**II – MRAC – Indireto**

Seja um processo que apresente a seguinte equação

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(1)** |

com **a** e **b** constantes e desconhecidas. Seja também um modelo de referência (a ser “seguido”) que apresenta a seguinte equação:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(2)** |

* Se **a** e **b** fossem completamente conhecidos, ter-se-ia para uma lei de controle:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(3)** |

a qual ao ser substituída em **(1)** resultaria em:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(4)** |

Na situação de igualdade para as equações **(2)** e **(4)**, ter-se-ia:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(5)** |

Como não é o caso, a ideia então é estimar os valores de **a** e **b** por meio do modelo de referência. Para tal, o controle **(3)** não trabalhará diretamente com a variável **a**,pois não a conhece. Com isto, trabalhar-se-á com a estimativa dela, ou seja, será utilizado a variável “^” para as variáveis desconhecidas, mas que necessitam ser estimadas. Dessa forma, a equação **(3)** com os parâmetros estimados para a equação **(5)**, resulta em uma equação de controle tal que:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(6)** |

Multiplicando-se cruzado na equação **(6)**, chega-se na seguinte relação matemática:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(7)** |

A qual quando substituída na equação **(2)** do modelo de referência, fornece:

Que separando termo à termo, tem-se que:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(8)** |

Tomando-se o erro entre o modelo de referência da equação **(8)** com a saída da equação **(1)**, tem-se que:

A sua derivada é tal que:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(9)** |

Tomando a função de Lyapunov como sendo (e ) :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(10)** |

Sua derivada é tal que:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(11)** |

Pela construção, imporemos que e procuraremos zerar os dois termos em vermelho da equação **(11)**. Isso é-se conseguido fazendo-se:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(12)** |

Derivando a equação **(9)** e substituindo na equação **(12)**, tem-se que:

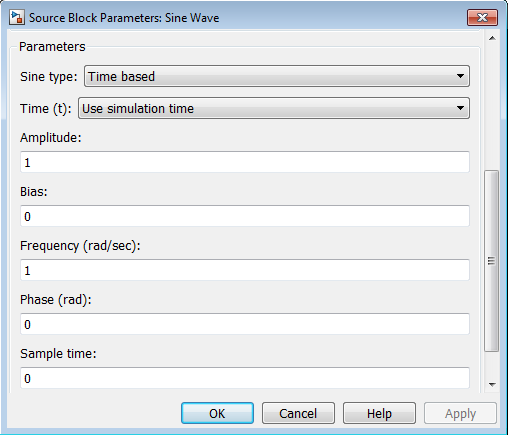
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(13)** |

**Exemplo:** Este exemplo se dará para um processo que apresente os valores de , e um modelo de referência que apresenta valores de e . Refazendo a construção solicitada a determinação da lei de controle da forma . A recriação dos blocos possibilitou que o sistema em Simulink fosse montado, conforme Figura 1.

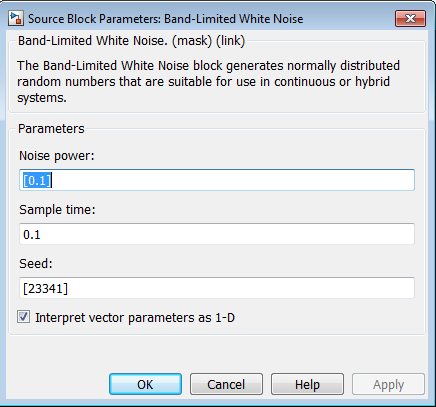


**Figura 1:** MRAC Indireto – Escalar.

A entrada senoidal é de amplitude 1 com frequência de 1 rad/s. As características do sinal e do ruído podem ser vistas nas Figuras 2 e 3.

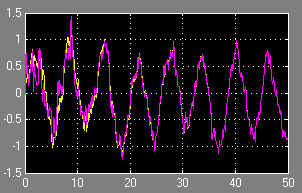


**Figura 2:** Característica do sinal senoidal.

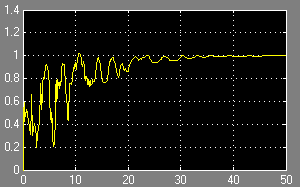


**Figura 3:** Característica do sinal de ruído.

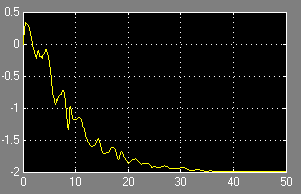
As respostas obtidas encontram-se nas Figuras a seguir.



**Figura 4:** O sinal em amarelo representa o sinal do modelo de referência e o sinal em magenta o sinal .



**Figura 5:** Sinal de referência para o que tende para o valor de **.**



**Figura 5:** Sinal de referência para o que tende para o valor de **.**