

Algoritmo de um controlador PID para microprocessadores utilizando método Ziegler-Nichols

Jonas Rodrigues Vieira dos Santos¹, Rômulo Lopes Frutuoso², Luiz Daniel Santos Bezerra³

¹Bacharelado em Ciência da Computação - IFCE campus Maracanaú. e-mail: jonascomputacao@gmail.com

²Bacharelado em Ciência da Computação - IFCE campus Maracanaú. e-mail: frutuoso.romulo@gmail.com

³Professor/Orientador IFCE - Campus Maracanaú. e-mail: danielbezerra@ifce.edu.br

Resumo: Neste trabalho é abordado um algoritmo de um controlador PID utilizando o método clássico Ziegler-Nichols. Este possui dois métodos de determinar os parâmetros P (Proporcional), I (Integral) e D (Derivativo), contudo este trabalho irá abordar o segundo método, do período crítico, que consiste em definir primeiramente o termo proporcional, mais precisamente este valor é incrementado até que a saída do sistema fique oscilante, quando este estado acontecer calcula-se o período da oscilação e o termo proporcional momentâneo e com a utilização de uma tabela pré-determinada definimos os devidos valores para os termos do controlador. A metodologia proposta neste trabalho é a definição dos parâmetros do controlador de forma on-line e independente da intervenção humana. Logo, antes da inicialização do sistema o algoritmo será executado com o intuito de encontrar os devidos valores para os termos do controlador, tornando o sistema automático de forma que ele mesmo defina os valores de seus termos. Esta realização possibilita o uso deste método em outros projetos e em situações diferentes, já que o sistema é capaz de definir seus próprios termos para o controlador.

Palavras-chave: Controlador PID, Definição de parâmetros on-line, Método Ziegler-Nichols

1. INTRODUÇÃO

Controladores PID são largamente utilizados no controle de processos industriais, tanto em sistemas monovariáveis como em sistemas multivariáveis. No entanto, muitos dos controladores encontrados na indústria são mal sintonizados (CAMPESTRINI, 2006), o mnemônico PID refere-se às primeiras letras dos nomes dos termos individuais que compõem os três termos de controle padrão são P para o termo proporcional, I para o período integral e D para o termo derivado do controlador (JOHNSON, 2005).

Cada uma das variáveis do controlador PID atuam de forma a equilibrar a operação do sistemas, evitando assim mudanças que possam resultar em um mal funcionamento deste. Este controlador tem uma função de transferência, como mostrado na Equação 01 (DORF, 2001).

$$G_c(S) = K_p + \frac{K_I}{S} + K_D S \quad (\text{Equação 01})$$

O controlador oferece um termo proporcional (K_p), um integrativo (K_i) e outro derivativo (K_d) (DORF, 2001). A equação para a saída no domínio do tempo é dada pela Equação 02.

$$u(t) = K_p e(t) + K_I \int e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (\text{Equação 02})$$

Os parâmetros do controlador PID precisam ser definidos com bastante cuidado, uma má definição poderá tornar o sistema desequilibrado ou com respostas lentas.

Neste trabalho será abordado o método Ziegler-Nichols, que foi apresentado por Ziegler e Nichols em 1942. Este é considerado um dos métodos clássicos e possui duas formas para a determinação dos ganhos que são: O método da resposta ao salto que requer o conhecimento de duas grandezas que caracterizam a resposta ao salto de um processo e o método do período crítico que

exige o conhecimento de duas grandezas características da resposta em frequência do processo (BAZANELLA, 2000).

Para cada um dos métodos de Ziegler-Nichols existe uma tabela relacionada para determinar os valores do ganho. A tabela 01, mostra como obter os valores para o método do período crítico.

Tipo do controlador	K	T_I	T_d
P	$0,5K_u$	-	-
PI	$0,4K_u$	$0,8T_u$	-
PID	$0,6K_u$	$0,5T_u$	$0,125T_u$

Tabela 1 - Tabela para a determinação dos parâmetros do PID para o método do período crítico.

Logo, este trabalho vem propor uma metodologia de auto-configuração para os três termos do controlador PID de forma que o próprio sistema seja capaz de se configurar. Fornecendo assim a portabilidade de transferir este algoritmo para outros projetos que utilizem controladores PID.

2. ALGORITMO

A primeira parte do algoritmo proposto consiste em igualar a zero os termos integrativo e derivativo e incrementar o ganho proporcional K_u até que a saída na planta do sistema se torne oscilatória. Logo, após um determinado tempo T_s é feito um incremento no valor K_u e é analisado o comportamento do sinal de saída, caso este se torne oscilatório o valor para de ser incrementado, senão, o algoritmo espera o tempo T_s e incrementa o valor de K_u e continua o processo novamente.

Para detectar se a saída do sistema esta oscilatória deve-se analisar os pontos críticos, ou seja, determinar pontos de máximo, mínimo e verificar a distância entre eles, caso o sistema fique constante a distância entre os pontos críticos será zero. Caso a saída fique em rampa basta observar se os valores dos pontos críticos estão todos crescendo ou decrescendo, caso não esteja em nenhuma destas possibilidades, o sistema estará oscilando como desejado.

Após o sistema torna-se oscilatório, inicia-se a segunda etapa do algoritmo que é determinar T_u , que consiste do tempo de um período da onda da saída, como pode ser visto na figura 01. Para encontrar o valor de T_u , o algoritmo primeiro encontra o zero da senóide e a partir deste ponto, procura o ponto de maior amplitude V_m . Assim, T_u será o tempo em que o algoritmo encontra as duas maiores amplitudes.

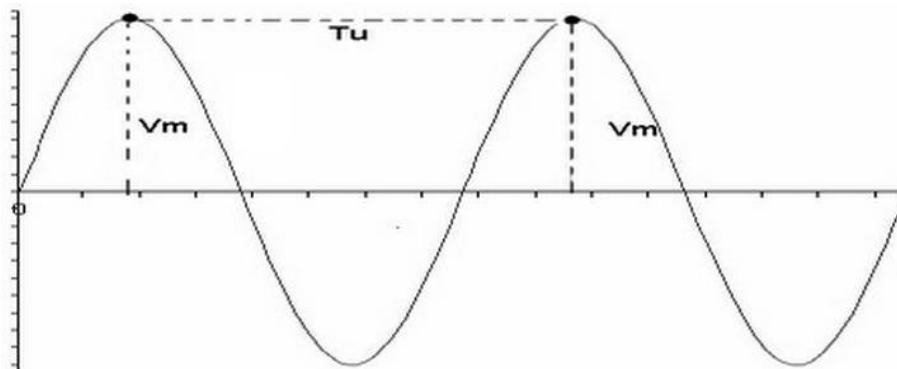


Figura 1 - Determinar a amplitude (V_m) e o tempo de um período (T_u).

Ao final do processo, teremos os valores de T_u e K_u determinados e podemos fazer uso da tabela 1 para determinar os valores dos termos, K para apenas o controle proporcional, K e Ti para proporcional e integral e K, Ti e Td para controle proporcional, integrativo e derivativo.

O sistema PID clássico no domínio discreto pode ser representado como mostra a figura 02.(a), contudo para a execução do algoritmo em sistemas microcontrolados é necessário a discretização dos termos. Segundo (BEZERRA, 2010), esta pode ser feita de várias maneiras, como mostra a tabela 2. Utilizando o método de Euler chega-se ao resultado demonstrado na figura 02.(b) logo a baixo.

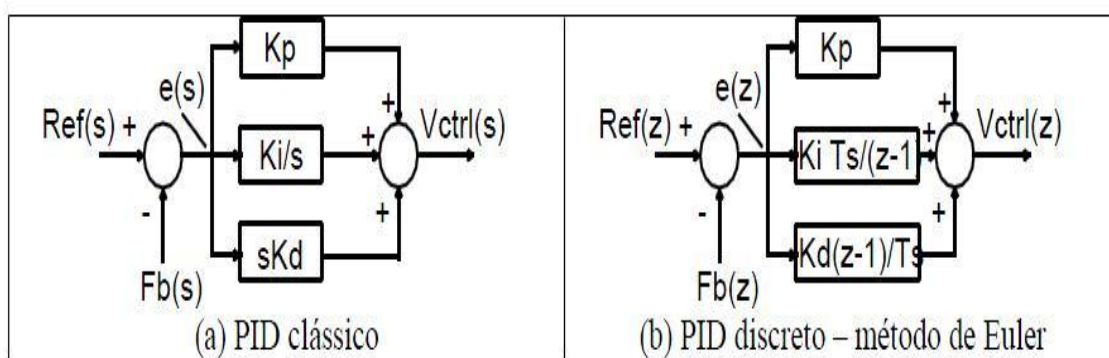


Figura 2 - Discretização dos termos P, I e D

Descrevendo a fórmula do método de Ziegler-Nichols, o termo K_p corresponde a K, o termo K_i a K/T_i e K_d a $K \cdot T_d$, no método discreto a variável T_s representa o período de amostragem do sinal e o Z vem da transformação do PID clássico para o PID discreto. Usando a metodologia de discretização da Figura 2 podemos representar o método do ponto crítico conforme a figura 03, onde T_s é o tempo de amostragem do sinal.:

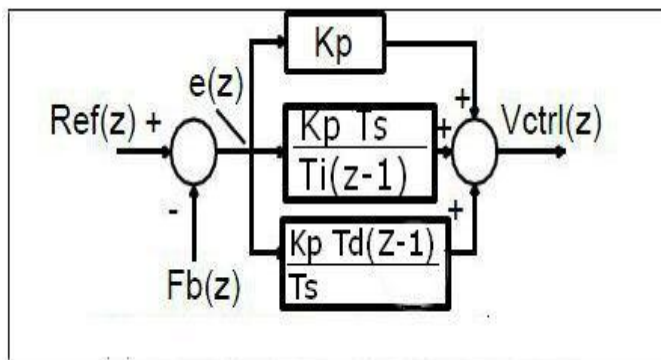


Figura 3 - Método do ponto crítico discretizado.

Vale destacar que para se obter resultados satisfatórios é necessário o devido cálculo do tempo de amostragens dos dados, obedecendo ao teorema de Nyquist (KESTER, 2000). Ao qual, diz que a taxa de amostragem deve ser duas vezes maior ao valor do dado amostrado.

3. APLICAÇÃO EM UM INVERSOR MONOFÁSICO

Esta metodologia pode ser aplicada a uma diversidade de objetos-fim. Neste trabalho a metodologia será aplicada a um inversor monofásico com malha de tensão e de corrente cascadeadas. O algoritmo de ajuste deve ser capaz de obter os parâmetros dos compensadores de corrente e de tensão, como mostrado na figura 04 abaixo.

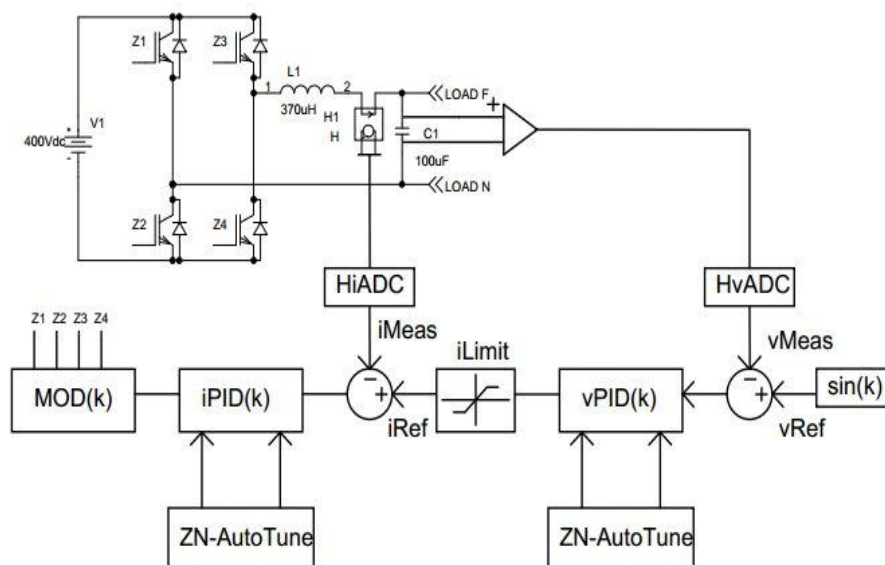


Figura 4 - Diagrama completo do sistema de auto-tune baseado no método de Ziegler-Nichols em um inversor.

Para que a metodologia funcione, deve-se realizar o ajuste individualizado de cada PID. O primeiro a ser ajustado geralmente é o de corrente, uma vez que este atua de forma mais direta no acionamento dos interruptores do inversor. O bloco ZNAutoTune, desconecta o sinal de referência advindo da malha de tensão e aplica o sinal de teste, isto com a saída do inversor curto-circuitada. Desta forma aplica-se a metodologia descrita anteriormente para obter os ganhos do compensador. No caso do PID da malha de tensão também faz-se procedimento semelhante, porém a malha de corrente deve estar conectada e já com os ganhos ajustados conforme a metodologia descrita.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como intuito mostrar um algoritmo para encontrar os termos de um controlador PID, utilizando o método do ponto crítico de Ziegler-Nichols. O trabalho demonstra que é possível implementar um sistema através de microprocessadores que sejam capazes de encontrar seus próprios termos de controle sem intervenção humana, ou seja, auto-configuração, o que permite que o mesmo algoritmo possa ser utilizado em diferentes sistemas que façam a utilização de um controle PID.

Como proposta para os próximos trabalhos, iremos implementar o algoritmo proposto em uma DSP, que é microprocessador especializado em processamento digital de sinal usados para processar sinais de áudio, vídeo e etc. Neste caso a aplicação será um inversor real de 1kW com tensão de saída de 220Vrms e a plataforma será baseada em dsPIC.

REFERÊNCIAS

BAZANELLA, Alexandre Sanfelice; JÚNIOR, João Manuel Gomes da Silva. **Ajuste de Controladores PID**. Curso de Extensão em Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2000. Disponível em < <http://www.ece.ufrgs.br/~imgomes/pid/Apostila/apostila/apostila.html> >. Acesso em : 06 de Maio de 2012.



BEZERRA, Luiz Daniel Santos. **Conversor de alto ganho associado a um inversor para aplicação em sistemas autônomos de energia**. 2010. 276p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2010.

CAMPESTRINI, Lucíola. **Sintonia de controladores PID descentralizados baseada no método do ponto crítico**. 2006. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/8187/000569689.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 06 Maio de 2012.

DORF, Richard C.; BISHOP, Robert H. **Sistemas de controles modernos**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

JOHNSON, Michael A.; MORADI, Morammadi H. **PID Control New Identification and Design Methods**. Londres: Springer, 2005.

KESTER, Walt. **Mixed-Signal and DSP Design Techniques**. U.S.A: Analog Devices, 2000.