

Sumário

- Informações gerais
- Objetivos principais de SCP
- Relação de SCP com outras Ucs
- Planeamento aulas teóricas
- Máquinas Elétricas Rotativas
- Ex: Controlo de motor DC de ímanes permanentes

Informações gerais

Página no sigarra:

https://sigarra.up.pt/feup/pt/ucurr_geral.ficha_uc_view?pv_ocorrencia_id=540539

Página no moodle:

<https://moodle2425.up.pt/course/view.php?id=4256>

Simulador para aulas Práticas Laboratoriais:

PSIM: https://moodle2425.up.pt/pluginfile.php/79147/mod_resource/content/4/PSIM%20simulator%20-%20AltairInfo.pdf

Bibliografia:

<https://moodle2425.up.pt/mod/page/view.php?id=25862>

Paradigma de ensino: 1 hora teórica por semana

Informações gerais (avaliação)

1. Componentes de avaliação:

- Trabalho **prático-laboratorial (PL)**, obrigatório e com avaliação individual, avaliando:
 - As capacidades de projetar e implementar, avaliar e analisar criticamente soluções;
 - Presença e participação ativa nas aulas e trabalhos e apresentação oral do trabalho, para avaliar o empenho no acompanhamento da UC e a capacidade de comunicar em público para uma audiência específica;
 - Processo de desenvolvimento do trabalho de projeto em equipa: organização da equipa; planeamento e controlo do trabalho;
 - Qualidade da documentação e do relatório técnico;
- **Prova Escrita (PE)**, avaliando a capacidade de analisar o funcionamento de sistemas de controlo de potência, bem como a criatividade e rigor na proposta de soluções.

2. Cálculo da classificação final (CF)

As classificações prático-laboratorial (PL) e Prova Escrita (PE) estão limitadas a uma diferença máxima entre si de 5 valores (em 20) condicionado o valor máximo de PL e PE:

Classificação Prático-Laboratorial Efetiva (PLE): **$PLE = \text{minimo}(PL, PE+5)$**

Classificação Prova Escrita Efetiva (PEE): **$PEE = \text{minimo}(PE, PL+5)$**

Classificação Final (CF): **$CF = 0.5 * PLE + 0.5 * PEE$**

As avaliações PL, PLE, PE e PEE, são efetuadas numa escala de zero a vinte valores arredondadas à **decima de unidade**.

A aprovação está condicionada a um mínimo de 35% (**7 em 20**) nas componentes PL e PE.

Classificações finais acima de 18 valores têm de ser defendidas com a realização de uma prova oral.

Objetivos principais de SCP

Em função de uma aplicação que envolva movimento,

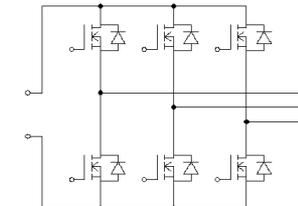
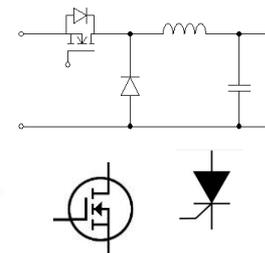


Compreender, Identificar, Selecionar, Projetar, Dimensionar e Implementar a **cadeia de Conversão de Energia** incluindo:

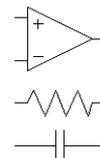
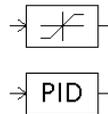
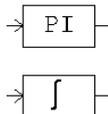
- **Máquinas Eléctricas Rotativas**



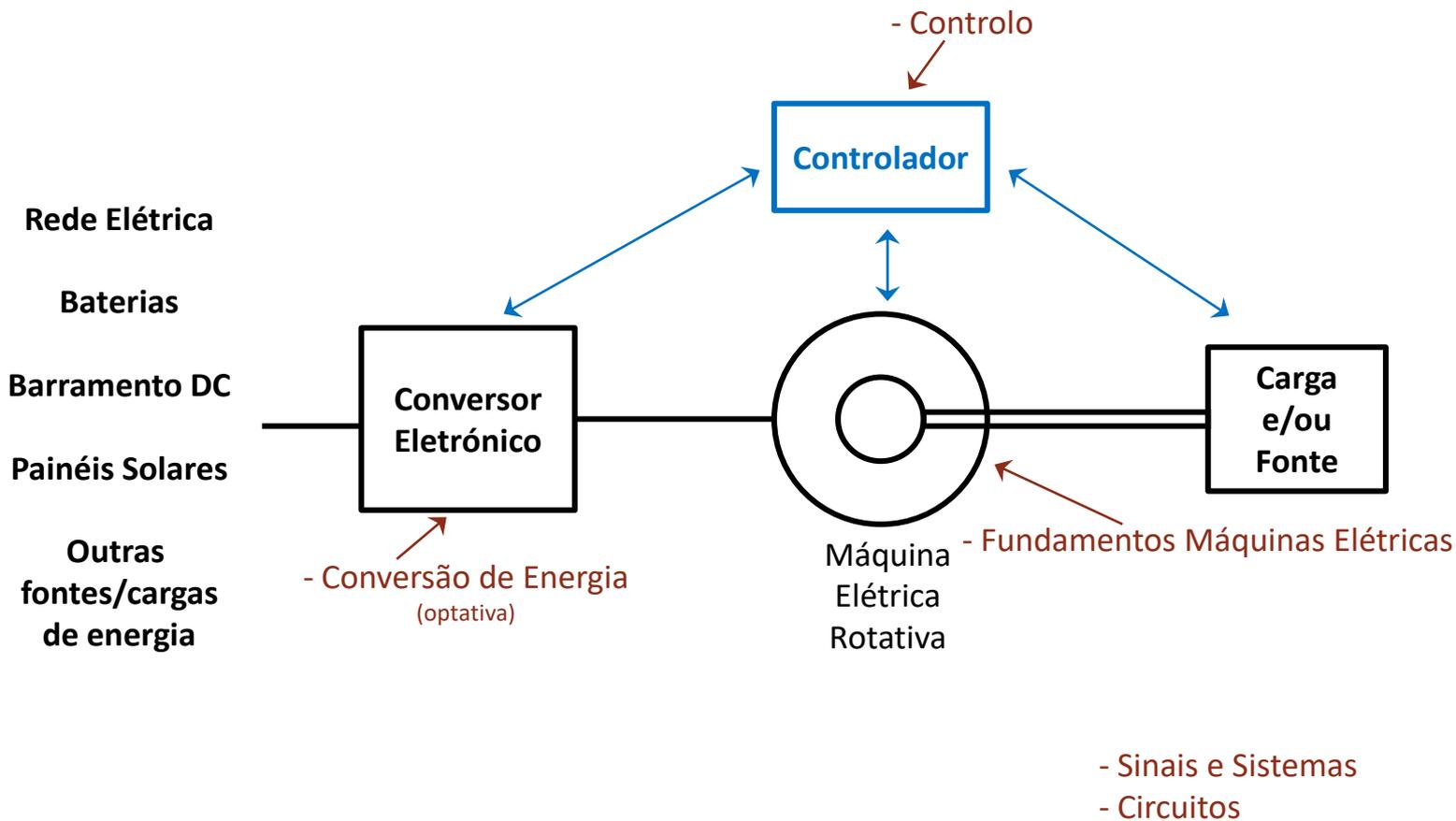
- **Conversores Eletrónicos**



- **Sistema de Controlo**



Relação de SCP com outras UCs



Planeamento aulas teóricas

- 2 - Máquinas AC, geração do campo girante.
Modelo por fase em regime permanente:
Máquina Indução (MI): Modelo escalar com deslizamento na resistência rotórica;
Máquina Síncrona: Modelo fasorial.
- 3 - Máquina de indução: Controlo escalar V/f
Máquina Síncrona: Controlo malha aberta.
- 4 - Transformada dq para sistemas trifásicos.
Controladores PI no referencial dq.
Exemplo de aplicação no controlo de corrente.
- 5 - Controlo vetorial de máquinas de indução.
- 6 - Controlo vetorial de máquinas de indução (continuação)
- 7 - Controlo vetorial de máquinas síncronas de ímanes permanentes.
- 8 - Análise teórica de questões levantadas nos projetos realizados nas aulas TP.
Consolidação dos conteúdos já lecionados.
- 9 - Conversor trifásico de tensão comutado (VSC) para conversão bidirecional dc-ac.
Comando em malha aberta do VSC com PWM seno-triângulo.
- 10 - Comando do VSC com PWM vetorial.
- 11 - Controlo direto de binário (DTC: Direct Torque Control) de máquinas assíncronas.
- 12 - Cadeias de conversão: fontes/consumidores de energia; conversores, barramentos DC, máquinas rotativas.

Componentes de Ocupação

Designação	Tempo (Horas)
Elaboração de projeto	46,00
Estudo autónomo	77,00
Frequência das aulas	39,00
Total:	162,00



Planeamento das PL (previsão)

	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	
1	23-set	24-set T01	25-set	26-set	27-set	PSIM
2	30-set	01-out T02	02-out	03-out	04-out	PSIM
3	07-out	08-out T03	09-out	10-out	11-out	TL1 - 1
4	14-out	15-out T04	16-out	17-out	18-out	TL1 - 2
5	21-out	22-out T05	23-out	24-out	25-out	TL1 - 3
	28-out	29-out	30-out	31-out	01-nov	
6	04-nov	05-nov T06	06-nov	07-nov	08-nov	TL2 - 1
7	11-nov	12-nov T07	13-nov	14-nov	15-nov	TL2 - 2
8	18-nov	19-nov T08	20-nov	21-nov	22-nov	TL2 - 3
9	25-nov	26-nov T09	27-nov	28-nov	29-nov	TL2 - 4
10	02-dez	03-dez T10	04-dez	05-dez	06-dez	TL2 - 5
11	09-dez	10-dez T11	11-dez	12-dez	13-dez	TL2 - 6
12	16-dez	17-dez T12	18-dez	19-dez	20-dez	TL2 - 7

Entrega do 1º relatório até ao final do dia da respetiva aula PL
 3 valores

Apresentação do trabalho
 2 valores

Entrega do 2º relatório até ao final do dia da respetiva aula PL
 5 valores

Máquinas Eléctricas Rotativas [3]



	IM	PMSM	SynRM	DC	BLDC	SRM	Stepper
Efficiency base-speed	+	++	+	--	+	-	-
Efficiency field-weakening	++	+	o	o	--	+	--
High-speed capability	++	+	-	o	+	++	--
Torque density	o	++	+	o	++	-	+
Power density	o	++	+	-	++	++	-
Control effort	+	-	o	++	+	--	++
Maintenance demand	+	+	+	-	+	+	+
Power factor	+	++	o	+	++	--	+
Cost	o	-	+	-	-	++	o
Rotor inertia	-	o	+	-	-	+	o
Noise	++	++	+	+	-	--	--
Torque ripple	++	++	+	++	+	--	-

IM - Induction machine

PMSM - Permanent magnet synchronous machine

SynRM - Synchronous reluctance machine

DC - DC Machine

BLDC - Brushless DC machine

SRM - Switched reluctance motor

Stepper - Stepper motor

Universal Motor

<https://eltra-trade.com/blog/what-is-universal-motor>
<https://www.youtube.com/watch?v=0PDRJKz-mqE>

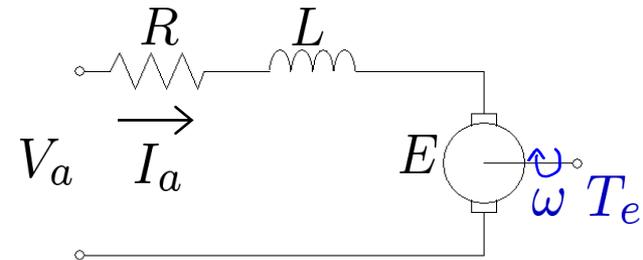
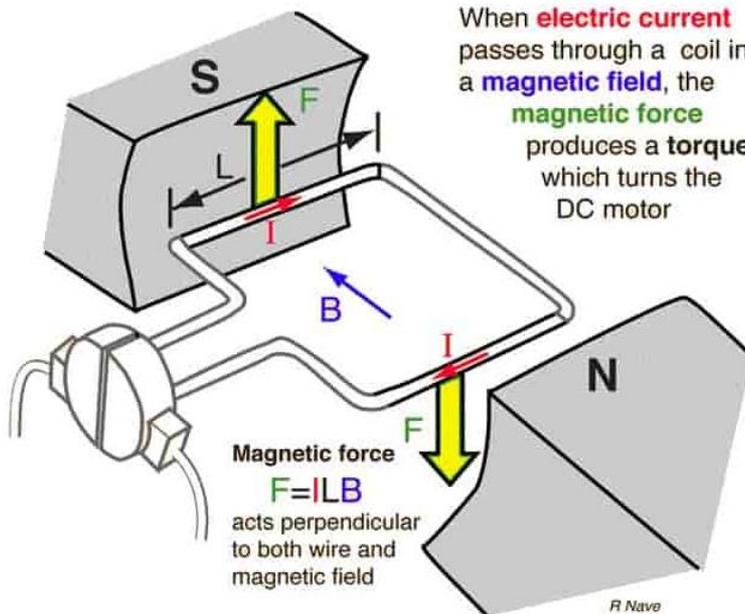
Ex: Controlo de motor DC de ímanes permanentes

Modelo da máquina

<https://www.magneticinnovations.com/faq/dc-motor-how-it-works/>

https://en.wikipedia.org/wiki/DC_motor

<https://www.youtube.com/watch?v=CWuIQ1ZSE3c>



$$E = k_E \omega$$

$$T_e = k_T I_a$$

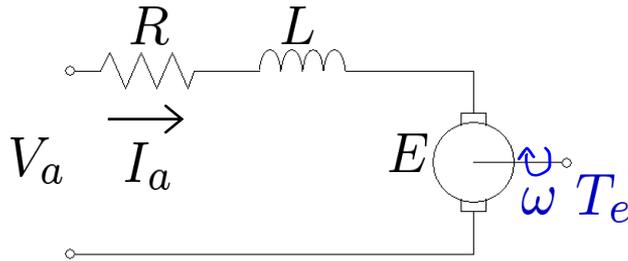
$$V_a = R I_a + L \frac{d}{dt} I_a + E$$

$$T_e = T_L + J \frac{d}{dt} \omega$$

Ex: ventilador

$$T_L = B_L \omega + k_{2L} \omega^2 + k_{3L} \omega^3 + J_L \frac{d}{dt} \omega$$

Ex: Controlo de motor DC de ímanes permanentes



Em regime permanente:

$$\omega = C^{te}$$

$$I_a = C^{te}$$

$$V_a = C^{te}$$

$$\omega = \frac{V_a - RI_a}{K_E}$$

$$E = k_E \omega$$

$$T_e = k_T I_a$$

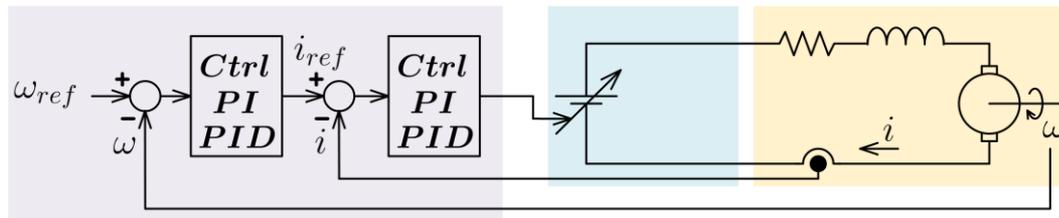
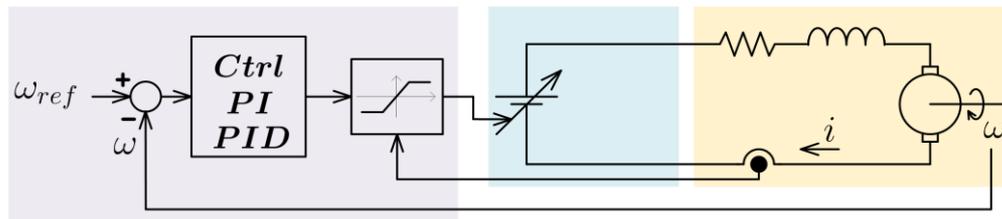
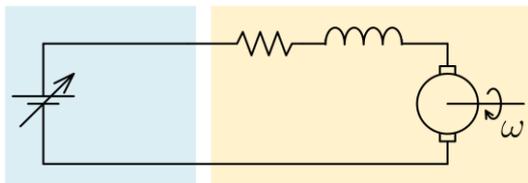
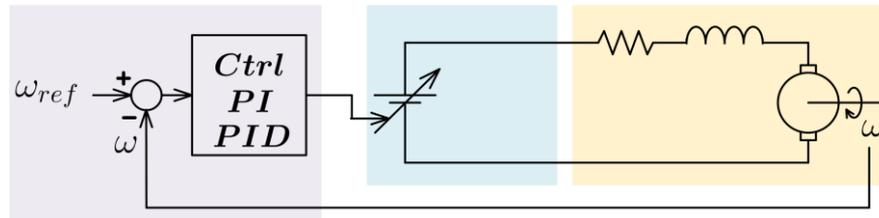
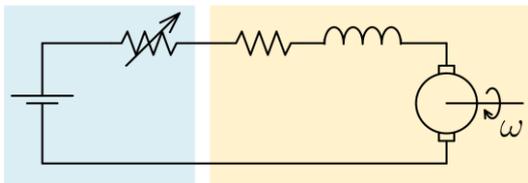
$$V_a = RI_a + L \frac{d}{dt} I_a + E_a$$

$$T_e = T_L + J \frac{d}{dt} \omega$$

Ex: ventilador

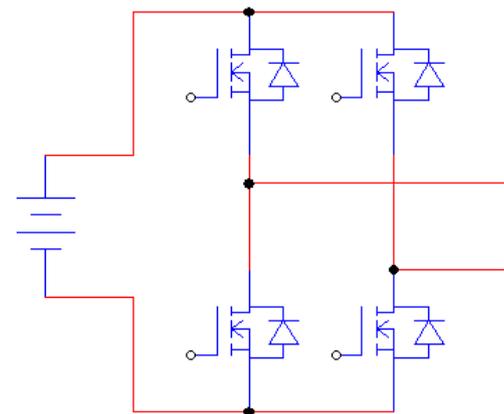
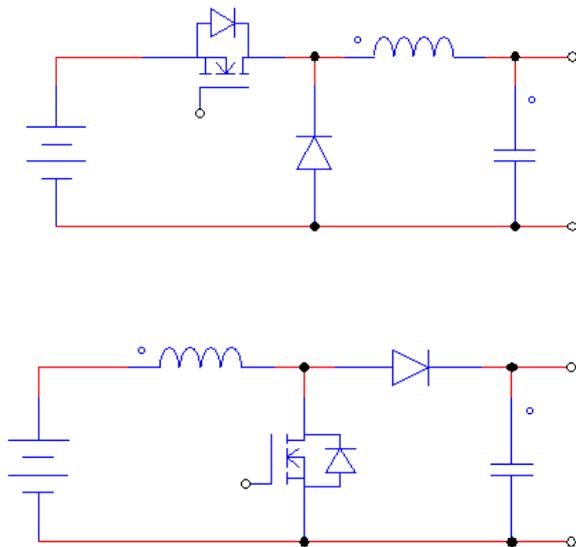
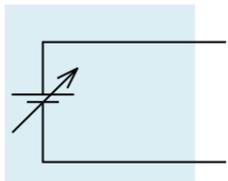
$$T_L = B_L \omega + k_{2L} \omega^2 + k_{3L} \omega^3 + J_L \frac{d}{dt} \omega$$

Ex: Controlo de motor DC de ímanes permanentes



Todos os sinais são constantes em regime permanente:
 Controladores muito simples de dimensionar e implementar

Ex: Controlo de motor DC de ímanes permanentes



References / Bibliography

- [1] Power Electronics and Motor Drives; Bogdan M. Wilamowski and J. David Irwin; CRC Press, 2011
- [2] Power Electronics And Motor Drives Advances and Trends - Bimal K. Bose – Elsevier, 2006
- [3] Motor handbook, Infineon Technologies & ISEA, 2019