



kroton
paixão por educar

GRADUAÇÃO PRESENCIAL
1º semestre- 2019

Eletrotécnica Geral
Eng^a Mecânica
5º semestre

Prof. Ms. Cristiano Malheiro

cmalheiro@anhanguera.com

<http://cristiano7m.wix.com/aulas>
<http://avaeduc.com.br>

1



Aula 3

Critérios de Avaliação (Avaliação Continuada): para o 1º semestre de 2019!!!

1. Avaliações:

Prova 1 – **1000 pontos**- 1º bimestre:

- Avaliação prevista para **16 ou 23/04/2019**).

Atividades do Professor 1º Bim.- **1000 pontos**

Prova 2 – **4000 pontos** – 2º bimestre:

- Avaliação confirmada para **11/06/2019**).

Atividades do Professor 2º Bim.- **1500 pontos**

Avaliação de 2ª chamada (Substitui a avaliação que perdeu):

- **Prova 1 + Prova 2** (Avaliação prevista para **18/06/2019**).

Média para aprovação ≥ 6000 pontos*

(*mínimo de **2500** nas avaliações)

2

2



Aula 3

Crêterios de Avalia o (Avalia o Continuada): para o 1  semestre de 2019!!!

1. Avalia es:

Exame Final (vale até 5000 pontos)

- Avalia o prevista para **25/06/2019**).

Para ser aprovado: $M = (\text{Nota do Exame} + \text{Média de pontos anterior}) \geq 6000^*$ pontos

Detalhamentos a seguir. Total 12000 pontos e 10000 pontos serão convertidos para uma nota de 0 a 10 pontos. Inclui:

- ED e Nivelamento;
- AVA;
- Atividades do Professor;
- Provas.

3



3



Aula 3

O modelo será dividido em 5 partes com somatória máxima em 14.000 pontos, com cada 1000 pontos sendo convertido para nota 1 na m dia e com nota máxima igual 10



COMO FUNCIONA?

Disciplinas	Tipo ¹⁾	Pontua�o Restrita da Disciplina			Pontua�o Transversal		TOTAL
		1 Av. Oficial	2 Av. Sala de Aula	3 At. Virtual	4 ED Matriz	5 Nivelamento	
Disciplina A	Normal AMI	5000	2500	1000	3500		12000

4



4



Aula 3

MAIO / 2019							JUNHO / 2019						
D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
			1 ^ª	2	3	4							1
5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8
12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15
19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20 ^ª	21	22
26	27	28	29	30	31		23	24	25	26 ^ª	27	28	29

MAIO	JUNHO
01 – Dia do Trabalho	01 a 07 – Avaliação Oficial do 2º Bim. (Interativa)
03 – Prazo limite para lançamento das notas do 1º bimestre	10 a 14 – Avaliação Oficial do 2º Bim.
06 – Avaliação de Proficiência (Ciências Sociais Aplicadas)*	17 – Prazo limite para lançamento das notas do 2º bimestre
07 – Avaliação de Proficiência (Ciências Exatas, Licenciaturas e Saúde)*	17 – 2ª Chamada Avaliação de Proficiência
* Aplicada apenas para cursos definidos em regulamento	18 e 19 – Avaliação de 2ª chamada (Interativa)
	20 – Corpus Christi
	24 e 25 – Avaliação de 2ª chamada
	26 – Lançamento das notas de Provas
	26 – Término do Período Letivo
	27 e 28 – Exame Final
	29 – Lançamento das notas de Exame Final
	29 – Fechamento do Semestre

5



Aula 3

Livro Didático



6

6



Aula 3

Conteúdo Programático

Unidade 1 Circuitos de corrente contínua	7
Seção 1.1 - Elementos de circuitos	8
Seção 1.2 - Circuitos resistivos simples	21
Seção 1.3 - Circuitos de primeira e segunda ordem	34
Unidade 2 Circuitos de corrente alternada	51
Seção 2.1 - Excitação senoidal e fasores	53
Seção 2.2 - Potência em regime permanente	69
Seção 2.3 - Circuitos trifásicos	82
Unidade 3 Transformadores, motores e geradores	101
Seção 3.1 - Transformadores	103
Seção 3.2 - Máquinas de corrente alternada	121
Seção 3.3 - Máquinas de corrente contínua	138
Unidade 4 Instalações para motores	155
Seção 4.1 - Motores elétricos	157
Seção 4.2 - Projeto de instalação para motores	173
Seção 4.3 - Proteção	190

7



7



Aula 3

Conteúdo Programático

- **Unidade 1: Circuitos em corrente contínua;**

Seção 1.2 – Circuitos Resistivos Simples

8



8



Aula 3

Introdução:

A análise de circuito utilizando as leis de Kirchhoff não exige alterações na topologia do sistema, de forma que são muito úteis. Porém, se o circuito é complexo, os cálculos tornam-se trabalhosos, sendo um limitante importante na execução de projetos. Os avanços tecnológicos trouxeram justamente essa complexidade para o mundo dos projetistas de circuito elétrico. Neste caso, alterações na topologia do sistema permitem resolver essa complexidade de forma bem mais simples do que por meio das leis de Kirchhoff. Nesta seção, vamos estudar os circuitos resistivos simples, porém, com topologias um pouco mais complexas do que as usuais, em que as leis de Kirchhoff não são diretamente aplicadas. Um exemplo desse tipo de circuito mais complexo é a ponte de Wheatstone, que é muito utilizada para medir resistência desconhecida.

9

9

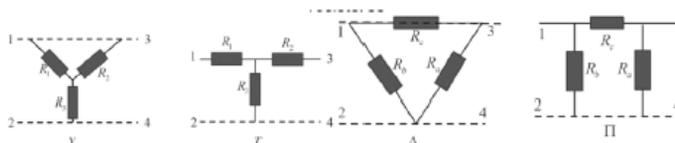


Aula 3

Equivalência estrela triângulo

Uma solução para a situação em que os resistores não estão nem em série nem em paralelo é utilizar as topologias Estrela (Y) ou Tê (T) e/ou Delta (Δ) ou PI (π), representadas pela Figura 1.5 a seguir. Os números 1, 2, 3 e 4 representam os terminais do circuito.

Figura 1.5 | Representação topológica estrela ou T e delta ou Pi, para disposições dos resistores



Fonte: elaborada pelo autor.

10

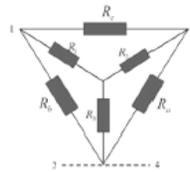
10



Aula 3

Essas topologias são equivalentes de forma que sempre é possível, a partir de uma configuração, definir a outra configuração. Essas configurações são muito utilizadas em redes trifásicas, filtros elétricos e circuitos adaptadores. A conversão de uma topologia para outra é feita basicamente, superpondo uma topologia sobre a outra, como mostra a Figura 1.6:

Figura 1.6 | Representação esquemática da sobreposição das topologias triângulo e delta



Fonte: elaborada pelo autor.

11

kroton
passão por educar

11



Aula 3

Os resistores (R_a, R_b, R_c) representam a topologia delta e os resistores R_1, R_2, R_3 representam a topologia estrela. A conversão de delta para estrela é realizada por meio da seguinte regra: cada resistor da topologia estrela é resultado do produto dos resistores, nos ramos adjacentes da topologia delta, divididos pela soma dos três resistores também da topologia delta. Por exemplo, vamos obter a expressão matemática para o resistor R_1 , considerando que conhecemos os resistores (R_a, R_b, R_c) da topologia delta. Aplicando a regra, observamos que os resistores adjacentes ao resistor R_1 são os resistores R_a e R_b , e a soma dos resistores é simplesmente a soma algébrica dos três resistores (R_a, R_b, R_c) . A equação para esse resistor é $R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$. Seguindo essa regra, é possível obter as

12

kroton
passão por educar

12



Aula 3

resistor é $R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$. Seguindo essa regra, é possível obter as demais expressões para os resistores R_2 e R_3 . A conversão de estrela para delta é realizada por meio da seguinte regra: cada resistor da topologia delta é resultado da soma de todos os produtos possíveis da topologia estrela, tomados dois a dois, dividido pelo resistor oposto na topologia estrela. Por exemplo, vamos obter a expressão matemática para o resistor R_a , considerando que conhecemos os resistores (R_1, R_2, R_3) da topologia estrela. Aplicando a regra, observamos que existem três produtos tomados dois a dois e o resistor oposto ao R_a é o R_2 . Assim, $R_a = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_2}$. Seguindo essa regra, é possível obter as demais expressões para os resistores R_b e R_c (SADIKU; ALEXSANDER, 2009; DORF; SVOBODA, 2014).

13

13



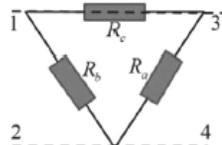
Aula 3



Exemplificando

Considere a Figura 1.7, que é uma representação esquemática circuito delta. Obtenha a topologia estrela equivalente em função dos resistores da topologia delta. Considere que $R_a = 15 \Omega$, $R_b = 10 \Omega$ e $R_c = 25 \Omega$.

Figura 1.7 | Representação esquemática da topologia delta



Fonte: elaborada pelo autor.

14

14



Aula 3

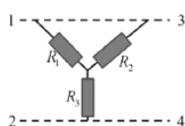
$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} = \frac{10 \times 25}{50} = \frac{250}{50} = 5,0 \Omega;$$

$$R_2 = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c} = \frac{15 \times 25}{50} = 7,5 \Omega$$

$$R_3 = \frac{R_b R_a}{R_a + R_b + R_c} = \frac{10 \times 15}{50} = 3,0 \Omega$$

Portanto, a topologia estrela equivalente é mostrada na Figura 1.8, com os seguintes valores para os resistores: $R_1 = 5,0 \Omega$, $R_2 = 7,5 \Omega$ e $R_3 = 3,0 \Omega$.

Figura 1.8 | Representação esquemática da topologia estrela



Fonte: elaborada pelo autor.

15

kroton
país por educar

15



Aula 3

Sem medo de errar

Durante nossos estudos, vimos que, nos circuitos em que os resistores estão em série ou em paralelo, o uso das leis de Kirchhoff são suficientes. Porém, o circuito a ser considerado tem uma particularidade, pois existe resistor que não está nem em série nem em paralelo. Nesse caso, Jeremias, devemos utilizar a equivalência triângulo estrela equivalente para encontrar a resistência equivalente desse circuito. Basicamente, o que devemos fazer é considerar os resistores R_a , R_b e R_c , da Figura 1.15, como um equivalente triângulo.

16

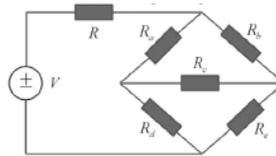
kroton
país por educar

16



Aula 3

Figura 1.15 | Representação esquemática da ponte de Wheatstone com um resistor no lugar do galvanômetro



Fonte: elaborada pelo autor.

Utilizando o princípio da superposição, devemos construir o circuito estrela equivalente. A Figura 1.16 representa a mudança do delta para o equivalente. Aplicando as condições,

$$R_1 = (R_a R_c) / (R_a + R_b + R_c), \quad R_2 = (R_b R_c) / (R_a + R_b + R_c) \quad e \\ R_3 = (R_a R_a) / (R_a + R_b + R_c)$$

Figura 1.16 | Representação esquemática da conversão delta estrela

17

kroton
passão por educar

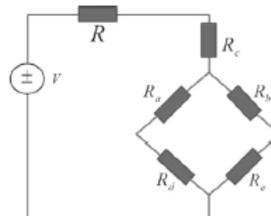
17



Aula 3

A nova topologia é:

Figura 1.17 | Representação esquemática da conversão delta estrela



Fonte: elaborada pelo autor.

18

kroton
passão por educar

18



Aula 3

Com essa alteração, os resistores R_a e R_d , assim como R_b e R_e , estão em série entre si. O resistor equivalente desses resistores está em série com os resistores R_c e R , portanto, a lei de Kirchhoff é completamente aplicável. Assim, "eliminamos" o resistor R_4 do circuito. Por meio dessa alteração, o circuito passa a ter uma topologia série/paralelo convencional. Dessa forma, poderemos substituir a ponte de Wheatstone modificada por um resistor equivalente. Trocamos, então, um circuito com seis resistores e uma fonte de tensão por um circuito com um resistor e uma fonte de tensão.

19



19



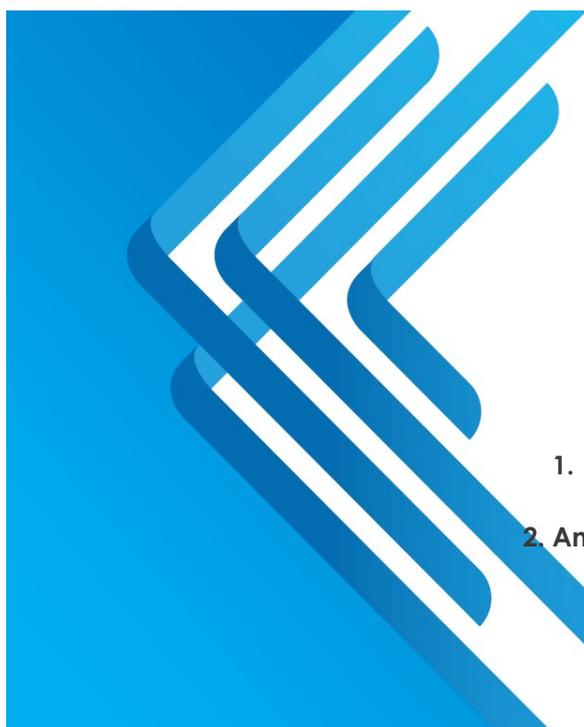
Aula 3

Exercícios

20



20



kroton 
paixão por educar

Bibliografia desta aula:

1. Blog do professor Cristiano Malheiro
2. Ambiente AVAEDUC- Gestão Ambiental

21

21



22

22