x. Controlador Analógico

Para o controlador PID, como foi mostrado anteriormente, a equação matemática que o descreve, sendo a seguinte equação no domínio da frequência:

x.1 Modelagem Matemática de Amplificadores

Para obter um circuito analógico que tenha como função de transferência a equação mostrada, será utilizado um conjunto de amplificadores operacionais, resistores e capacitores. Para isso será modelado os circuitos isolados de amplificadores, para que posteriormente seja possível associá-los formando a saída desejada.

Na modelagem de amplificadores operacionais, pode-se considerar componentes ideais, por facilidade de cálculos. De acordo com Malvino e Bates (2016), a resistência de entrada em amplificadores operacionais ideais é infinita, ou seja, a corrente que circula na entrada é nula, fazendo com que toda a corrente de entrada flua para a saída, facilitando uma aproximação dos cálculos, como pode ser visto na tabela retirada de seu livro.

Tabela

Descrição gerada automaticamente

Tomando essas considerações, pode-se partir para a modelagem dos circuitos com amplificadores.

x.1.1 Circuito Somador

Diagrama, Esquemático

Descrição gerada automaticamente

x.1.2 Circuito Subtrator

Diagrama, Esquemático

Descrição gerada automaticamente

x.1.3 Circuito Proporcional

Uma imagem contendo objeto, relógio

Descrição gerada automaticamente

x.1.4 Circuito Derivador

Uma imagem contendo objeto, relógio

Descrição gerada automaticamente

Analogamente ao circuito proporcional, é possível fazer uma análise semelhante e adotar a mesma função de transferência com algumas alterações, visto que agora tem-se uma impedância complexa no valor da resistência R1.

A impedância complexa do capacitor, de acordo com Oggata (2010 - Controle Moderno 5ª ed. - p.66), é:

Então substituindo a resistência da função de transferência do circuito proporcional:

x.1.5 Circuito Integrador

**Diagrama, Esquemático

Descrição gerada automaticamente**

Assim como na modelagem do circuito derivador, pode-se adotar a função de transferência do circuito proporcional, alterando apenas a resistência , pela impedância complexa do capacitor, obtendo assim:

x.2 Modelagem do Controlador PID

Primeiro será considerado o circuito somador:

Após isso, serão substituídos os sinais de entrada do circuito somador pelos circuitos proporcional, integrador e derivador, respectivamente:

Comparando a equação do PID teórico, com a equação obtida, é possível descobrir como os componentes se relacionam com os ganhos:

Então foi obtido que os ganhos do controlador são representados por:

x.3 Modelagem do sistema completo

Além do controlador, no sistema há a planta, que já foi modelada anteriormente e há a realimentação, que no caso será unitária e negativa. No caso do circuito analógico, para representar a realimentação será utilizado um circuito subtrator.

A realimentação serve de entrada para o controlador, ou seja, a saída do circuito subtrator será a entrada dos circuitos do controlador PID.

Na entrada positiva do circuito será colocado a entrada do sistema. Já na entrada negativa do circuito será colocada a saída do sistema, como a realimentação é unitária, pode-se fazer essa ligação de forma direta, sem precisar aplicar nenhum ganho.

x.4 Circuito Analógico

Considerando as modelagens citadas acima, foi obtido o circuito analógico do nosso sistema, já aplicando o valor correto nos componentes, de acordo com o ganho desejado.

Diagrama

Descrição gerada automaticamente

Com esse circuito foi obtida essa curva no osciloscópio virtual:

Inserir gráfico

Após os testes iniciais, foi alterado o valor de alguns componentes deliberadamente, a fim de tentar otimizar a curva obtida, com isso foi obtido o circuito abaixo:

Diagrama

Descrição gerada automaticamente

E com ele foi obtido a seguinte curva no osciloscópio virtual:

Inserir gráfico