

---

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

Escola de Engenharia

Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

---

---

**PROGRAMA DE DISCIPLINA**

**DISCIPLINA:**

Problemas em Controle: Uma Perspectiva Histórica

**CÓDIGO:**

**ENG007-043**

**DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL:**

Departamento de Engenharia

**UNIDADE:**

Escola de Engenharia

<b>CARGA HORÁRIA:</b>		<b>CRÉDITOS:</b>	<b>PERÍODO:</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO:</b>	<b>PRÉ-REQUISITOS:</b>
Teórica: 30	Prática: 0	2		OP	Engenharia de Controle
Total: 30 horas-aula					

**PRÉ-REQUISITOS DE CONHECIMENTO:**

ELT009 Engenharia de Controle ou  
ELT035 Controle de Sistemas Lineares

**CARGA HORÁRIA ESTIMADA EXTRA-CLASSE:**

2 horas por semana

**EMENTA:**

Realimentação; moinhos e máquinas de vapor enquanto precursores da área de controle automático; análise de dispositivos governadores; estabilidade de sistemas lineares; o amplificador com realimentação negativa; estabilidade de sistemas com realimentação; notação e nomenclatura; a lei de controle proporcional-integral-derivativa.

**OBJETIVOS:**

**Prover ao aluno uma introdução à área de análise e controle de sistemas não-lineares.**

**METODOLOGIA DE ENSINO:**

<input checked="" type="checkbox"/> Aulas Expositivas em Quadro-Negro	<input type="checkbox"/> Trabalho Prático Extra-Classe
<input checked="" type="checkbox"/> Utilização de Transparências ou Slides	<input type="checkbox"/> Estudo Dirigido / Listas de Exercícios
<input type="checkbox"/> Aulas Práticas Demonstrativas	<input type="checkbox"/> Aulas em Salas de Microcomputadores
<input type="checkbox"/> Aulas Práticas de Montagem	<input type="checkbox"/> Outros - Especificar:
<input checked="" type="checkbox"/> Trabalho Teórico Extra-Classe	

**CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO:**

Provas escritas individuais; trabalhos individuais

**PROGRAMA:**

**1. Realimentação**

- 1.1. Dois tipos de realimentação
- 1.2. Primeiras menções de realimentação
- 1.3. Primeiros sistemas: de Tesíbios, de Philon e de Heron
- 1.4. Sistemas realimentados do Séc. XVII e depois

**2. Moinhos e Máquinas a Vapor**

- 2.1. Moinhos
  - 2.1.1 A patente de Edmund Lee
  - 2.1.2 Detecção de velocidade
- 2.2 Regulação de velocidade
- 2.3 Máquinas a vapor
  - 2.3.1 A válvula governadora de Watt
  - 2.3.2 Primeiras tentativas de análise e solução de problemas

**3. Análise de Dispositivos Governadores**

- 3.1. A análise de Airy
  - 3.1.1 O pêndulo centrífugo
  - 3.1.2 O pêndulo centrífugo amortecido e forçado
  - 3.1.3 O complemento de 1851
- 3.2. O artigo *On Governors*
  - 3.2.1 Moderadores e governadores
  - 3.2.2 O dispositivo de Fleeming Jenkin
  - 3.2.3 Os governadores de Thompson e de Foucault
- 3.3 A análise de Wischnegradski

**4. Estabilidade de Sistemas Lineares**

- 4.1. Resultados Preliminares
- 4.2. Resultados no Reino Unido
  - 4.2.1 Edward John Routh
  - 4.2.2 O critério de estabilidade de Routh
- 4.3 Resultados na Europa Continental
  - 4.3.1 Aurel Stodola
  - 4.3.2 Adolf Hurwitz
  - 4.3.3 O critério de estabilidade de Hurwitz

**5. O Amplificador com Realimentação Negativa**

- 5.1. Os problemas-desafio da época
- 5.2. A solução de Black
- 5.3. As características do novo amplificador

**6. Estabilidade de Sistemas com Realimentação**

- 6.1. O critério de estabilidade de Nyquist
  - 6.1.1 O contexto
  - 6.1.2 O procedimento de Nyquist
  - 6.1.3 Harry Nyquist
- 6.2. Desdobramentos do artigo de Nyquist
  - 6.2.1. O critério de Nyquist e o princípio do argumento

**7. Notação e Nomenclatura**

- 7.1. Sinais elementares
- 7.2. Integral de convolução e integral de Duhamel
- 7.3. Funções complexas e transformadas
- 7.4. Alguns termos técnicos antigos
  - 7.4.1 Um exemplo de análise *a la* 1940
- 7.5 Simbologia

**8. A lei de controle Proporcional-Integral-Derivativa (PID)**

- 8.1. O conceito, como conhecemos hoje
- 8.2. Ação proporcional e integral na válvula governadora de Watt
- 8.3. A primeira formalização da lei (Minorsky, 1922)
- 8.4. Sintonia: o método de Ziegler e Nichols (1942)

---

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**Escola de Engenharia**

**Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação**

---

---

**BIBLIOGRAFIA:**

- . Anderson, B. D. O., "Control Engineering from the 17th to the 21st century", *Public Lectures 1991--92 of the Australian Academy of Science*, 1992, 79-110.
- Bennett, S., "A History of Control Engineering 1800-1930", Peter Peregrinus Ltd., 1979, London, UK.
- Bennett, S., "A History of Control Engineering 1930-1955", Peter Peregrinus Ltd., 1983, London, UK.
- Bennet, S., "The search for 'uniform and equable motion': A study of the early methods of control of the steam engine", *Int. J. Control*, **21**(1):113-147, 1975.
- Bennet, S., "The emergence of a discipline: Automatic Control", *Automatica*, **12**:113-121, 1976.
- Bennet, S., "A note on The early development of control theory", *Trans. of the ASME: J. Dynamic Systems, Measurement and Control*, **99**:211-213, 1977.
- Bennet, S., "Norbert Wiener and control of anti-aircraft guns", *IEEE Control Systems Magazine*, 58-62, Dec. 1994.
- Black, H. S., "Stabilized Feed-Back Amplifiers", *Proceedings of the IEEE*, 1999, **87**(2): 379-385.
- Bissell, C. C., "Stodola, Hurwitz and the genesis of the stability criterion", *Int. J. Control*, **50**(6):2313-2332, 1989.
- Bissell, C. C., "Russian and Soviet contributions to the development of control engineering: a celebration of the Lyapunov centenary", *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, **14**(4):170-178, 1992.
- Bushnell, L. G., "Historical and fundamental developments in control systems", *IEEE Control Systems Magazine*, 90-92, June 1995.
- Friedland, B., "Introduction to ``stabilized feed-back amplifiers''", *Proceedings of the IEEE*, **87**(2): 376—378, 1999.
- Fuller, A. T., "The early development of control theory", *Trans. of the ASME: J. Dynamic Systems, Measurement and Control*, **98**:109-118, 1976.
- Fuller, A. T., "The early development of control theory: Part II", *Trans. of the ASME: J. Dynamic Systems, Measurement and Control*, **98**:224-235, 1976.
- Fuller, A. T., "Edward John Routh", *Int. J. Control*, **26**(2):169-173, 1977.
- Maxwell, J. C., "On Governors", *Proceedings of the Royal Society*, **16**(100):1-12, 1868.
- Mayr, O., "The Origins of Feedback Control", MIT Press, 1970, Cambridge, Massachusetts.
- Mayr, O., "Feedback Mechanisms in the Historical Collections of the National Museum of History and Technology," Smithsonian Institution Press, 1971, Washington DC.
- Mindell, D. A., "Anti-aircraft fire control and the development of integrated systems at Sperry, 1925-1940", *IEEE Control Systems Magazine*, 108-113, April 1995.
- Nyquist, H., "Regeneration theory", *Bell System Technical Journal*, **11**:126-147, 1932.
- Oldenbourg, R. C. and Sartorius, H., "The dynamics of automatic controls", The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1948.
- Profos, P., "Professor Stodola's contribution to control theory", *Trans. of the ASME: J. Dynamic Systems, Measurement and Control*, **98**:119-129, 1976.
- Takahashi, R. C. H., Peres, P. L. D., "O paradigma emergente do controle robusto", (a ser publicado).
- Van Valkenburg, M. E., "In Memoriam: Hendrik W. Bode (1905-1982)", *IEEE Trans. Automat. Cont.*, **29**(3):193-194, 1984.

**PROFESSOR RESPONSÁVEL:**

Luis Antonio Aguirre

**DATA DA APROVAÇÃO:**

--	--