



kroton
paixão por educar

GRADUAÇÃO PRESENCIAL
1º semestre- 2019

Eletrotécnica Geral
Eng^a Mecânica
5º semestre

Prof^o. Ms. Cristiano Malheiro

cmalheiro@anhanguera.com

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

1



Aula 4

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 4

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 4

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 4

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 4

Livro Didático



6

6



Aula 4

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 4

Conteúdo Programático

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

Seção 1.3 – Circuitos de 1ª e 2ª ordem

- Leis de Kirchoff das Tensões e Leis de Kirchoff das Correntes- Revisão;
- Capacitor;
- Indutor.

8



8



Aula 4

Leis de Kirchoff

10.1- DEFINIÇÃO DE NÓ, RAMO E MALHA

Quando em um circuito elétrico existe mais do que uma fonte de tensão e mais do que um resistor, geralmente são necessárias outras leis, além da lei de Ohm, para sua resolução.

Estas leis adicionais são as leis de Kirchoff, as quais propiciam uma maneira geral e sistemática de análise de circuitos. Elas são duas, a saber:

- Primeira lei de Kirchoff ou lei das Correntes
- Segunda lei de Kirchoff ou lei das Tensões

Para o uso destas leis são necessárias algumas definições:

Nó: é um ponto do circuito onde se conectam no mínimo três elementos.

Ramo ou braço: é um trecho de um circuito compreendido entre dois nós consecutivos.

Malha: é um trecho de circuito que forma uma trajetória eletricamente fechada.

9

9



Aula 4

Leis de Kirchoff

Na figura 10.1, por exemplo, identifica-se:

- dois nós: B e F
- três ramos: $BAEF$, BDF e $BCGF$
- três malhas: $ABDFEA$, $BCGFDB$ e $ABCGFEA$

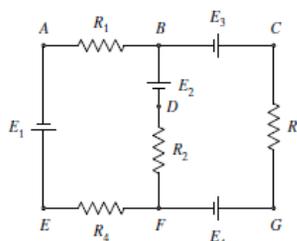


Figura 10.1 - Circuito elétrico com dois nós.

10

10



Aula 4

Leis de Kirchoff

10.2 - PRIMEIRA LEI DE KIRCHHOFF

Uma boa introdução à Primeira Lei de Kirchoff já foi vista no circuito paralelo. Num dado nó entrava a corrente total do circuito e do mesmo nó partiam as correntes parciais para cada resistor. Como no nó não há possibilidade de armazenamento de cargas ou vazamento das mesmas, tem-se que a quantidade de cargas que chegam ao nó é exatamente igual à quantidade de cargas que saem do nó.

Desta constatação surge o enunciado da primeira lei de Kirchoff:

"A soma algébrica das correntes em um nó é sempre igual a zero."

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

(10.1)

Por convenção, consideram-se as correntes que entram em um nó como positivas e as que saem como negativas. Desta forma, a lei das correntes de Kirchoff pode ser interpretada da seguinte forma:

11

11



Aula 4

Leis de Kirchoff

"A soma das correntes que chegam em um nó é sempre igual à soma das correntes que saem deste nó."

$$\sum_{i=1}^n I_{\text{chegam}} = \sum_{j=1}^m I_{\text{saem}}$$

(10.2)

Por exemplo, no circuito mostrado na fig. 10.2, ao se aplicar a lei das correntes de Kirchoff aos nós B e F, obtém-se:

$$\text{Nó B: } I_1 + I_2 = I_3$$

$$\text{Nó F: } I_3 = I_1 + I_2$$

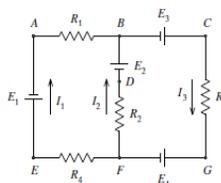


Figura 10.2 Circuito para a aplicação da lei das correntes de Kirchoff.

12

12



Aula 4

Leis de Kirchoff

Observa-se que as equações dos nós B e F são na realidade as mesmas, ou seja, a aplicação da lei das correntes de Kirchoff ao nó F não aumenta a informação sobre o circuito. Assim, o número de equações independentes que se pode obter com a aplicação da lei das correntes de Kirchoff em um circuito elétrico é igual ao número de nós menos um.

$$N_{e1} = n - 1 \quad (10.3)$$

Onde:

N_{e1} = número de equações independentes obtidas com a aplicação da lei das correntes;
 n = número de nós do circuito.

13



13



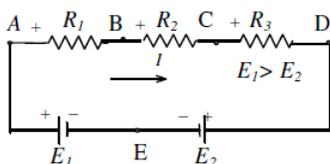
Aula 4

Leis de Kirchoff

10.3 - SEGUNDA LEI DE KIRCHHOFF

A lei de Kirchoff das tensões é aplicada nas malhas. Ela já foi usada no estudo dos circuitos de resistores em série, onde a soma das quedas de tensão nos resistores é igual à f.e.m. da fonte.

Se no circuito existe mais de uma fonte de f.e.m. deve-se determinar a resultante das mesmas, ou seja, somá-las considerando os seus sentidos relativos.



$$\begin{aligned} E_t &= V_{AB} + V_{BC} + V_{CD}; \\ E_1 - E_2 &= I.R_1 + I.R_2 + I.R_3; \\ +E_2 - E_1 + I.R_1 + I.R_2 + I.R_3 &= 0; \end{aligned}$$

Figura 10.3 - Circuito série para a aplicação da lei das tensões de Kirchoff.

14



14



Aula 4

Leis de Kirchoff

Entenda-se que, na fonte de f.e.m., uma forma de energia não-elétrica é convertida para elétrica cedendo energia para as cargas, ou seja, colocando as cargas em um potencial mais elevado. Nas quedas de tensão as cargas se dirigem para um potencial mais baixo havendo o consumo da energia das cargas convertendo-a para uma forma de energia não-elétrica, por exemplo, calor, luz etc. Assim, ao percorrer uma malha fechada, percebe-se que toda a energia entregue às cargas num trecho do circuito elétrico é dissipada num outro trecho.

A tensão, por definição, está associada à energia cedida às cargas ou retirada das mesmas durante o seu movimento. Daí é obtido o enunciado da Segunda Lei de Kirchoff:

"A soma algébrica das tensões (f.e.m.s e quedas de tensão) ao longo de uma malha elétrica é igual a zero."

$$\sum_{i=1}^n V_i = 0$$

(10.4)

15



15



Aula 4

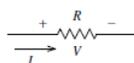
Leis de Kirchoff

Para a aplicação da lei das tensões de Kirchoff, faz-se necessário adotar alguns procedimentos que são descritos a seguir:

1. Atribuir sentidos arbitrários para as correntes em todos os ramos;
2. Polarizar as fontes de f.e.m. com positivo sempre na placa maior da fonte;



3. Polarizar as quedas de tensão nos resistores usando a convenção de elemento passivo e sentido convencional de corrente elétrica. Isto equivale a colocar a polaridade positiva da queda de tensão no resistor no terminal por onde a corrente entra no mesmo;



4. Montar a equação percorrendo a malha e somando algebricamente as tensões. O sinal da tensão corresponde ao sinal da polaridade pela qual se ingressa no componente, independentemente do sentido da corrente elétrica.

16



16



Aula 4

Leis de Kirchoff

De acordo com o circuito apresentado na fig. 10.3, ao se aplicar a lei das tensões de Kirchoff às malhas $ABDFEA$ e $BCGFDB$, no sentido horário, obtém-se:

$$\text{Malha } ABDFEA: R_1 I_1 + E_2 - R_2 I_2 + R_4 I_1 + E_1 = 0$$

$$\text{Malha } BCGFDB: -E_3 + R_3 I_3 + E_4 + R_2 I_2 - E_2 = 0$$

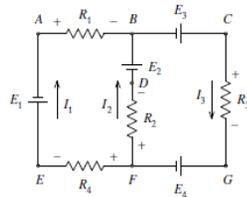


Fig. 10.3 - Circuito para a aplicação da lei das tensões de Kirchoff.

17



17



Aula 4

Leis de Kirchoff

Exemplo resolvido 10.1: Calcule o sentido e o módulo da corrente elétrica no circuito da fig. 10.4.

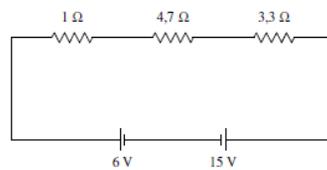


Fig. 10.4 - Circuito elétrico para o Exemplo 10.1.

Resolução:

18



18



Aula 4

Leis de Kirchoff

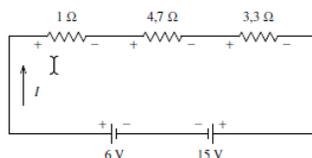


Figura 10.5 Esquema de solução para o Exemplo 10.4.

$$1I + 4,7I + 3,3I + 15 - 6 = 0 \qquad 9I = -9 \qquad I = -1 \text{ A}$$

O sinal negativo que aparece para o valor da corrente I significa que o sentido escolhido para ela está invertido. Neste exemplo, o sentido correto da corrente elétrica I é para baixo na fig. 10.5 e não para cima como foi arbitrado no início da resolução.

19



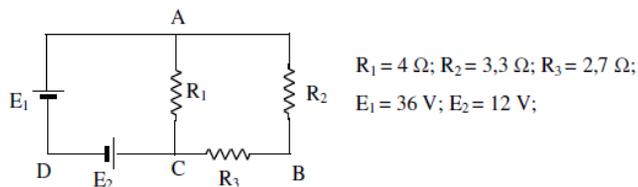
19



Aula 4

Leis de Kirchoff

Exemplo resolvido 10.2: Calcule os valores da I_1 , I_2 e I_3 a partir dos valores das f.e.m.s e das resistências elétricas usando obrigatoriamente as leis de Kirchoff.



$$R_1 = 4 \Omega; R_2 = 3,3 \Omega; R_3 = 2,7 \Omega; \\ E_1 = 36 \text{ V}; E_2 = 12 \text{ V};$$

Fig.10.6 - Circuito elétrico para o Exemplo 10.2.

Solução:

20



20



Aula 4

Leis de Kirchoff

- a) O circuito possui 2 nós, 3 ramos e 3 malhas.
 b) Os sentidos de corrente e polaridades foram arbitrados conforme fig.10.7.

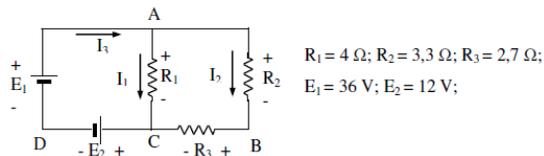


Fig.10.7 - Circuito elétrico para o Exemplo 10.2 com sentidos de corrente e polarizações.

- c) Aplicando-se a lei das correntes de Kirchoff tem-se apenas uma equação obtida em relação aos nós, pois $(N_{el} = n - 1)$
 $I_3 = I_1 + I_2;$
- d) Aplicando-se a lei das tensões de Kirchoff, tem-se duas equações obtidas pelas malhas, pois $[N_{E2} = (r - n + 1) = 3 - 2 + 1 = 2]$
 1ª) Malha ACDA: Começando pelo nó A, percorrendo a malha no sentido horário e chegando novamente ao nó A tem-se: $+ I_1 \cdot R_1 + E_2 - E_1 = 0$
 2ª) Malha ABCA: Começando pelo nó A, percorrendo a malha no sentido horário e chegando novamente ao nó A tem-se: $+ I_2 \cdot R_2 + I_2 \cdot R_3 - I_1 \cdot R_1 = 0$

21

kroton
país por educar

21



Aula 4

Leis de Kirchoff

- e) Substituindo os valores numéricos disponíveis tem-se:
 $I_3 = I_1 + I_2;$
 $+ I_1 \cdot 4\Omega + 12 \text{ V} - 36 \text{ V} = 0$
 $+ I_2 \cdot 3,3 \Omega + I_2 \cdot 2,7 \Omega - I_1 \cdot 4\Omega = 0$
- f) Colocando em forma de sistema de equações tem-se:
 (1): $I_1 + I_2 - I_3 = 0;$
 (2): $I_1 \cdot 4 = 24;$
 (3): $- I_1 \cdot 4 + I_2 \cdot 6 = 0;$
- g) Usando um método de resolução de sistema de equação chega-se na resposta. Nesse caso foi usado o método da substituição.
 De (2) obtém-se: $I_1 = 24\text{V}/4\Omega$ (4) $I_1 = 6 \text{ A};$
 Substituindo I_1 em (3) chega-se a $- 24 + I_2 \cdot 6 = 0; I_2 = 24/6$ e (5) $I_2 = 4 \text{ A};$
 Substituindo (4) e (5) em (1) chega-se a $6 + 4 - I_3 = 0; I_3 = 10 \text{ A}$

Com os resultados foram todos positivos significa que os sentidos de corrente arbitrados estavam corretos. Estes mesmos resultados poderiam ser obtidos, neste caso mais simples, usando a teoria dos circuitos em paralelo.

22

kroton
país por educar

22



Aula 4

Leis de Kirchoff

Exemplo resolvido 10.3: Calcule os valores da E_2 e da resistência elétrica do resistor R_2 no circuito da figura 10.8. Sabe-se que as correntes que percorrem R_1 e R_2 valem, respectivamente, $I_1 = 8 \text{ A}$ e $I_2 = 5 \text{ A}$.

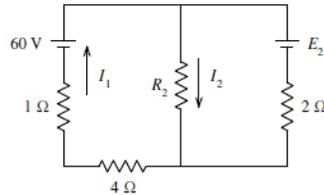


Figura 10.8 - Circuito elétrico para o Exemplo 10.3.

23



23



Aula 4

Leis de Kirchoff

1ª) Malha ACDEA:

$$R_2 I_2 + 4 I_1 + 1 I_1 - 60 = 0, \text{ como } I_1 = 8 \text{ A e } I_2 = 5 \text{ A, tem-se:}$$

$$5 R_2 + 4 \times 8 + 1 \times 8 - 60 = 0 \quad 5 R_2 = 20 \quad R_2 = 4 \Omega$$

2ª) Malha ABCA:

$$E_2 + 2 I_3 - R_2 I_2 = 0 \quad E_2 + 2 \times 3 - 4 \times 5 = 0 \quad E_2 = 14 \text{ V}$$

24



24



Aula 4

Exercícios

Questões propostas:

10.1- Determine os valores das correntes desconhecidas no circuito da figura 10.13.

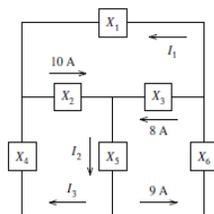


Figura 10.13

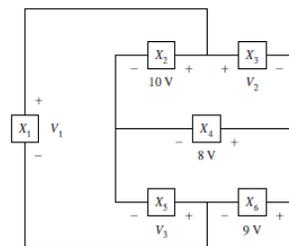


Figura 10.14

R^{la}: $I_1=1A$; $I_2=18A$; $I_3=9A$.

25

kroton
passão por educar

25



Aula 4

Exercícios

10.2- Determine os valores das tensões desconhecidas no circuito da figura 10.14.

R^{la}: $V_1=11V$; $V_2=2V$; $V_3=-1V$.

10.3 - Calcule o valor da corrente I no circuito da figura 10.15.

R^{la}: $I = 0,3A$.

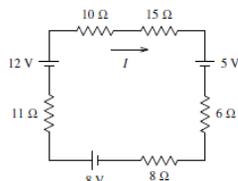


Figura 10.15

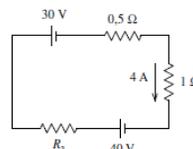


Figura 10.16

10.4- Calcule o valor da resistência do resistor R_3 no circuito da fig. 10.16.

R^{la}: $R_3=1\Omega$.

26

kroton
passão por educar

26



kroton 
paixão por educar

Bibliografia desta aula:

1. Disponível em:
www2.pelotas.ifsul.edu.br/~rodrigouza/lib/exe/fetch.php%3Fid%3Dcfeef%26cache%3Dcache%26media%3Dlk.pdf+%&cd=25&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br
2. Acesso em 09 mar.

27

27



28

28