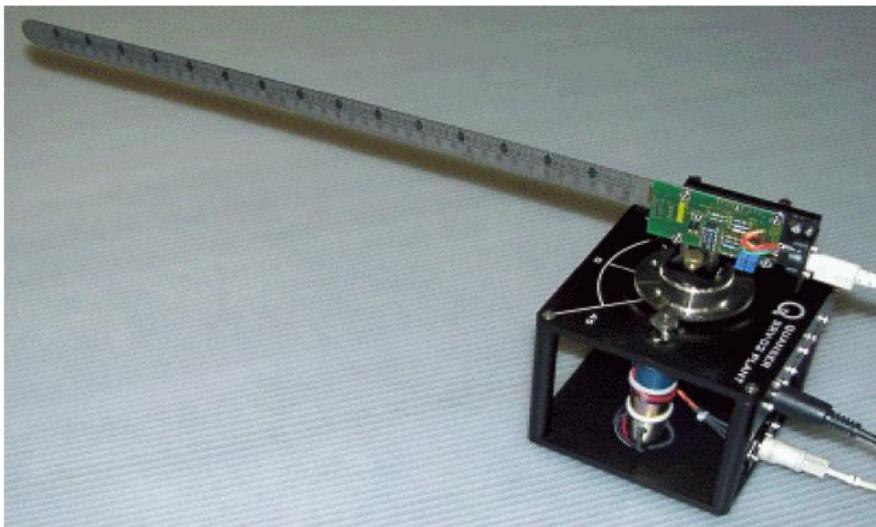


*Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
2010/2011 - Semestre de Inverno*

TRABALHO DE LABORATÓRIO
*Identificação e Controlo Digital do Sistema de Posicionamento
de uma Barra Flexível*

**Parte 2 – Identificação do Sistema Servo-Motor +
Barra Flexível**



Preparado por

***Alexandre Bernardino, Margarida
Silveira, J. Miranda Lemos***

IST, Área Científica de Sistemas, Decisão e Controlo

Parte 2 – Identificação do Sistema Servo-Motor + Barra Flexível

Objectivos: Utilizar métodos de identificação paramétricos e não-paramétricos para obter modelos discretos do sistema servomotor + barra flexível (ver Figura 1) que sejam apropriados ao controlo digital.

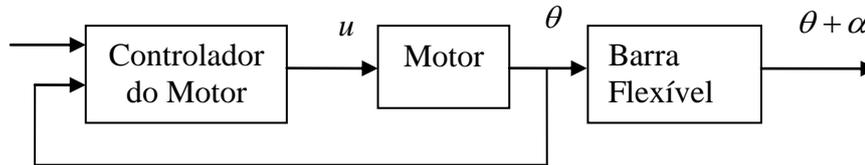


Figura 1 - Sistema a considerar para o processo de identificação.

Planeamento: Esta parte decorre em quatro sessões nas quais se deverão abordar os seguintes problemas.

- 1 – Calibração do sensor de deflexão da barra (extensómetro) para unidades normalizadas.
- 2 – Utilização de métodos de identificação não paramétricos para obter uma primeira noção de parâmetros importantes do sistema (atraso, ordem, largura de banda, ressonâncias, etc). Definição da frequência de amostragem de estruturas discretas adequadas à identificação paramétrica do sistema.
- 3 – Utilização de métodos de identificação paramétrica para obter valores dos parâmetros de estruturas ARX e ARMAX que representem devidamente o sistema. Definição de metodologias que permitam validar e avaliar a qualidade dos diferentes modelos. Utilização de métodos de selecção de modelos para escolher o modelo a utilizar posteriormente no controlo digital.

Em documento anexo referem-se alguns procedimentos e exemplos que poderão ajudar na obtenção de resultados (sysident_in_practice.pdf). Aconselha-se também os alunos a estudar com atenção o manual da toolbox de identificação do Matlab (ident.pdf).

1 - Calibração da Barra Flexível

A barra flexível utilizada neste trabalho está equipada com um extensómetro que fornece uma tensão proporcional à deflexão da barra. A primeira tarefa a efectuar consiste na calibração deste sensor.

Pretende-se obter um factor de conversão K_b [graus/V] que converta a tensão de saída do extensómetro para uma medida do ângulo de deflexão em graus. Este valor será posteriormente adicionado à leitura do potenciómetro do motor para obter o valor da posição angular total da ponta da barra flexível.

Para efectuar o procedimento de calibração, a barra deverá ser fixa rigidamente à sua base suporte (ver Figura 2).

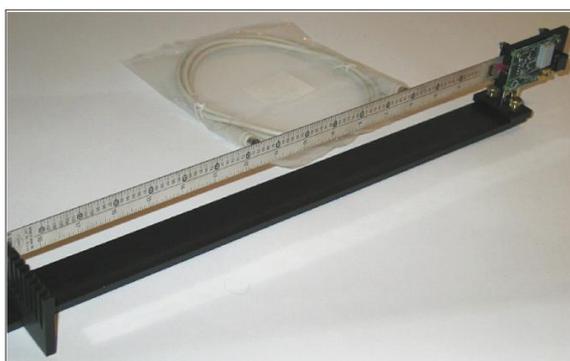


Figura 2. Barra flexível montada na base de calibração.

Na extremidade da base de suporte coloca-se um “pente de calibração” com diversas aberturas distanciadas de $\frac{1}{4}$ de polegada¹ (ver Figura 3). Alternativamente, pode-se, colocar uma régua graduada convencional.

Tarefas

1.1 - Planeie e execute um conjunto de experiências que lhe permita obter o factor de conversão K_b [graus/V], que relacione a tensão de saída do extensómetro (em volts) com ângulo de deflexão da barra (em graus).

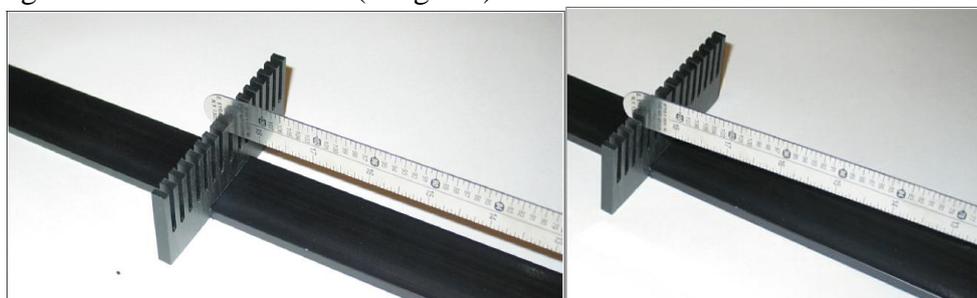


Figura 3 - Pente de calibração, para duas configurações da barra flexível: em repouso (esquerda) e em carga (direita).

¹ 1 pol = 2.54 cm

2 – Identificação não paramétrica

Pretende-se identificar os aspectos dinâmicos dominantes do sistema motor+barra flexível através de métodos não paramétricos. Para isso iremos utilizar as ferramentas disponibilizadas pela aplicação *Ident* da *toolbox* de identificação de sistemas do Matlab. Em particular interessa aplicar as técnicas de Análise de Correlação para obter a resposta no tempo e Análise Espectral para obter a resposta em frequência.

Considera-se, neste ponto, que o motor se encontra em malha fechada com o controlador obtido na parte 1 do trabalho, e a barra flexível se encontra rigidamente fixa ao motor. O processo de estimação consistirá em aplicar sinais apropriados na referência do sistema de controlo do motor, e medir a posição angular da extremidade da barra flexível. Para que o processo de estimação seja bem sucedido deverá garantir-se que o funcionamento do sistema se encontra dentro da zona linear, por isso deverá monitorizar-se sempre o sinal de controlo do motor para verificar esta condição. Será também necessário pré-processar os sinais com as técnicas adequadas.

Tarefas:

2.1 – Planear e executar experiências de recolhas de dados para efectuar a identificação não paramétrica do sistema. Utilizar diversos tipos de sinais de entrada para posteriormente comparar o desempenho dos processos de estimação com os diferentes sinais.

2.2 – Através da ferramenta *Ident*, efectuar o procedimento de identificação não paramétrica para calcular a resposta no tempo e na frequência do sistema dado.

2.3 – Através das respostas obtidas, obter estimativas para os principais aspectos dinâmicos do sistema:

- atraso;
- largura de banda;
- ressonâncias;
- localização aproximada de pólos;
- localização aproximada de zeros;

2.4. – Em função dos dados anteriores, postular uma função de transferência contínua para o sistema dado, e construir um simulador contínuo que aproxime o comportamento real do sistema. Comparar os valores das saídas do sistema simulado e do sistema real para tipos diferentes de sinais de entrada.

2.5. – Definir uma gama de frequências de amostragem adequadas à posterior identificação paramétrica de estruturas discretas.

3 – Identificação Paramétrica

Pretende-se obter modelos ARX e/ou ARMAX que representem devidamente o sistema e que sejam adequados para o controlo digital. Mais uma vez iremos utilizar as funcionalidades da aplicação *Ident* da *toolbox* de identificação de sistemas do Matlab para obter esses modelos.

A função de transferência obtida na tarefa 2.4, depois de discretizada, permite estabelecer uma estrutura base para a estrutura a identificar (atraso, ordem, número de zeros). No entanto, muitas vezes os sistemas reais apresentam características desconhecidas e difíceis de modelar, que não são capturadas devidamente pelos modelos simplificados. Por isso, num problema de estimação, é útil colocar hipóteses alternativas para a estrutura do modelo e o número de parâmetros. Por isso, habitualmente testam-se várias estruturas com um número superior de parâmetros para tentar obter modelos mais precisos dos sistemas envolvidos.

Acontece que, com o aumento do número de parâmetros, o modelo tende a aproximar-se demasiado da realização particular do processo estocástico representada nos dados e incorporar o ruído existente. Deveremos escolher um número de parâmetros tal que os dados existentes sejam bem aproximados, mas que o modelo apresente pouco erro também para outras realizações do processo. Para isso devem definir-se diferentes conjuntos de dados para a estimação e validação do modelo.

Para além deste aspecto, quando se define um modelo para um sistema, pretende-se, por um lado obter uma aproximação à realidade que capture as características dominantes do sistema, mas que seja, simultaneamente, suficientemente simples e prático de trabalhar. É preciso, portanto, estabelecer um compromisso entre a qualidade da aproximação e a utilização prática do modelo.

Tarefas:

3.1. Discretize o modelo contínuo obtido em 2.4. Utilize 2 ou 3 frequências de amostragem diferentes. Verifique que características dinâmicas importantes se podem esperar que o sistema real venha a revelar, tais como polos em $z=1$, e zeros de fase não mínima.

3.2. Planeie e execute um conjunto de ensaios experimentais que permita recolher dados para a estimação dos parâmetros de modelos ARX e ARMAX. Uma vez que a frequência de amostragem para o sistema completo poderá ser diferente da frequência de amostragem para o motor, utilize as funcionalidades de multi-ritmo do simulink para atingir este objectivo (ver módulo simulink “rate-transition”).

Para os ensaios deverá ter vários aspectos em conta, por exemplo:

- Que tipo de sinal de entrada utilizar (PRBS, onda quadrada, chirp, etc)?
- Em que banda de frequência excitar os sistemas?
- Quais os intervalos de amostragem mais convenientes?

3.3. A partir dos dados obtidos, estime e avalie modelos ARX e ARMAX para representar o sistema. Experimente modelos de diversa ordem. Discuta questões como:

- Há vantagem em usar modelos ARMAX ou o ARX é suficiente?
- Como utilizar os dados obtidos para identificar e validar os modelos?
- Qual a ordem mínima para representar adequadamente os sistemas?

3.4. Compare os resultados experimentais com dados obtidos em simulação. Discuta as diferenças.

Relatório.

Elabore um relatório sucinto (max. 12 pag. 10 pt). O relatório deverá seguir a estrutura do guia de laboratório, apresentando uma breve descrição dos procedimentos, os resultados obtidos e comentários adicionais. O relatório deverá ser entregue em formato electrónico (pdf) e impresso em papel.