

# Planejamento da Disciplina Controle e Servomecanismos I

## **Identificação**

**UERJ**

**Faculdade de Engenharia**

**Departamento de Eletrônica e Telecomunicações**

**Assunto:** Planejamento para a disciplina no primeiro semestre de 2004.

**Professor:** José Paulo Vilela Soares da Cunha

**Turma:** 01

**E-mails:** [jpaulo@lee.eng.uerj.br](mailto:jpaulo@lee.eng.uerj.br) e [jpaulo@uerj.br](mailto:jpaulo@uerj.br)

**Homepage:** <http://www.lee.eng.uerj.br/~jpaulo/contri.html>

**Local e data:** Rio de Janeiro, 15 de abril de 2004

## 1 Tópicos desta Disciplina

Nesta disciplina aborda-se o controle de sistemas lineares no tempo contínuo. Os principais tópicos são:

1. Introdução ao controle.
2. Revisão:
  - (a) Sistemas dinâmicos e sua modelagem.
  - (b) Equação de estado.
  - (c) Transformada de Laplace.
  - (d) Função de transferência e resposta em frequência.
3. Sistemas em malha fechada.
4. Resposta transitória, erro estacionário e critérios de desempenho de sistemas de controle.
5. Estabilidade de sistemas dinâmicos. Critério de estabilidade de Routh-Hurwitz.
6. Diagrama do lugar das raízes.
7. Métodos de resposta em frequência para a análise e o projeto de sistemas de controle (e.g., diagramas de Nyquist e Bode). Critério de estabilidade de Nyquist.
8. Projeto de compensadores/controladores: *lead*, *lag*, PID, etc..

## 2 Referências Bibliográficas

Para esta disciplina são recomendadas as referências [1, 2, 3, 4]. Qualquer uma destas referências é adequada ao curso, bem como outros livros texto básicos de controle linear que abordem os tópicos relacionados na seção anterior. No entanto, este curso está baseado na terceira edição do livro *Engenharia de Controle Moderno* [2], da qual serão extraídos muitos dos exercícios. Uma grande vantagem da terceira [2] e da quarta [1] edições deste livro em relação à segunda edição [3] é que as duas últimas edições apresentam diversos exemplos de análise e projeto de sistemas de controle empregando o *software* MATLAB, que atualmente é um padrão na área de controle e, por isso, será utilizado nesta disciplina.

## Referências

- [1] K. Ogata, *Engenharia de Controle Moderno*. Pearson Brasil, 4<sup>a</sup> ed., 2003.
- [2] K. Ogata, *Engenharia de Controle Moderno*. Livros Técnicos e Científicos S.A., 3<sup>a</sup> ed., 1998.
- [3] K. Ogata, *Engenharia de Controle Moderno*. Prentice-Hall do Brasil, 2<sup>a</sup> ed., 1993.
- [4] J. J. D’Azzo and C. H. Houpis, *Análise e Projeto de Sistemas de Controle Lineares*. Guanabara Dois, 2<sup>a</sup> ed., 1984.

## 3 Orientação para o Estudo dos Tópicos

Nesta seção é apresentada uma orientação para o aluno sobre o estudo de cada um dos tópicos abordados. Apresenta-se uma relação de seções de livros que devem ser estudadas e de exercícios propostos. O livro [2] possui, também, exercícios já resolvidos (com prefixo “A”) que devem ser estudados antes da resolução dos exercícios propostos (com prefixo “B”). Naturalmente o aluno não deve restringir seus estudos a estas seções e exercícios, pois trata-se de uma relação mínima.

### 3.1 Introdução ao controle

A introdução no capítulo 1 da referência [2] apresenta alguns exemplos da aplicação de controladores.

### 3.2 Revisão de sistemas dinâmicos e sua modelagem

Recomenda-se o estudo das seguintes seções da referência [2]: 3.1, 3.6 a 3.7 e 3.10.

São recomendados os exercícios [2] B.3.7 a B.3.12, B.5.18 e B.5.19. Também são recomendados os exercícios da segunda edição do livro [3]: B.2.1 a B.2.4, B.2.6, B.2.9 a B.2.11, B.2.14 e B.2.15.

### 3.3 Revisão de equação de estado

A abordagem por equação de estado é utilizada em várias seções do capítulo 3 da referência [2]. Recomenda-se, também, as seções 3.4 e 3.5.

Exercícios recomendados: B.3.4 a B.3.6.

### **3.4 Revisão de transformada de Laplace**

Recomenda-se a revisão de transformada de Laplace e sua aplicação no capítulo 2 do livro [2].

São recomendados os exercícios [2] B.2.1 a B.2.16.

### **3.5 Revisão de função de transferência e resposta em frequência**

Recomenda-se o estudo das seções 3.2 e 3.3 da referência [2]. Para o traçado de diagramas de Bode recomenda-se as seções 8.1 a 8.3 do livro [2] ou algum livro sobre análise de circuitos elétricos ou filtros.

São recomendados os exercícios B.3.1 a B.3.3 e B.8.1 a B.8.6.

### **3.6 Sistemas em malha fechada**

Recomenda-se o estudo das seguintes seções da referência [2]: 5.1 a 5.3.

Exercícios recomendados: B.5.1 a B.5.5.

### **3.7 Resposta transitória, erro estacionário e critérios de desempenho de sistemas de controle**

Recomenda-se o estudo das seguintes seções da referência [2]: 4.1 a 4.5 e 5.10. Deve ser enfatizada a relação entre a resposta no domínio da frequência e o desempenho no domínio do tempo.

Exercícios recomendados: B.4.1 a B.4.15, B.5.20 e B.5.21.

### **3.8 Critério de estabilidade de Routh-Hurwitz**

Recomenda-se a seção 5.5 do livro [2].

Exercícios recomendados: B.5.6 a B.5.8.

### **3.9 Diagrama do lugar das raízes**

Recomenda-se o estudo das seguintes seções da referência [2]: 6.1 a 6.4. Alternativamente pode-se adotar o livro [4].

Exercícios recomendados: B.6.1 a B.6.13 e B.6.15.

### **3.10 Métodos de resposta em frequência: aplicação dos diagramas de Nyquist e de Bode e do critério de estabilidade de Nyquist**

Recomenda-se iniciar pela revisão do traçado de diagramas de Bode nas seções 8.1 a 8.3 do livro [2]. As seções específicas para a aplicação de métodos de resposta em frequência são: 8.4, 8.5, 8.7, 8.9 e 8.11. Alternativamente pode-se adotar o livro [4] para o estudo do critério de estabilidade de Nyquist.

Praticamente todos os exercícios do capítulo 8 de [2] são recomendados (B.8.7 a B.8.28). No entanto, o aluno pode escolher dentre esses os que considerar mais significativos para o aprendizado desses tópicos.

### **3.11 Projeto de controladores**

Recomenda-se o estudo das seções 7.1 a 7.5 e 9.1 a 9.5 da referência [2], não sendo necessário enfatizar a realização de compensadores com amplificadores operacionais. Detalhes sobre controladores PID são apresentados nas seções 10.1 a 10.3, que são especialmente recomendadas para aqueles com interesse no controle de processos industriais.

Exercícios recomendados: B.7.1 a B.7.14, B.9.1 a B.9.9.

## **4 Consultas ao Professor**

As consultas ao professor podem ser feitas estritamente às segundas-feiras entre 10:20 e 11:20 horas ou entre 17:05 e 17:30, quando o professor estará em sua sala 5019E. Esse horário está sujeito a alterações ao longo do semestre letivo. Os alunos também podem consultar o professor através dos e-mails: [jpaulo@lee.eng.uerj.br](mailto:jpaulo@lee.eng.uerj.br) e [jpaulo@uerj.br](mailto:jpaulo@uerj.br).