

# Estudo do uso de controladores PID para motores visando a melhor estabilidade dos motores do Robô Humanoide

Felipe Silva A. de F. Ferreira, Reinaldo Augusto da C. Bianchi.  
Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI  
felipe\_saff1@hotmail.com

**Resumo:** Este trabalho visa o estudo e a implementação parâmetros de controle para a possível diminuição de erros nos motores utilizados pelo robô da equipe humanoide da FEI. Neste robô são usados 18 motores da Dynamixel MX-106, que são controlados por uma placa própria que permite ajustes no seu PID, este trabalho então permite observar a possibilidade de se usar um controlador para tornar esse ajuste mais rápido e preciso.

## 1. Introdução

O controlador PID é um algoritmo utilizado amplamente na indústria, por se tratar de um método de controle de simples e robusto atendendo grande parte dos requisitos solicitados nas diversas situações.

Todavia, a sintonia desses controladores muitas vezes é praticada através de métodos de tentativa e erro que visam ajustar os parâmetros sem o auxílio de técnicas ou teorias desenvolvidas para os controladores PID. Além disso há casos de perda de eficiência e capacidade do controlador com a eliminação ou subtração de processos internos.

Entre todos os métodos existentes, este artigo citará um dos mais importantes o método Ziegler – Nichols de malha fechada. Que fala de forma mais simples e que fornecem uma aplicabilidade boa requerida nesse projeto.

Para o domínio da estabilidade de sistemas, um conceito que é amplamente estudado é o controle das variáveis de saída, sendo que, algumas dessas variáveis podem vir a serem críticas.

## 2. Controlador PID

O Controlador PID é uma das técnicas mais difundida na indústria, que consiste em um algoritmo capaz de fornecer grande performance e excelentes respostas para uma série de processos. Juntando as vantagens dos três tipos de controladores:

- P – Proporcional
- I – Integrador
- D – Derivativo

Os três controladores podem ser configurados para atuarem sozinhos, como o controlador tipo proporcional, ou combinados como PI e PD além de unir os três tipos o PID

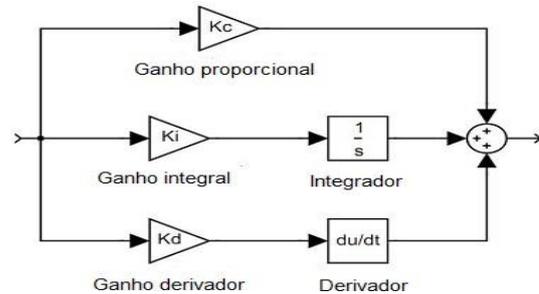


Figura 1 – Representação de um controlador PID.

O modelo matemático seguido descrito para esse tipo de controlador é:

$$u(t) = K[e(t) + 1/T_i \int_0^t e(s) ds + T_d \frac{de(t)}{dt}] \quad (1)$$

$$E(t) = r(t) - y(t) \quad (2)$$

Nessas equações  $u(t)$  é a variável de controle,  $e(t)$  é o erro do controle,  $y(t)$  é o valor medido do processo,  $r(t)$  é o valor de referência de entrada do sistema. O ganho proporcional é indicado por  $K$ , e as constantes de tempo integral e derivativo são respectivamente  $T_i$  e  $T_d$ .

## 3. Método de Ziegler-Nichols de malha fechada

Ziegler e Nichols estabeleceram dois métodos para um ajuste do controlador, métodos que estabelecem parâmetros para resposta de processos à malha fechada.

O segundo método (Método da oscilação crítica) funciona se um processo colocado em laço fechado com controle proporcional e o valor do ganho proporcional aumentado progressivamente, a certa altura o processo iniciará a oscilar. O ganho necessário para causar esta oscilação é chamado ganho crítico do processo ( $K_{cr}$ ) e o período da oscilação observada é dito o seu período crítico ( $P_{cr}$ ). Utilizando esse ganho obtido e o seu período podemos utilizar as fórmulas de Ziegler e Nichols para ajuste do período crítico.

O  $K_{cr}$  também pode ser demonstrado como inversamente proporcional a amplitude da oscilação provocada pela realimentação

$$K_{cr} = (\pi/d) * A \quad (3)$$

Onde  $A$  é a amplitude da oscilação observada.

Tabela 1 – Parâmetros Ziegler Nichols

Controlador	K	Ti	Td
P	0,5Kcr	-	-
PI	0,4Kcr	0,83Pcr	-
PID	0,6Kcr	0,5Pcr	0,125Pcr

## 4. Testes

Utilizando a função de transferência abaixo como base inicial para o experimento:

$$\frac{16,0646s^2 + 66,4759s + 68,7698}{s^4 + 7s^3 + 10s^2} \quad (5)$$

Foi obtido utilizando o Simulink do matlab e o modelo fa figura 3:

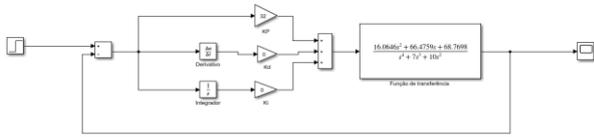


Figura 3 – Modelo Simulink, (autoria propria)

Utilizando os valores iniciais dados pela fabrica para definir Kp, Ki e Kd se obteve o seguinte resultado

Onde:

- Kp = 32
- Ki = 0
- Kd = 0

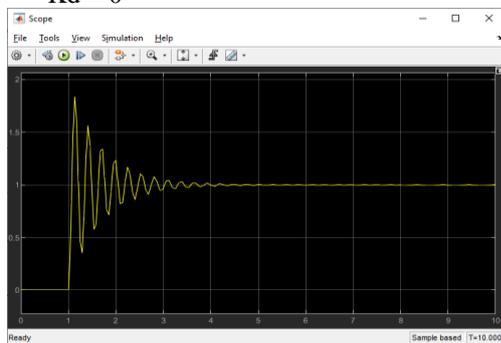


figura 4 resposta ao degrau gráfico em amplitude vs tempo

Normalmente em situações ideais o amortecimento faria com que o motor após certo tempo se mantivesse estável numa posição, porem numa situação real ele acaba nunca conseguindo ficar parado gerando uma oscilação infinita, que ocasiona em quebras de peças com mais facilidade.

Para melhorar esse resultado foram usados o método de Ziegler-Nichols de malha fechada para dessa forma se obter novos valores de Kp, Ki e Kd.

Desta vez utilizando os valores:

Onde:

- Kp = 25
- Ki = 0
- Kd = 1

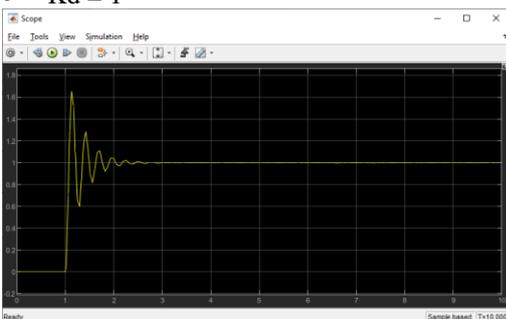


Figura 5 – Resposta após as alterações feitas no PID gráfico em amplitude vs tempo

A partir desse ponto se viu necessário fazer pequenos ajustes para que dessa forma ele consiga ficar mais estável mais rápido e com menos esforço, esforço tal que pode acabar desgastando os dentes das engrenagens dos motores diminuindo sua vida útil

No final após alguns ajustes se foi obtido a seguinte resposta do gráfico.

Onde:

- Kp = 32
- Ki = 1
- Kd = 1.5

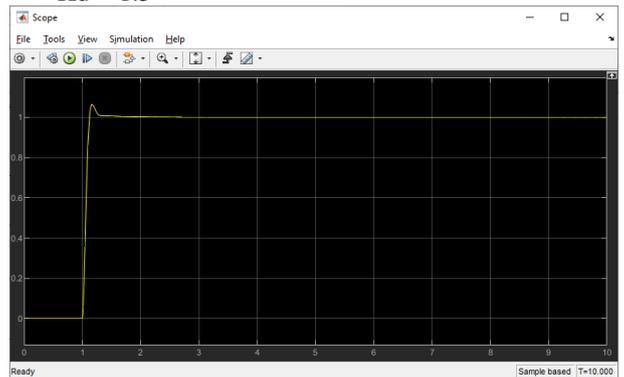


Figura 6 – Ultima teste feito após alterações no PID gráfico em amplitude vs tempo

## 5. Conclusões

Neste trabalho foram analisados diversos valores para se obter uma melhor estabilidade do sistema PID dos motores Dynamixel MX-106 e dessa forma mesmo após os cálculos matemáticos foram necessários mais alguns ajustes para que ele possa dar o resultado esperado.

Foi obtido parcialmente o resultado esperado para esse projeto, faltando apenas os últimos testes num robô real para verificar se será necessário aplicar mais algum ajuste ou se dessa forma ele consiga diminuir suas oscilações e mesmo assim manter sua posição e torque corretos.

## 6. Referências

- [1] Ogata, Katsuhiko Engenharia de Controle Moderno, 5ª ed., São Paulo, Editora: Pearson Prentice Hall, 2010.
- [2] Nise, Norman S., Engenharia de Sistemas de Controle, 3ª ed., Rio de Janeiro, Editora: LTC, 2000.
- [3] Manual Dynamixel Mx-106R e Mx-106T. Disponível em: <<https://fei.edu.br/robofei/>> acesso em 15 set 2020.
- [4] Castrucci, Plínio de Lauro; Bittar, Anselmo; Sales, Roberto Moura. Controle Automático, 2ªed., Rio de Janeiro, Editora: LTC, 2018.

## Agradecimentos

À instituição FEI pela possibilidade de me proporcionar essa experiencia incrível que possibilitou uma expansão dos meus horizontes e a todos que me incentivaram nessa jornada.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI, projeto com vigência de 12/19 a 11/20.