

# Universidade Federal de Uberlândia

Aluno: Henrique Santos de Lima - 11811ETE016

Professor: Wellington Maycon Santos Bernardes

Novembro

2019

Universidade Federal de Uberlândia

## **Relatório de Experimental de Circuitos Elétricos**

### **2**

VERIFICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE FASES DAS TENSÕES

Aluno: Henrique Santos de Lima - 11811ETE016

Professor : Wellington Maycon Santos Bernardes

Novembro

2019

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Introdução</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Preparação</b>	<b>5</b>
3.1	Materiais e ferramentas . . . . .	5
3.2	Montagem . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Análise sobre segurança</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Análise</b>	<b>7</b>
5.1	Dados . . . . .	7
5.2	Questões . . . . .	11
<b>6</b>	<b>Simulação</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>Conclusão</b>	<b>13</b>

# 1 Objetivos

Encontrar a sequência de fase correta utilizando o método do voltímetro.

## 2 Introdução

Diz-se que a sequência de fase é ABC quando a defasagem de tensão da fase B em relação a fase A seja de  $120^\circ$  e a defasagem da fase c em relação a B seja de  $120^\circ$  Tendo os fasores na forma da figura abaixo.

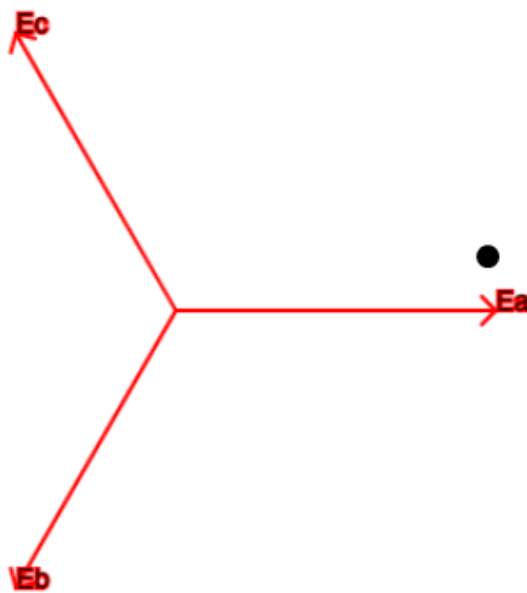


Figura 1: Fasores em sequencia ABC

Ao girar no sentido ante-Horário a sequencia de giro fica ABC. O mesmo não acontece para sequencia CBA.

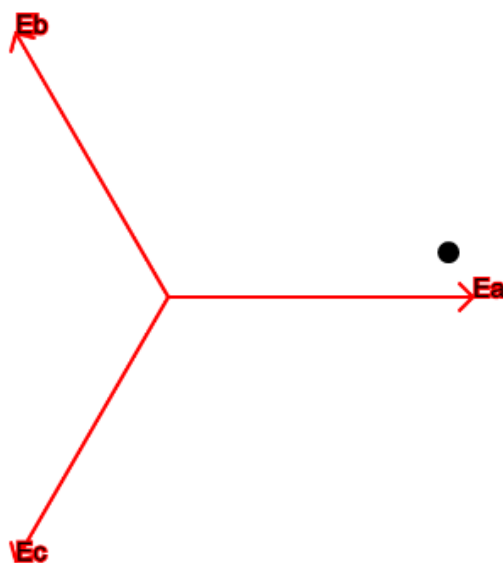


Figura 2: Fasores em sequência CBA

Graficamente:

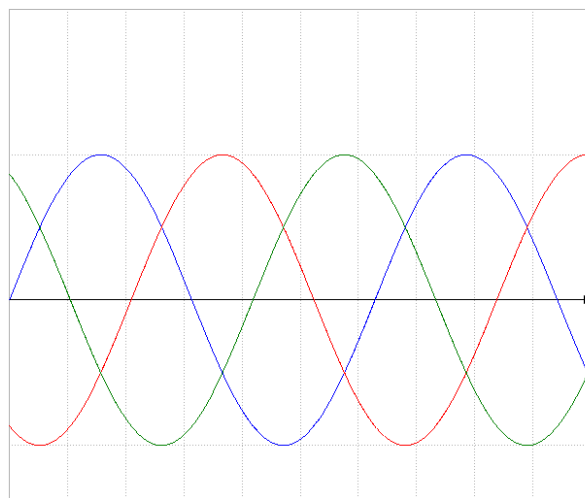


Figura 3: Gráfico de saída de um sistema trifásico

Considerando a Fase A a curva em azul, se a curva em verde for a Fase C então a sequência é ABC já que a fase C está  $120^\circ$  adiantada ou  $240^\circ$  atrasada. Ou se a fase vermelha fosse a Fase C então a sequência seria CBA.

Saber a sequência de fase correta é importante para controle de motores, uma vez que esta determina o sentido de giro do motor trifásico. Em cargas monofásicas a sequência de fase pode determinar aumentar a tensão de deslocamento de neutro e/ou aumentar a corrente de neutro.

O método do voltímetro consiste em montar um circuito desequilibrado conhecido e de acordo com a tensão medida determinar a sequência de fase.

### 3 Preparação

#### 3.1 Materiais e ferramentas

- Regulador de tensão(Varivolt)
- Resistores banana de  $50\Omega$
- Capacitor de  $45.9\ \mu\text{F}$
- Medidor Trifásico Kron Mult-K

#### 3.2 Montagem

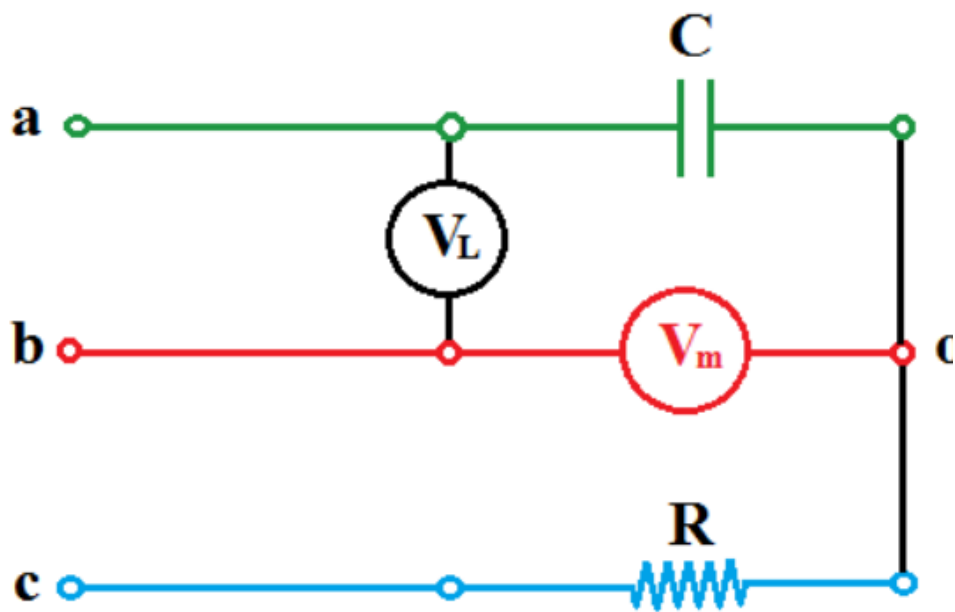


Figura 4: circuito utilizando voltmímetros analógicos

Neste experimento será utilizado voltmímetros digitais.

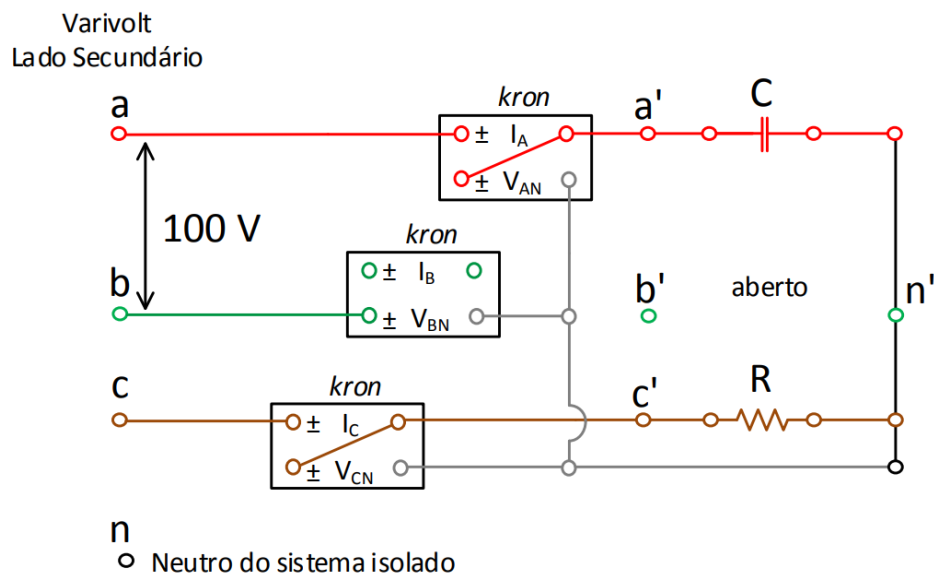


Figura 5: circuito utilizando voltmímetros digitais

Para realizar a montagem deve seguir a figura 1, antes de iniciar a montagem certifique-se que o circuito esteja desligado.

## 4 Análise sobre segurança

Antes de montar o experimento é importante o uso de equipamentos de proteção, estar com calça, sapatos fechados, sem acessórios metálicos e se o cabelo for grande, este deve estar preso.

A bancada deve estar desenergizada durante a montagem. Durante o experimento não ter contato com nenhum fio ou elemento energizado do circuito além do risco de choque elétrico. Certifique-se de que os equipamentos estão na escala adequada para realizar as medições.

Deixe o capacitor na horizontal para que fique melhor apoiado na bancada, este é muito leve e pode cair com facilidade.

Realizar as medidas em um tempo curto evitando que o circuito fique energizado por um longo período de tempo, pois os resistores estarão dissipando potência assim esquentando.

Deve-se manter uma distância segura do circuito quando o mesmo está energizado assim evitando queimaduras e choque elétrico.



## 5 Análise

### 5.1 Dados

Fase A e C conectadas				
	Sequência ABC		Sequência CBA	
	$I_{ac}$	$V_m = V_{bn'}$	$I_{ac}$	$V_m = V_{bn'}$
Teórico	1.309	136.7	1.309	37.81
Medido	1.297	139.7	1.278	39.10
Erro(%)	0.9	2.19	0.9	3.41

Fase A desconectada				
	Sequência ABC		Sequência CBA	
	$I_{ac}$	$V_m = V_{bn'}$	$I_{ac}$	$V_m = V_{bn'}$
Teórico	0	100	0	100
Medido	0	102	0	102
Erro(%)	0	2	0	2

Fase C desconectada				
	Sequência ABC		Sequência CBA	
	$I_{ac}$	$V_m = V_{bn'}$	$I_{ac}$	$V_m = V_{bn'}$
Teórico	0	100	0	100
Medido	0	101.8	0	100.4
Erro(%)	0	1.8	0	0.4

Para obter os valores teóricos nas tabelas acima foram feitos os seguintes cálculos.

$$I_{ac} = \frac{V_{ca}}{\sqrt{R^2 + 4\pi^2 f^2 C^2}}$$

$$V_{bn'} = V_{bc} - I_{ac} \cdot R$$

Para encontrar os fasores foi considerado para ABC:

$$\begin{bmatrix} E_{ab} \\ E_{bc} \\ E_{ca} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100 \angle 0^\circ \\ 100 \angle -120^\circ \\ 100 \angle 120^\circ \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} E_{an} \\ E_{bn} \\ E_{cn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 57.7 \angle -30^\circ \\ 57.7 \angle -150^\circ \\ 57.7 \angle 90^\circ \end{bmatrix}$$

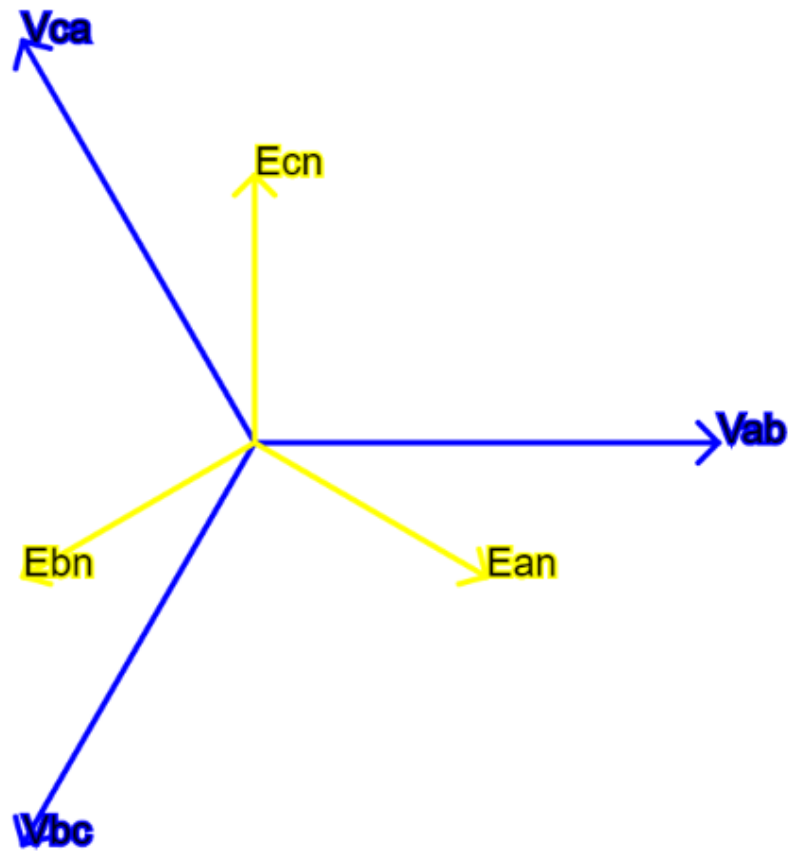


Figura 6: Representação gráfica dos fasores

Determinando a corrente  $I_{ac}$

$$-E_{an} + I_{ac}X_c + I_{ac}R + E_{cn} = 0$$

$$I_{ac} = \frac{-E_{ca}}{R + X_c}$$

$$I_{ac} = \frac{-100 \angle 120^\circ}{50 + \frac{1}{377 \cdot 45.9E-6j}}$$

$$I_{ac} = 1.309 \angle -10.87^\circ \text{ [A]}$$

Determinando a Tensão  $V_{nN}$

$$V_{nN} = -I_{ac}R + E_{cn}$$

$$V_{nN} = 78.677 \angle -144.76^\circ \text{ [V]}$$

Determinando  $V_{f'N}$

$$\begin{bmatrix} E_{a'N} \\ E_{b'N} \\ E_{c'N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 57.7 \angle -30^\circ \\ 57.7 \angle -150^\circ \\ 57.7 \angle 90^\circ \end{bmatrix} - V_{nN} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} E_{a'N} \\ E_{b'N} \\ E_{c'N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 115.45 \angle 8.23^\circ \\ 136.27 \angle -144.98^\circ \\ 65.433 \angle 169.13^\circ \end{bmatrix}$$

Assim obtemos os fasores

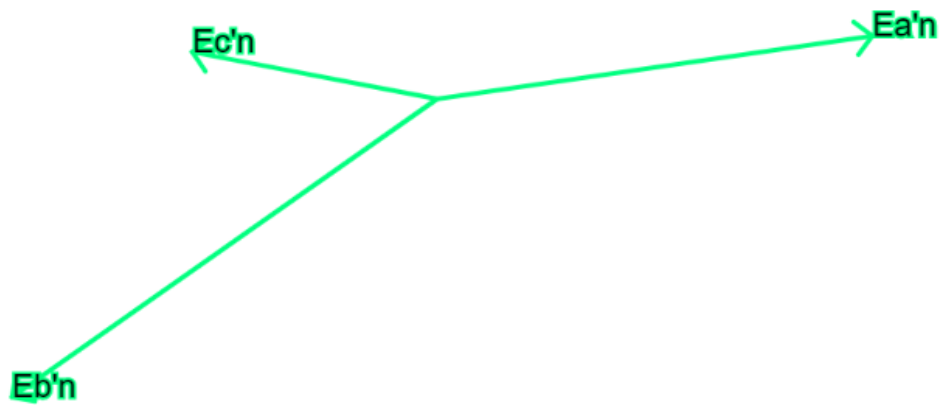


Figura 7: Representação gráfica dos fasores de tensão nos pontos a, b' e c' para sequência ABC

Fazendo o mesmo equacionamento para a sequência CBA, obtém-se:

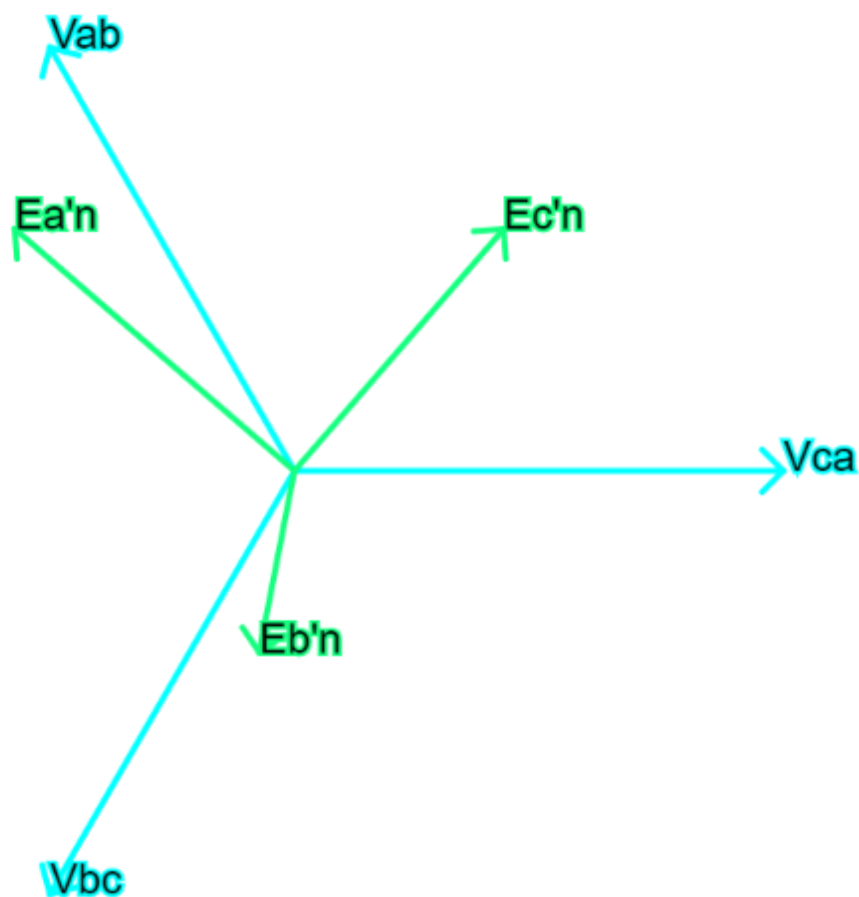


Figura 8: Representação gráfica dos fasores de tensão nos pontos a, b' e c' para sequência CBA

## 5.2 Questões

**a) Na impossibilidade de ter voltímetros, amperímetros e sequenciômetro, como você poderia encontrar a solução desse problema (abc ou cba)?**

Utilizando lâmpadas incandescentes, em que a que estiver sujeita a maior tensão brilhará mais.

**b) Aponte a importância de encontrar a correta sequência de fase em um circuito elétrico.**

Determinar o sentido de giro de um motor.

## 6 Simulação

### Simulação ABC

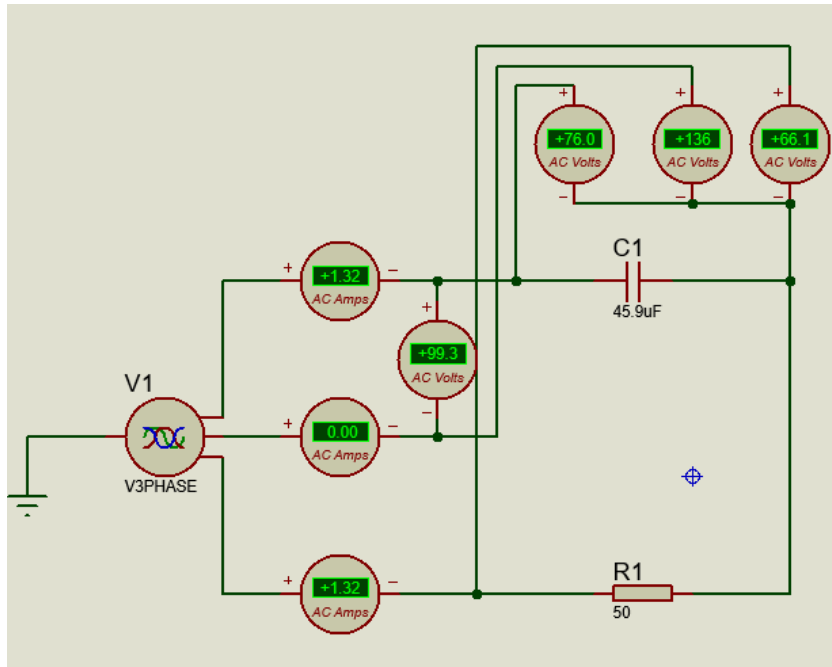


Figura 9: Simulação do circuito em abc

### Simulação CBA

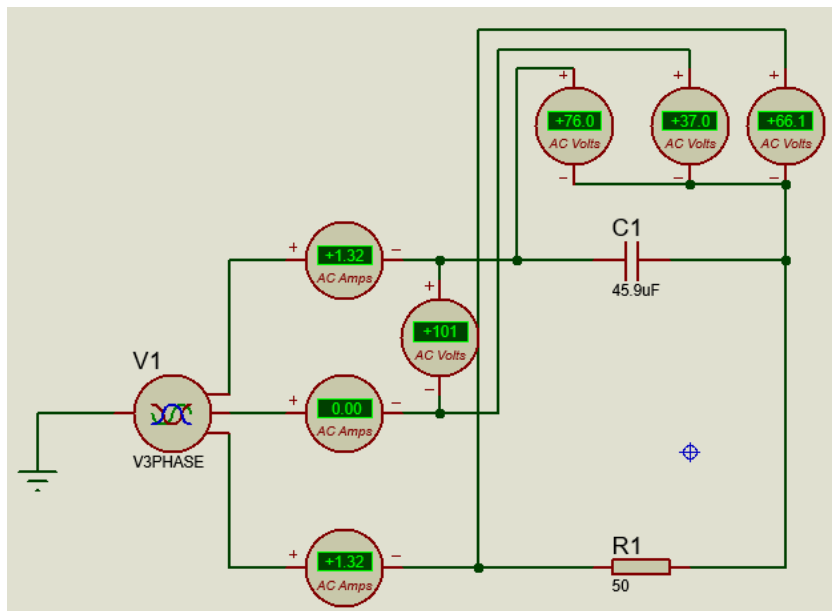


Figura 10: Simulação do circuito em cba

Os valores mostrados na simulação são muito próximos ao do experimento, e apresenta a mesma característica.

## 7 Conclusão

Este método (método do voltímetro) é eficiente e preciso para determinar a sequência de fase. Mesmo com a ausência de um voltímetro ainda é possível determinar a sequência, substituindo-o por lâmpadas incandescentes.

Observando os diagramas fasoriais pode-se perceber que a sequência de fase tem uma grande influência na tensão de deslocamento de neutro[1]. Devido a isso é possível determinar a sequência de fase. Em sequência Abc o deslocamento do neutro é menor, deixando a tensão  $V_{b'n}$  maior.

A simulação mostrou medidas muito semelhantes as obtidas durante o experimento, de modo que tenha mesma análise e conclusão que os dados obtidos experimentalmente.

Em comparação dos dados analíticos com os obtidos experimentalmente e simulados mostraram erro máximo de 2%, este gerado pela precisão do aparelho que controla a tensão (Varivolt). Levando em consideração esse Fator pode-se concluir que a teoria agiu 100% de acordo com a prática.

## Referencias

ALEXANDER, C.K.; SADIKU, M.N. Fundamentos de Circuitos Elétricos. 5ª ed. Porto Alegre: Mc Graw-Hill, 2015

Diagramas Fasorial- LIMA, H.S.; Desenhando Fasores <https://xx220xx.github.io/FASORES/index.html>  
acesso em 30/11/2019