



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Departamento de Engenharia Electrotécnica

Curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

DISCIPLINA DE CONTROLO AUTOMÁTICO

Ano: 3º Ano – Opção de Automação e Informática Industrial
- Opção de Energia e Instalações de Potência

Regime: Semestral (5º)

Ano Lectivo: 2005/2006

Carga Horária: 2T + 2P

Docente: Prof. Adjunto Paulo Manuel Machado Coelho
Prof. Adjunto Gabriel Pereira Pires

OBJECTIVOS:

A disciplina de Controlo Automático visa o ensino de metodologias de análise e projecto direccionadas para o controlo clássico em sistemas lineares SISO. A disciplina deverá fornecer ao aluno conhecimentos de: - modelação de sistemas mecânicos, eléctricos, de nível de líquido, etc; - métodos de análise e desempenho de estabilidade absoluta, estabilidade relativa, sensibilidade, robustez, baseando-se em análise temporal, análise em frequência, entre outros; - questões de projecto, implementação e sintonização de controladores PID, e compensação em atraso/avanço.

Em termos práticos, no final do semestre espera-se que o aluno esteja apto a desenvolver, por exemplo, servo-mecanismos de posição, desde a modelação, à construção mecânica, actuação, leitura de sensores e concepção do controlador.

Esta disciplina de iniciação ao controlo terá sequência nas disciplinas de Controlo Digital e Controlo Inteligente.

PROGRAMA:

- 1. Introdução:** Breve introdução aos sistemas de controlo. Sistemas em malha aberta e malha fechada. Diagramas de blocos. Perturbações.
- 2. Modelos matemáticos de sistemas físicos:** Sistemas eléctricos. Sistemas mecânicos de translação. Sistemas mecânicos de rotação. Motor DC em sistemas de controlo (Modelos matemáticos; Curvas torque-velocidade). Engrenagens e backlash. Servo-mecanismos. Sensores e codificadores em sistemas de controlo: potenciómetros, codificadores, tacómetros. AMPOPs.
- 3. Análise temporal em malha aberta e malha fechada:** Sistemas de 1ª e 2ª ordem. Resposta transitória. Análise de erros em regime permanente. Análise de estabilidade relativa. Critério de Routh para análise de estabilidade. Efeito da adição de pólos e zeros. Pólos dominantes em funções de transferência. Aproximação de sistemas de ordem superior a sistemas de ordem inferior.



Tomar
08/10/11

4. **Análise de sistemas de controlo:** Critérios de projecto. Método do lugar das raízes. Métodos no domínio da frequência – representação gráfica de funções de transferência sinusoidais (diagrama de Bode e traçado polar): Frequência e pico de ressonância e largura de banda de sistemas de 2ª ordem; Critérios de estabilidade; Efeito da adição de pólos e zeros.
5. **Projecto de sistemas de controlo:** *Controlo PID* [Acções de controlo proporcional (P), proporcional-derivativo (PD) e proporcional-integral-derivativo (PID)]; Sintonização de controladores PID (Método de Ziegler-Nichols em malha aberta; Método de Ziegler-Nichols em malha fechada; Método de colocação de pólos; Método experimental). *Compensação em avanço-atraso.*

COMPONENTE PRÁTICA

Nas aulas práticas são realizadas experiências laboratoriais com kits didácticos, complementadas com a resolução de problemas e realização de simulações em ambiente MATLAB/SIMULINK.

Fichas de Exercícios:

Ficha 1: Comandos de controlo em Matlab.

Ficha 2: Modelação matemática de sistemas eléctricos e sistemas mecânicos de translação.

Ficha 3: Engrenagens e sistemas mecânicos de rotação. Motor DC controlado por tensão de armadura. Motor DC controlado por tensão de campo. Servo-mecanismos.

Ficha 4: Critério de estabilidade de Routh.

Ficha 5: Análise da resposta transitória de sistemas de 2ª ordem.

Ficha 6: Análise de erros em regime estacionário.

Ficha 7: Modelação e controlo de sistema de nível líquido.

Ficha 8: Lugar das raízes.

Ficha 9: Diagramas de Bode. Projecto baseado em análise de frequência.

Ficha 10: Controlo PID. Sintonização.

Projectos Finais:

Projecto 1: Projecto de um servo-mecanismo de posição (escolha de motores, engrenagens, modelização matemática e controlo).

Projecto 2: Controlo de um motor DC existente no laboratório cujo modelo matemático é desconhecido.

MÉTODO DE AVALIAÇÃO:

A avaliação consta de duas componentes: uma prova escrita (frequência e exame) com um peso de 75% na nota final e uma avaliação prática com peso de 25% que consiste na avaliação de relatórios de trabalhos práticos realizados por grupos de alunos. Para aprovação na disciplina o aluno tem de obter uma classificação na prova escrita superior ou igual a **8 em 20 valores** e tem de obter a



classificação mínima de **9.5 em 20 valores** nos trabalhos práticos. Para aprovação na disciplina os alunos terão ainda de assistir a um mínimo de 2/3 das aulas práticas / teórico-práticas. A(s) data(s) limite de entrega dos trabalhos práticos será combinada entre alunos e docentes no início do semestre lectivo.

Os alunos com estatuto de trabalhadores estudantes terão de satisfazer os mesmos critérios de avaliação que os alunos ordinários, sendo-lhes no entanto dada a possibilidade de realizarem os trabalhos laboratoriais fora do horário normal, em moldes a combinar com os docentes no início do Semestre. É-lhes também retirada a obrigatoriedade de assistir a 2/3 das aulas práticas / teórico-práticas.

BIBLIOGRAFIA:

Livros de Referência

- **k. Ogata, "Modern Control Engineering", 3ª Edição, Prentice-Hall, 1997.**
- Benjamin C. Kuo, "Automatic Control Systems", 7ª Edição, Wiley, 1995.
- G. Franklin, D. Powell, A. Emani-Naeini, "Feedback Control of Dynamic Systems", 3ª Edição, Addison-Wesley, 1994.

Tutorial

- Control Tutorial for Matlab: <http://www.engin.umich.edu/group/ctm/>

Livros com aplicações de controlo em **Matlab**

- K. Ogata, "Solving Control Engineering Problems with Matlab", Prentice-Hall.
- J. B. Dabney and T. Harman, "Mastering SIMULINK 2", Prentice-hall, MATLAB Curriculum Series, 1998.

Outros livros de controlo clássico existentes na biblioteca

- W. Bolton, "Engenharia de Controle", Makron Books (Ed. Brasileira), 1995.
- D. Coughanowr, "Process Systems Analysis and Control", Second Edition, MacGraw-Hill, 1991 (1ª edição 1965).
- William J. Palm III, "Control System Engineering", John Wiley & Sons, 1986.
- Joseph J. Distefano, A. Stubberud, I. Williams, "Sistemas de Retroação e Controle", McGraw-Hill, 1964.

Os Docentes,

Paulo Manuel Machado Coelho

Gabriel Reis