

SIEMENS

MICROMASTER MM4

Usando o Controle de Malha Fechada (PID)

Edição 08.2002



IND 1 Drives technology
Suporte Técnico – Drives Hotline

USANDO O CONTROLE DE MALHA FECHADA NO MM4

O que é controle de malha fechada (closed loop)?

Controle de malha fechada é extensamente utilizado em aplicações industriais para controlar uma larga variedade de processos. Engenharia de controle é um assunto complexo, mas um simples controle de malha fechada usa um sinal de realimentação (*feedback*) do processo (como temperatura, pressão, velocidade) para um valor desejado ou de referência (freqüentemente ajustado manualmente) e um sistema de controle que compara os dois e acha um erro entre os dois. O sinal de erro é processado e controla o inversor e o motor (neste caso), para tentar reduzir o erro.

O processamento do sinal de erro pode ser muito complexo por causa de demoras dentro do sistema. O sinal de erro é processado por um controlador Proporcional e Integral (PI) cujos parâmetros podem ser ajustados para otimizar o desempenho e estabilidade do sistema. Uma vez que o sistema é ajustado consegue-se um controle muito eficiente e preciso.

Implementação no MM420

O MM420 tem um controlador PI incorporado que pode ser habilitado pelo usuário para permitir o controle de malha fechada. Uma vez que o controlador PI é habilitado (usando P2200) ele gera a freqüência para o motor minimizando o erro entre o setpoint do PI e o *feedback* do PI. Isto se faz comparando continuamente o sinal de *feedback* com o de setpoint e usando o controlador PI para determinar a freqüência do motor. A referência de freqüência normal (P1000) e as rampas (P1120 & P1121) são automaticamente desabilitadas, mas a mínima e máximas freqüências ajustadas (P1080 e P1082) permanecem ativas.

Ajustando o controlador PI

Acessando os Parâmetros PI

Os parâmetros do controlador PI estão entre P2200 e P2294. Para a maioria das aplicações, o nível de acesso 2 de parâmetros é suficiente para montar o controlador PI. Para ter acesso aos parâmetros de controlador de PI, você pode usar o filtro de parâmetros como segue:

P0003 = 2

P0004 = 22

Habilitando o controle PI

O controle PI é habilitado usando parâmetro **P2200**. Para manter o controlador PI habilitado constantemente o P2200 deve ser ajustado igual a 1. Também é possível usar uma entrada digital (ou outra função BiCo) para habilitar o controlador PI; por exemplo, o controlador PI pode ser habilitado usando DIN 2 fixando P0702=99 e P2200=722.1. Isto permite ao usuário a troca entre controle de frequência e controle PI quando o inversor **não** estiver em funcionamento.

Sinal de Realimentação (*feedback*) PI

O Controle PI requer um sinal de realimentação do processo para monitorar como o sistema está se comportando. Para a maioria de aplicações, isto estará na forma de um sensor que transforma a grandeza física em sinal analógico.

No MM420 o sinal de realimentação deve ser conectado à entrada analógica nos terminais 3 & 4. A fonte do sinal de realimentação do PI deve ser definida usando P2264=755 (fonte de realimentação PI=entrada analógica 1). Se necessário a entrada analógica poderá ser escalonada, usando os parâmetros P0757 a P0760. Se uma fonte diferente de sinal de realimentação é utilizada (por exemplo USS), P2264 deve ser fixado adequadamente. É válido lembrar que no MM420 o sinal da entrada analógica deve ser de 0 à 10 Vcc, portanto, o sensor deve ter saída em Volt ou deverá ser previsto um resistor de 500 Ω a ser conectado também aos terminais 3 e 4 (20mA = 10 V).

O valor do sinal de realimentação pode ser lido no parâmetro r2266.

A relação entre o sinal do sensor e a maneira como o controlador PI muda à frequência do motor também deve ser definida, usando o parâmetro P2271. Há dois ajustes possíveis para este parâmetro: 0 e 1. Cada ajuste determina se o controlador PI aumenta ou diminui a frequência de saída como resposta a um sinal de erro positivo (ex. onde o sinal de avaliação é menor que o setpoint).

A descrição do parâmetro P2271, descreve em detalhes como determinar qual o valor correto de seu ajuste.

Setpoint PI

O controlador PI regula a frequência do inversor comparando o comportamento atual do sistema (pelo sinal de realimentação) com o comportamento desejado. O comportamento desejado é definido usando um setpoint. O usuário seleciona a fonte do setpoint com o parâmetro P2253. O MM420 só tem uma entrada analógica que é comumente utilizada para o sinal de realimentação, assim, um setpoint digital interno deve ser usado. Há dois métodos de fazer isto, usando o “setpoint PI com frequência fixa” ou através do “teclado do potenciômetro motorizado”. Deve ser notado que agora os valores são

determinados em % e não em Hz, e a frequência de funcionamento do inversor é determinada pela diferença entre os sinais de setpoint e feedback.

a. P2253 = 2224 “Frequencia fixa PI”. Este método permite ao usuário definir até 7 setpoint fixos usando os parâmetros P2201 a P2207 e selecionados através de sinais binários, normalmente pelas entradas digitais. Os diferentes métodos de seleção são descritos na lista de parâmetro em P2201.

b. P2253 = 2250 “teclado complementar (potenciômetro motorizado) setpoint”. Este método permite ao usuário ajustar um valor em P2240. O setpoint pode ser aumentado ou diminuído com as teclas do BOP ou mais comumente por entradas digitais (por exemplo P0702 = 13 "aumenta" e P0703 = 14 "diminui”).

PI Setpoint - tempos de rampa

Quando é habilitado o controle PI usando P2200, as rampas de normais de aceleração e de desaceleração (P1120 e P1121) são inibidas. O setpoint do controle PI tem seus próprios tempos de rampa, P2257 e P2258.

A rampa de aceleração, P2257, é ativada quando o setpoint do PI é mudado ou quando um comando LIGA é ativado. A rampa de desaceleração, P2258 só é utilizada quando o setpoint PI é alterado. As rampas de desaceleração utilizadas após os comandos OFF1 e OFF3 são respectivamente ajustadas em P1121 e P1135.

Controlador PI (componentes Proporcional e Integral)

O usuário pode ajustar o desempenho do controlador PI para se adaptar ao comportamento do processo ajustando as componentes P e I, P2280 e P2285. A característica do processo determinará o tipo ótimo de resposta, de uma resposta rápida com *overshoot* até uma resposta amortecida. Ajustando os parâmetros P e I é possível alcançar tipos diferentes de resposta.

Exemplo:

As figuras seguintes mostram como são diferentes as respostas para um degrau de 5% no setpoint PI num sistema de controle de pressão. São mostradas a realimentação PI, com $1V = 10\%$. As respostas diferentes são devidas à variação dos ajustes de P2280 e P2285.

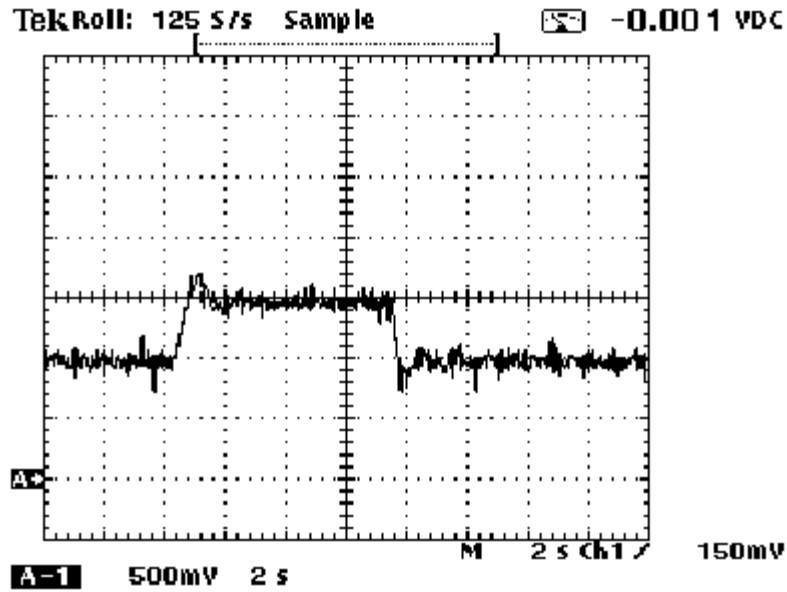


Fig.1: Resposta rápida com *overshoot*: P2280 = 0.30; P2285 = 0.03 S

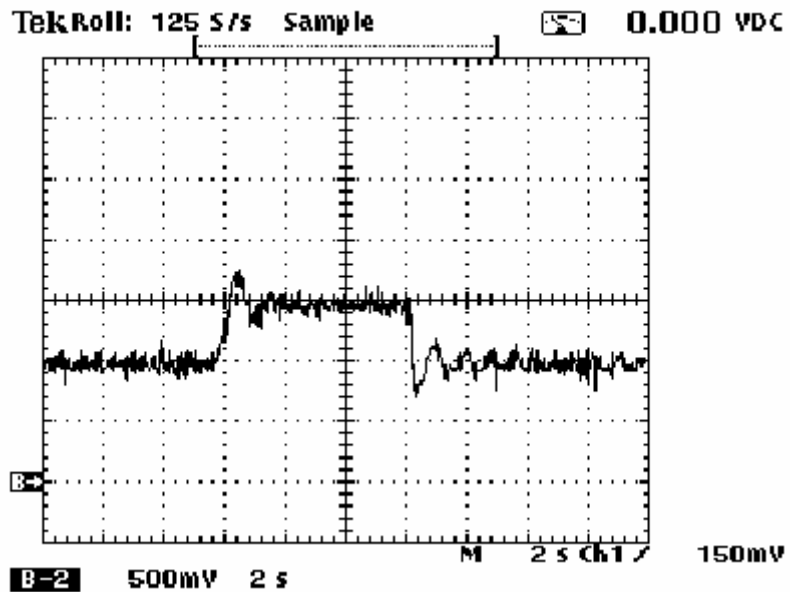


Fig.2: Resposta rápida com *overshoot*, mas instável: P2280=0.55; P2285=0.03s

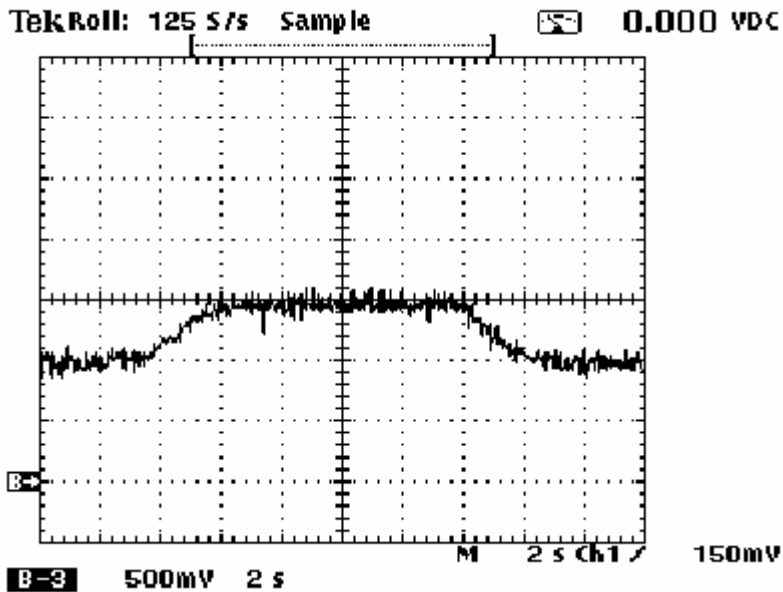


Fig.3: Resposta amortecida: P2280 = 0.20; P2285 = 0.15 s

Os valores de P2280 e P2285 serão determinados pela relação entre frequência do motor e o sinal de feedback do controle PI (por exemplo pressão). Na otimização de um processo de controle recomendamos usar um osciloscópio, para monitorar e ver a resposta do sistema. A saída analógica pode ser usada ajustando P0771 = 2266. Na maioria dos casos o setpoint PI tem degraus pequenos (1 - 10%) e sem os tempos de rampa de PI (P2257 = P2258 = 0.0s) assim é usado para avaliar a resposta de sistema. Uma vez que o perfil de resposta desejado for alcançado, os tempos de rampa podem ser ajustados.

Se você está otimizando sem um osciloscópio, sugerimos começar com um fator **P** pequeno (por exemplo P2280 = 0.20) e ajustar o fator **I** até alcançar uma operação estável. Uma pequena mudança de setpoint PI deve ser dada, e então, dependendo da resposta do sistema, ajustar os parâmetros de acordo com as tendências mostradas nas figuras acima.

Em geral, o controle mais estável é alcançado usando os dois fatores proporcional e integral; se o sistema estiver sujeito a perturbações súbitas não recomendamos estabelecer o termo de P (P2280) maior que 0.50.

Método de Ziegler-Nichols de Otimização

O método de Ziegler-Nichols é um dos meios de calcular o ganho Proporcional e tempo Integral, medindo a resposta do sistema a um degrau em malha aberta. Isto é terminado quando o inversor em controle de frequência e monitorando o sinal de feedback; o tempo decorrido até o sistema começar a responder, L , e a constante de tempo dominante é T . Calcular quando a resposta do sistema teria

alcançado seu valor estacionário, se o acrive máximo fosse mantido (tipicamente meça onde a resposta do sistema alcançou 85% de seu valor final). De L, T, e da relação entre o degrau de freqüência Δf (em % de F_{max}) com a mudança de valor do sinal de feedback Δx (%), pode-se calcular o P e I para o controle de um processo PI como segue:

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

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

Exemplo:

Com o inversor de freqüência, aplique um degrau de freqüência de 5 Hz e monitore o sinal de *feedback*. Antes disto ajuste os seguintes parâmetros:

$$P2200 = 0$$

$$P1120 = 0.0 \text{ s}$$

$$P1121 = 0.0 \text{ s}$$

$$P1080 = 50.0 \text{ HZ}$$

Fig. 1: Resposta para degrau de 5 Hz: L = 100 ms

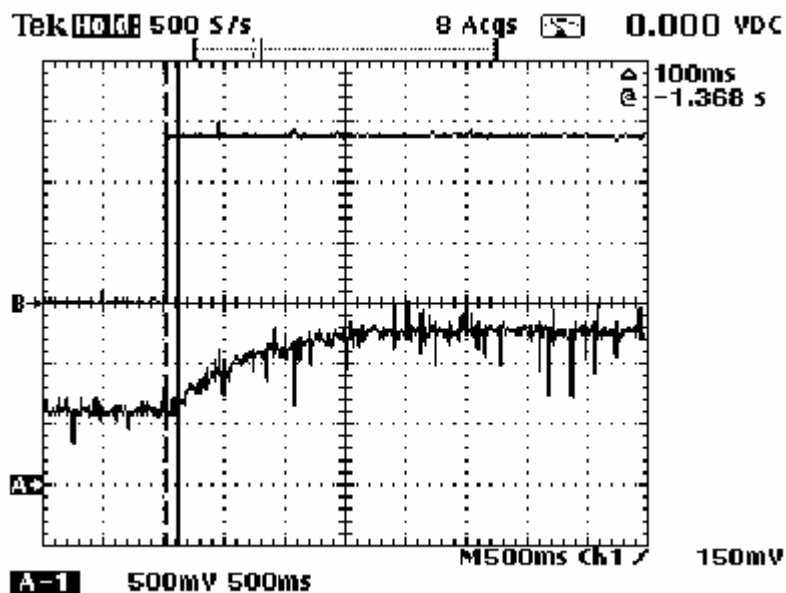
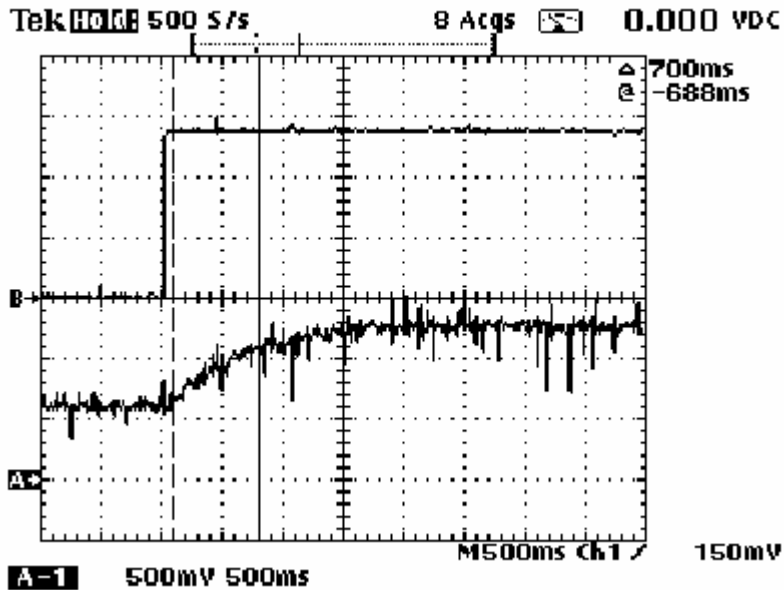


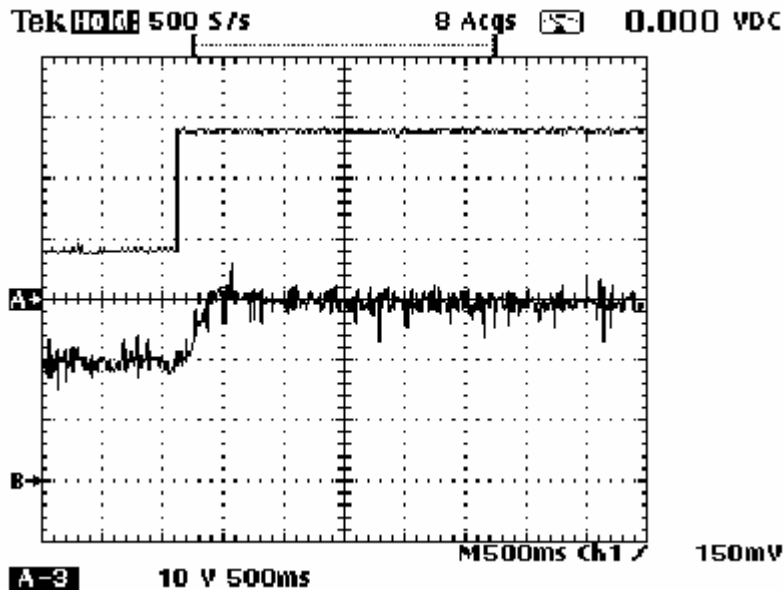
Fig. 2: Resposta para degrau de 5 Hz: T = 700 ms



Degrão de freqüência $\Delta f = 5 \text{ Hz} / 50 \text{ Hz} = 10\%$
 Degrão de feedback $\Delta x = 0.64 \text{ V} / 10 \text{ V} = 6.4\%$
 Ganho $P = (0.9)(T) (\Delta f) / (L) (\Delta x) = 9.84 = P2280$
 Tempo $I = 3L = 0.30 \text{ s} = P2285$

O controlador PI deve ser habilitado agora (P2200 = 1)

Fig. 3: Resposta de passo em controle de PI com P2280 = 9.84 e P2285 = 0.30



Limites de saída do PI

O controlador PI gera a frequência na qual o inversor trabalha. Isto é gerado como um percentual que é normalizado em Hz por P2000. O usuário pode limitar a saída do controlador nos parâmetros P2291 e P2292. Enquanto o inversor só operará dentro da gama de frequência definida por Fmin (P1080) e Fmax (P1082), os limites de saída do PI podem ser usados como um limite adicional de frequência de saída. Se um dos limites for alcançado, um bit será setado 53.A ou 53.B que poderá ser conectado à saída digital por P0731, ou usado para propósitos de controle internos que usam BiCo.

Deve ser notado que se Fmax (P1082) é maior que o valor em P2000, então ou P2000 ou P2291 deveriam ser ajustados para permitir que Fmax seja alcançado. Se P2292 for ajustado em um valor negativo, será possível a operação bipolar do controlador PI.

Características adicionais:

Características adicionais, como um *trip setpoint* PI pode ser acessado no nível de acesso 3 (P0003 = 3). Estas características são descritas na lista de parâmetros.

Implementação no MM440

Os mesmos parâmetros e princípios de operação são usados no MM440, assim há compatibilidade na parametrização e operação entre MM420 e MM440.

O MM440 tem várias características e recursos adicionais, que podem ser úteis para muitas aplicações.

Duas Entradas Analógicas

Isto permite que os sinais do setpoint e do sensor de feedback, sejam adquiridos pelas entradas analógicas.

As entradas analógicas podem ser conectadas usando os valores 755.0 e 755.1 para entradas 1 e 2 respectivamente (ver explicações anteriores para referência PI). Cada uma das entradas analógicas pode ser calibrada os usando parâmetros P0757 a P0761, índices 0 e 1.

PID Autotuning (Otimização Automática)

Um otimizador automático da malha do controlador PID pode simplificar os ajustes do MM440:

SIEMENS

1. Selecione o setpoint do PID e a origem de sinal de realimentação usando P2253 e P2264.
2. Otimize a faixa do sinal de realimentação, isto é, esteja seguro de que a faixa do sinal de realimentação é compatível com a faixa de frequência. Por exemplo se um sinal de sensor dá 0 V à frequência mínima, e 1 V à frequência máxima, é necessário mudar P0757 a P0760 para uma faixa que permita melhor resolução do otimizador automático (por exemplo ajustando P0759 e P0760 de modo a definir um valor de 60% para um sinal de realimentação de 1 V).
3. Assegure que o tipo de transdutor está corretamente ajustado em P2271.
4. P2200 = 1 (habilitar controle de PID).
5. Ajustar P2350 de acordo com o tipo de comportamento requerido (veja lista de parâmetros para detalhes). Ajuste P2355 para valores maiores que 5,00% (valor de fábrica) caso a constante de tempo de sistema seja muito grande (ex: se o sistema responde muito lentamente a mudanças de frequência).
6. aplique o comando de LIGA. O sistema será automaticamente ajustado, o inversor regulará o setpoint PI. Um segundo comando de LIGA não é necessário. No final deste procedimento P2350 será reajustado automaticamente a 0. Se autotuning for mal sucedido, o inversor continuará tentando o autotuning, depois de um comando de LIGA durante o tempo definido em P2354.

Componente Diferencial (D)

A componente diferencial (D) é ajustada em P2274. A componente D é particularmente útil para aplicações onde o setpoint de PI é constante e o erro deve reagir rapidamente (por exemplo um braço de dançarino que controla tração).

Ajustes de Diferentes DDS (DDS – Drive Data Set)

Isto permite que o usuário selecione até três jogos de parâmetro diferentes (usando tipicamente uma entrada digital). Isto pode ser particularmente útil se o usuário requerer diferentes componentes de P, I e D para diferentes fases de um processo.

Usando a saída do PID como um adicional de setpoint de frequência

Se P2200 = 0, o inversor trabalha em controle de frequência, mas a saída do controlador PID pode ser usada como um setpoint de frequência adicional ajustando P1075 = 2294. Isto pode ser escalonado em P1076 e habilitado / desabilitado por P1074.

Neste caso o setpoint do potenciômetro motorizado (P2253 = 2250) não pode ser usado. A saída do PID também poderia ser conectada à saída analógica. Isto também é possível no MM420, mas as limitações na seleção do setpoint e seleção de feedback de PI devido à disponibilidade de só uma entrada analógica faz com que na prática isto seja mais difícil.

SE VOCÊ AINDA TEM DÚVIDAS OU SUGESTÕES ENTRE EM CONTATO COM A SIEMENS:

Hotline drives SIEMENS:

e-mail: drives.hotline@siemens.com.br

Fone: (11) 3833-6863

Atendimento segunda-feira à sexta-feira das 7:30h às 17:30h

Para dados técnicos, catálogos, manuais, notícias e novidades, visite:

<http://www.siemens.com.br/motoresdrives>