数可以实现不同类型的响应。

Beitrags-ID: 6440806

例如:

下图表明在压力控制系统中不同类型的响应是如何随 5% 的 PI 设定值而变化的。曲线反映的是 PI 反馈信号，1V 对应 10%，设定不同的 P2280 和 P2285 可以得到不同的响应。

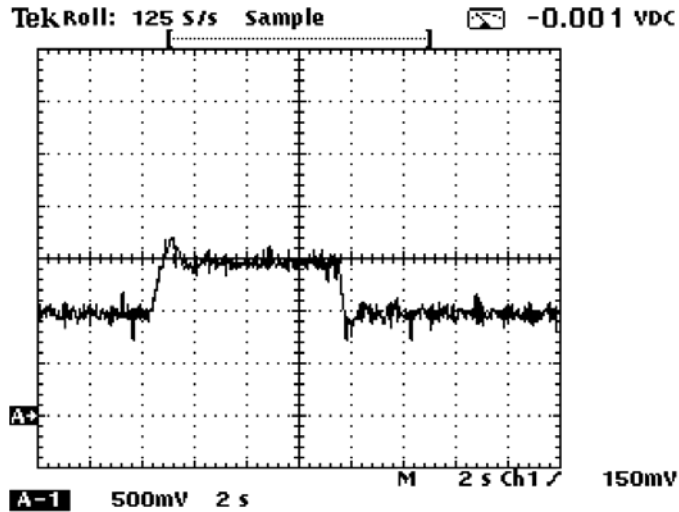


图 2-1 带超调的快速响应 P2280=0.30 P2285=0.03s

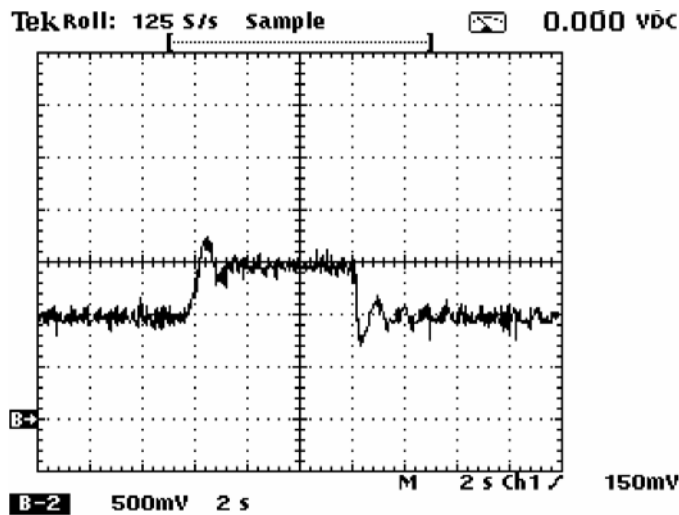


图 2-2 不稳定的带超调的快速响应 P2280=0.55 P2285=0.03s

Beitrags-ID: 6440806

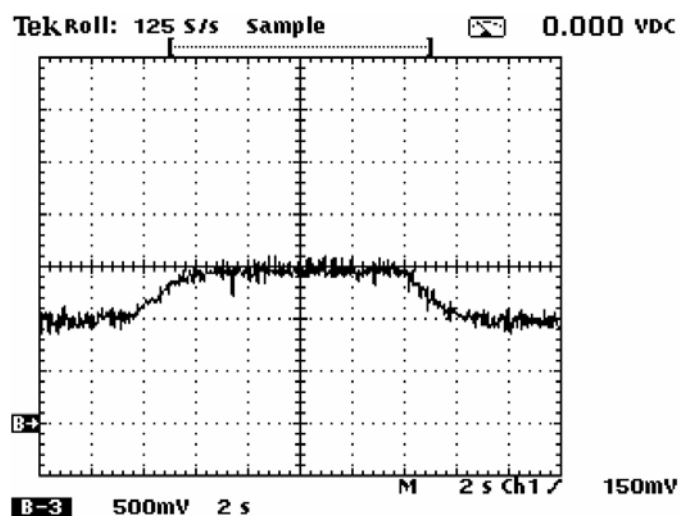


图 2-3 阻尼响应 P2280=0.20 P2285=0.15s

电机频率和 PI 控制数量（例如压力）将有参数 P2280 和 P2285 的值决定，优化控制过程时建议使用示波器监控反馈信号来看系统的响应过程。可以把参数 P0771 设置为 2266，用模拟量输出的方法来监控。大多数使用小的不带斜坡时间（P2257=P2258=0）PI 设定值的变化（1~10%）去评估系统响应。如果达到了期望的响应，则再去设定斜坡时间。

如果没有示波器去优化系统，建议设置小的比例系数（如 P2280=0.20），并调节积分时间常数直到系统达到稳定。然后较小的改变 PI 设定值，根据上面图的趋势调节参数值的大小。通常，使用比例系数和积分时间常数来实现大多数系统稳定，如果系统易受干扰，建议比例系数（P2280）的值不要大于 0.50。

齐格勒-尼柯尔斯优化方法

齐格勒-尼柯尔斯方法是在开环方式下用阶跃给定来测量系统响应，从而计算比例、积分时间常数的一种方法。变频器将工作在频率控制方式，同时测量反馈信号，当系统达到稳态（通常为最终值的 85% 且最大上升斜率仍然保持）可以确定系统响应的特征参数 L、T。从 L、T 及 Δf （相对于 F_{max} ）与反馈值的变化 Δx (%) 的比值，可以计算出 PI 常数：

$$P \text{ gain} = (0.9)(T)(\Delta f) / (L)(\Delta x)$$

$$I \text{ time} = 3L$$

例如：

变频器工作频率控制时，阶跃给定为 5Hz，监控反馈信号，参数设定如下：

$$P2200 = 0$$

Beitrags-ID: 6440806

P1120 = 0.0 s

P1121 = 0.0 s

P1080 = 50.0 Hz

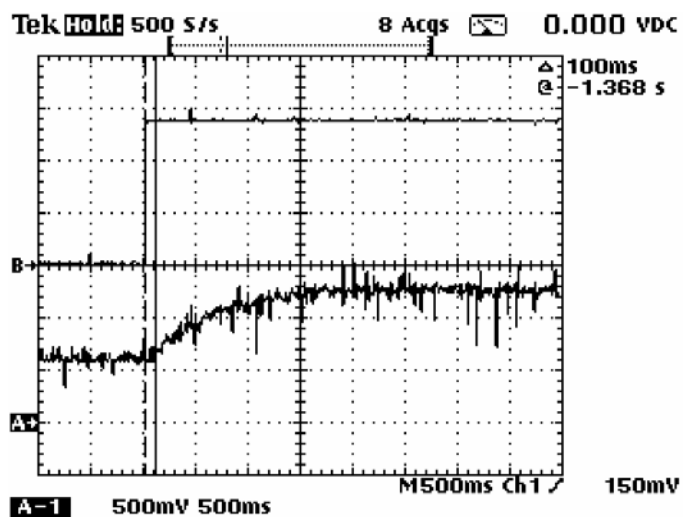


图 2-4 5Hz 阶跃响应: L=100ms

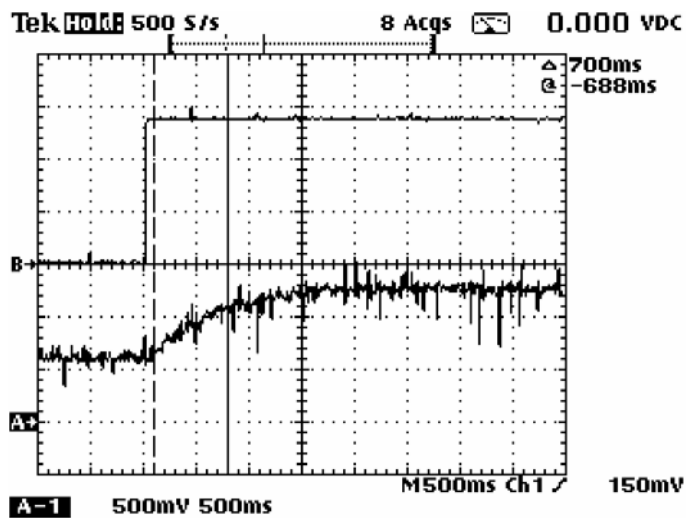


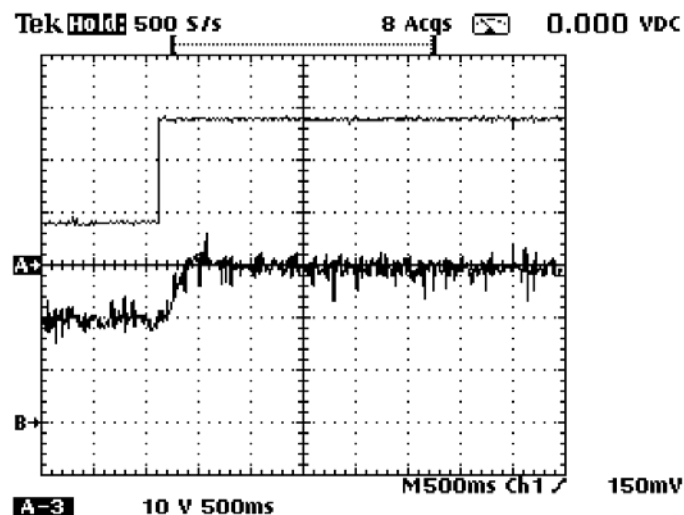
图 2-5 5Hz 阶跃响应: T=700ms

频率阶跃 $\Delta f = 5 \text{ Hz} / 50 \text{ Hz} = 10\%$

反馈阶跃 $\Delta x = 0.64 \text{ V} / 10 \text{ V} = 6.4\%$

$$P \text{ gain} = (0.9)(T)(\Delta f) / (L)(\Delta x) = 9.84 = \mathbf{P2280}$$

Beitrags-ID: 6440806

 $I \text{ time} = 3L = 0.30 \text{ s} = \mathbf{P2285}$ 使能 PI 控制器 ($P2200 = 1$)图 2-6 PI 控制的阶跃响应，其中： $P2280=9.84$ 和 $P2285=0.30$

PI 输出限制

PI 控制器产生的是变频器的运行频率，它输出的是百分比，可以由参数 $P2000$ 换算为频率。用户可以用参数 $P2291$ 和 $P2292$ 来限制控制器的输出范围。然而如果变频器只是运行在定义的最小 ($P1080$) 和最大 ($P1082$) 频率之间，那么 PI 控制器的输出限制可以进一步限制输出频率。一旦输出达到了某一限制，则位 $53.A$ 或者 $53.B$ 通过参数 $P0731$ 连接到数字输出或者是由 BICO 功能用于内部控制目的。

需要指出的是如果最大频率 ($P1082$) 大于 $P2000$ 的值，那么应该调节 $P2000$ 或者 $P2291$ 的值以达到最大频率。

设定参数 $P2292$ 为负值以允许 PI 控制器双极性运行。

深入特性

PI 控制器深入的特性，例如在专家级别 ($P0003=3$) 下可以把 PI 控制器作为微调，这些特性的详细描述见参数表。

3 MM440 闭环控制实现

MM440 的 PI 控制器和 MM420 有相同的参数和运行原理，这就是 MM420 和 MM440 的参数和操作一致的原因。

MM440 有一系列其他特性，而且增加了许多应用功能。

2 个模拟量输入

设定值和传感器信号都可以设定为模拟量值，分别用于模拟量输入 1 和输入 2（参考以前 PI 设定值和反馈连接的解释）的 755.0 和 755.1 的值可以连接到模拟输入端。每个模拟输入值都可以由参数 P0757~P0760 下标 0 和 1 来标定。

PID 自适应（自动优化）

MM440 执行 PID 控制环的自适应非常简单，执行的流程如下：

1. 通过 P2253 和 P2264 分别来选择 PID 设定值源和反馈值源。
2. 优化反馈信号的范围，它的意思是把反馈信号的范围和频率范围作比较。例如，如果传感器信号 0V 时对应最小频率，1V 时对应最大频率，那么要获得高的自适应分辨率必须修改 P0757~P0760 值的范围（例如设定反馈值 P0759 为 1V，P0760 为 60%）。
3. 确认 P2271 的值与变送器的值是否一致。
4. 设定 P2200 为 1 使能 PID 控制器。
5. 根据所要求的优化类型设定参数 P2350（详见参数表）。如果系统时间常数非常大（例如系统响应比频率变化要慢很多），那么如果必要的话参数 P2335 的设定值要大于默认值 5%。
6. 启动了运行命令后，系统将会自整定。一旦进入自整定状态，变频器将会调节 PI 设定值。自整定成功则不需要第二次运行命令，P2350 将自动复位为 0。如果自整定不成功，则 P2354 定义的时间后发出运行命令变频器继续自整定。

注意：1/4 阻尼响应

当使用 PID 自动优化和选择所要求的自整定类型时，P2350 中的选项 1 和 4 描述的是 1/4 阻尼响应。它的意思就是超过一个振荡周期超调就应该减少到 1/4。

微分时间常数

P2274 为微分时间常数 D。微分时间常数 D 主要是用于 PI 设定值为常数并且误差必须快速响应的场合（例如跳舞滚辊控制张力）。

Beitrags-ID: 6440806

PID 输出作为频率设定值的微调信号

如果 P2200 为 0，则变频器运行在频率控制方式，但是 PID 控制器的输出在附加设定 P1075=2294 时可以作为频率设定值的微调信号。它可以使用附加设定 P1076 标定，且由 P1074 使能/非使能。这种情况下不能使用电动电位计设定值（P2253=2250）。PID 的输出也可以连接到模拟量输出端。

虽然在 MM420 上也可以这样设定，但是由于只有一个模拟量输入端可以用造成设定值和反馈信号的选择受限制，所以在实际应用中很难使用。

Beitrags-ID: 6440806

附录

4 参考

4.1 参考数据

表 4-1

	题目	标题
/1/	操作指导手册	MICROMASTER 440 0,12 - 250 kW
/2/	操作指导手册	MICROMASTER 420 0,12 - 11 kW
/3/	参数表	MICROMASTER 440 软件 2.1
/4/	参数表	MICROMASTER 440 软件 2.0
/5/	参数表	MICROMASTER 420 软件 1.1

4.2 网络链接数

列表并不完全，只是提供可选择的资源。

表 4-1

	题目	标题
\1\	常见问题	MM4:选择变送器类型
\2\	常见问题	MICROMASTER 4 和 SINAMICS G120 关于PID控制器操作指导手册
\3\	应用	MM4: 无泵切换添充物料的PID控制方式
\4\		

Beitrags-ID: 6440806

4.3 历史记录

表 4-3 历史记录

版本	日期	变化
V1.0	2002 年 7 月	第一版
V1.1	2007 年 1 月	修正版