



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica
FEELT

**TENSÕES, CORRENTE E POTÊNCIAS EM CIRCUITO SÉRIE,
FATOR DE POTÊNCIA E CORRENTE ALTERNADA SENOIDAL
- USO DE MEDIDORES ANALÓGICOS E DIGITAIS -
VATÍMETRO ANALÓGICO**

Relatório da Disciplina de Circuitos Elétricos II
por

Lesly Viviane Montúfar Berrios
11811ETE001

Prof. Wellington Maycon Santos Bernardes

Uberlândia, Setembro / 2019

Sumário

1	Objetivos	2
2	Introdução teórica	2
2.1	Análise do circuito	2
2.2	Potências Eficazes	3
3	Preparação	3
3.1	Materiais e ferramentas	3
3.2	Montagem	4
4	Análise sobre segurança	4
5	Cálculos, análise dos resultados e questões	5
5.1	Comparação das medidas experimentais	5
5.2	Questões	8
6	Simulação computacional	9
6.1	Caso A	9
6.2	Caso B	10
7	Conclusões	12

1 Objetivos

Montar um circuito série RLC , energizá-lo com tensão alternada senoidal, realizar medições usando equipamentos analógicos e digitais, efetuar desenvolvimentos teóricos e cálculos numéricos confrontando os resultados teóricos com aqueles obtidos experimentalmente. Comparar a potência ativa obtida pelo vatímetro analógico com o valor obtido no medidor digital.

2 Introdução teórica

2.1 Análise do circuito

O circuito a ser analisado neste experimento é descrito na Figura 1 e do conhecimento teórico de circuitos em série tem-se os cálculos descritos pelas Equações (1) e (2).

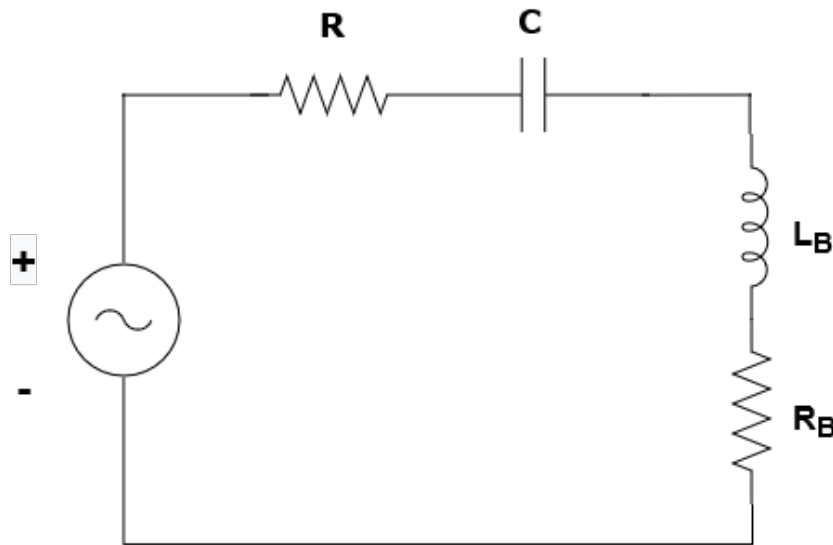


Figura 1: Montagem experimental.

A impedância total na forma fasorial é descrita como na Equação 1, assim tomando-se o módulo é possível descrever a corrente como na Equação 2.

$$\dot{Z} = (R + R_B) + j(X_{L_B} + X_C) \quad (1)$$

$$Z = \sqrt{(R + R_B)^2 + (X_{L_B} + X_C)^2}$$

$$V = ZI$$

$$I = \frac{V}{\sqrt{(R + R_B)^2 + (X_{L_B} + X_C)^2}} \quad (2)$$

2.2 Potências Eficazes

As potências ativa, reativa e aparente eficazes podem ser calculadas, respectivamente, pelas Equações (3), (4) e (5).

$$P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos\theta \quad (3)$$

$$Q = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \sen\theta \quad (4)$$

$$S = V_{ef} \cdot I_{ef} \quad (5)$$

3 Preparação

3.1 Materiais e ferramentas

1 - Fonte

Alimentará todo o circuito.

2 - Variador de tensão (Varivolt)

O equipamento permitirá obter o valor desejado de corrente a partir da regulagem correta da tensão fornecida pela fonte. Também chamado de autotransformador.

3 - Medidor eletrônico KRON Mult K

Possibilita encontrar a medição da potência real (P) - vatímetro, reativa (Q) e aparente (S) do circuito. Ele também possui função de cofasímetro, instrumento elétrico que mede o fator de potência ($\cos\theta$) ou o ângulo da impedância θ do circuito, para um circuito com a impedância $Z = Z \angle \theta$.

4 - Conectores

Foram utilizadas pontas de provas para a verificação das grandezas nos multímetros e pontas de prova específicas para multímetro. Para as conexões no circuito foi utilizado majoritariamente cabos banana-banana.

5 - Multímetro

Utilizado para medir a resistência R, capacitância C e grandezas do conjunto L e R_L especificados no experimento.

6 - Amperímetro analógico AC

Instrumento de maior precisão.

7 - *Voltímetro analógico AC*

Instrumento de maior precisão.

8 - *Osciloscópio*

Utilizado obter informações da forma de onda (V_{pp} , V_{max} , V_{rms}).

9 - *Reostato R*

Reostato com potência nominal de aproximadamente 1kW.

10 - *Capacitor C*

Reostato com potência nominal de aproximadamente 1kW.

11 - *Bobina B*

O valor medido da indutância da bobina B (reator para lâmpada vapor de sódio) realizada recentemente (Agosto/2019) é de 160 mH e resistência interna de 3,8 ohms.

3.2 Montagem

Realize a montagem informada na Figura 2, com os parâmetros R, C, L, RL, V e f (preenchendo as Tabelas 1 e 2).

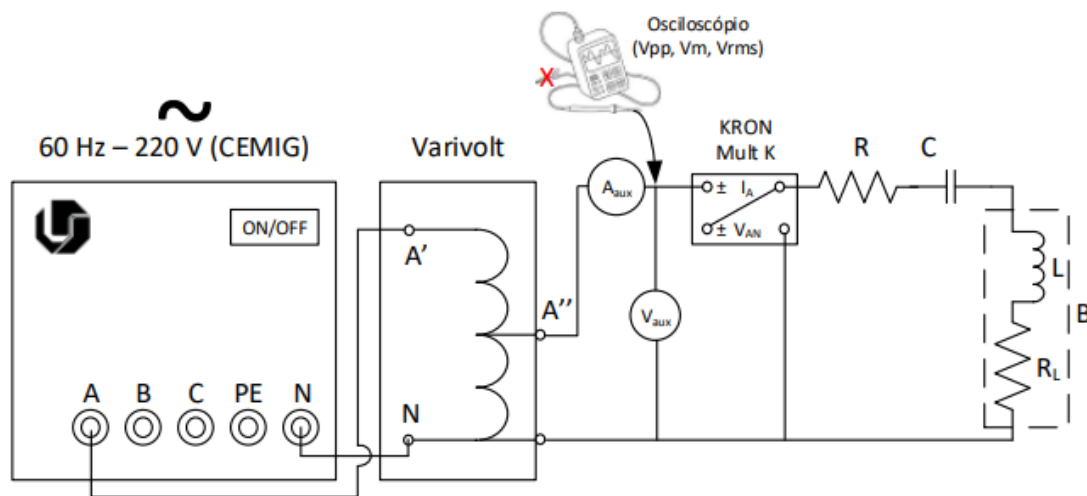


Figura 2: Montagem experimental.

4 Análise sobre segurança

Os óculos de segurança são Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e são utilizados para a proteção da área ao redor dos olhos contra qualquer tipo de detrito estranho, que possa causar irritação ou ferimentos. Também protegem contra faíscas, respingos de produtos químicos, detritos, poeira, radiação e etc [3]. É importante a utilização desse equipamento durante os experimentos a fim de evitar qualquer dano, além de preparar o

profissional para o manejo correto e seguro de qualquer equipamento. Além disso, foi de extrema importância a presença do professor ou técnico na verificação da montagem do circuito antes de energizá-lo. Assim, reduziu-se riscos de curtos-circuitos ou sobrecarga na rede.

5 Cálculos, análise dos resultados e questões

5.1 Comparação das medidas experimentais

- 1 - Complete a Tabela 1 com os dados do Caso A, sendo $V_{ef} = 100V$ e $R = 100\Omega$ (teórico).

Tabela 1: Parâmetros reais da montagem do primeiro caso.

$R[\Omega]$	$C[\mu F]$	$L[mH]$	$R_L[\Omega]$	$V[volts]$	$f[Hz]$
100	45,9	160	3,8	99,4	59,95

- 2 - Complete a Tabela 2 com os dados do Caso B, sendo $V_{ef} = 50V$ e $R = 20\Omega$ (teórico).

Tabela 2: Parâmetros reais da montagem do segundo caso.

$R[\Omega]$	$C[\mu F]$	$L[mH]$	$R_L[\Omega]$	$V[volts]$	$f[Hz]$
20	45,9	160	3,8	49,39	60,00

- 3 - Ajuste a tensão de saída do autotransformador (varivolt) de maneira a obter a tensão solicitada para o voltímetro e anote os valores medidos na Tabela 3 (para ambos os casos, A e B). Os resultados são obtidos por meio dos cálculos apresentados na introdução teórica.

Tabela 3: Erro percentual das duas montagens.

Valores	Medições									Cálculos		
	V_{ef}	I	$\cos\theta$	V_R	V_C	$V_{(L+R_L)}$	P	S	Q	$\theta^{[1]}$	$S^{[2]}$	$Q^{[3]}$
	[V]	[A]	[fp]	[V]	[V]	[V]	[W]	[VA]	[VAr]	[°]	[VA]	[Var]
Caso A												
Medidos	99,40	0,932	0,988	93,10	54,36	69,40	90,90	92,01	14,23	8,89	92,64	14,25
Calculados	100	0,963	0,999	96,30	55,65	58,19	96,20	96,30	4,30	2,56	96,30	4,30
Erros (%)	-0,60	-3,34	-1,113	-3,44	-2,37	16,15	-5,83	-3,95	69,77	71,20	-3,95	69,82
Caso B												
Medidos	49,39	1,702	0,873	34,16	99,8	124,00	73,10	84,00	41,39	29,19	84,06	41,38
Calculados	50,00	2,089	0,994	41,78	120,72	126,24	103,82	104,45	11,41	6,27	104,45	11,45
Erros (%)	-1,24	-22,74	-13,91	-22,30	-20,97	-1,81	-42,02	-24,34	72,43	78,48	-24,26	72,32

[1] Calcule o valor medido de θ à partir do fator de potência, ou seja, $\theta = \arccos(fp)$.

[2] Calcule a potência aparente S à partir dos valores medidos para V e I , ou seja, $S = V \times I$.

[3] Calcule a potência reativa Q à partir do triângulo de potência, ou seja, $Q^2 = S^2 - P^2$.

Calculando-se as impedâncias sobre o capacitor e indutor tem-se, respectivamente, $X_C = 57,79\Omega$ e $X_{L_B} = 60,31\Omega$. Ademais, para a bobina $Z_B = \sqrt{R_B^2 + L_B^2} = 60,43\Omega$. O cálculo do fp foi realizado pela relação do triângulo de impedâncias.

Para o caso A, do cálculo do módulo da impedância por meio da Equação (1) tem-se $Z = 103,8284\Omega$, logo $I = 0,963A$. Já para o caso B, do cálculo do módulo da impedância por meio da Equação (1) tem-se $Z = 23,9339\Omega$, logo $I = 2,089A$.

- 4 - Ligue o osciloscópio (canal CH1), automatize o trigger e colete V_{pp} , V_m e V_{rms} . Registre a imagem. Use a função MEASURE > TODAS MED para o equipamento realizar os cálculos práticos.

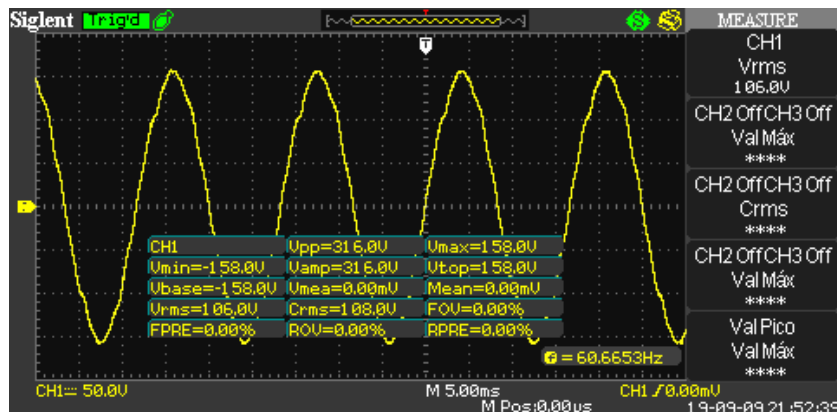


Figura 3: Imagem do osciloscópio para o Caso A.

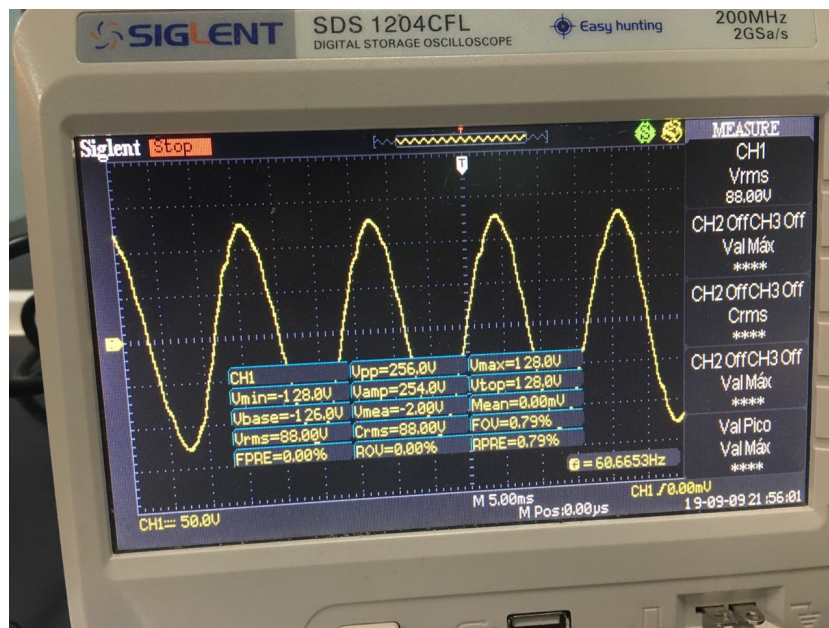


Figura 4: Imagem do osciloscópio para o Caso B.

5 - Comparação dos equipamentos de medição analógicos e digitais

Tabela 4: Comparativo das medições para o Caso A.

	$V [V]$	$I [A]$
KRON Mult K	99,40	0,932
Analógico	102,00	0,930
Osciloscópio	106,00	(1,021)
Erros Analógico (%)	-2,62	0,21
Erros Osciloscópio (%)	-6,64	-9,540

Tabela 5: Comparativo das medições para o Caso B.

	$V [V]$	$I [A]$
KRON Mult K	49,39	1,732
Analógico	50,08	1,65
Osciloscópio	88,00	(3,677)
Erros Analógico (%)	1,39	4,73
Erros Osciloscópio (%)	-78,17	-112,3

6 - Manejo do equipamento *KRON Mult K*

A regulação do equipamento utilizando-se os parâmetros TP (Transformador de Potencial), TC (Transformador de Corrente) e TL (Transformador de Ligação) foi essencial, uma vez que é preciso informar ao equipamento que se trata de um circuito monofásico (1 fase + neutro), para isso configura-se $TL = 0002$. TP e TC foram regulados a partir dos equipamentos analógicos pela relação descrita pela Equação 6 e 7 e conseguiu-se $TP = 1,00$ e $TC = 1,01$, para os quais os valores no equipamento digital também correspondem ao do analógico.

$$\frac{TP_{antigo}}{TP_{novo}} = \frac{V_{KRON}}{V_{analógico}} \quad (6)$$

$$\frac{TC_{antigo}}{TC_{novo}} = \frac{I_{KRON}}{I_{analógico}} \quad (7)$$

5.2 Questões

- 1) A potência ativa lida no mediador KRON Mult K apresenta informação incorreta em relação ao vatímetro analógico. Aponte as possíveis causas.

A possível causa pode ser devido ao equipamento estar com defeito, mal contato nos cabos, TC e TP desajustados ou TL desconfigurado.

- 2) Por que dependendo do tipo da ligação do vatímetro, seu ponteiro indicador deflete em sentido “negativo”?

Uma vez que ligado de forma incorreta ou invertida pode detectar uma potência negativa e essa polarização negativa é representada pela deflexão do ponteiro no sentido inverso.

- 3) Quais as vantagens da utilização do mediador KRON Mult K frente aos medidores analógicos? Discuta a respeito de espaço físico empregado para a utilização dos equipamentos bem como o tempo de montagem. Pesquise também sobre custos para aquisição.

Medidores digitais como o KRON são mais precisos e facilita a leitura para o usuário. Ademais permite a medição de várias grandezas em um só equipamento, o que economiza tempo. Já os equipamentos analógico tendem a ocupar mais espaço, além de demandarem a utilização de muitos cabos em suas conexões. Com relação a custos, os aparelhos analógicos são consideravelmente mais baratos que o KRON Mult K.

- 4) Considerando que a escala percentual do reostato esteja correta, qual é o efeito físico no amperímetro, multímetro e vatímetro se o usuário excursiona de 25% para 50% da resistência nominal?

Ao reduzir a resistência pela metade, a potência $P = V \cdot I$ também cairá pela metade, assim como a leitura no amperímetro a medida será reduzida pela metade, no voltímetro não haverá alterações e no wattímetro teremos também a metade, devido à ligação em paralelo.

- 5) Explique a importância do transformador de potencial e de corrente no medidor KRON Mult K.

O TP e TC são de maior importância em circuitos trifásicos com transformadores, uma vez que neste experimento, como é um circuito monofásico, a relação deverá estar próxima de 1, dado que só há influência de erros do próprio equipamento KRON.

- 6) Qual é a importância de AAUX e VAUX? Neste roteiro, é necessária a permanência constante desses medidores ou podem ser eliminados sem prejuízo? Se sim, em qual momento?

São usados para calibrar os valores de TL, TC e TP do KRON, mas podem ser retirados a qualquer momento.

- 7) Nota-se que muitos medidores analógicos possuem um espelho logo abaixo da escala graduada. Explique o motivo.

O espelho existe para que o usuário consiga fazer uma leitura mais precisa. O valor correto é aquele em que o ponteiro e a imagem refletida no espelho coincidam.

6 Simulação computacional

6.1 Caso A

Da simulação computacional tem-se as Figuras 5, 6, 7 e 8.

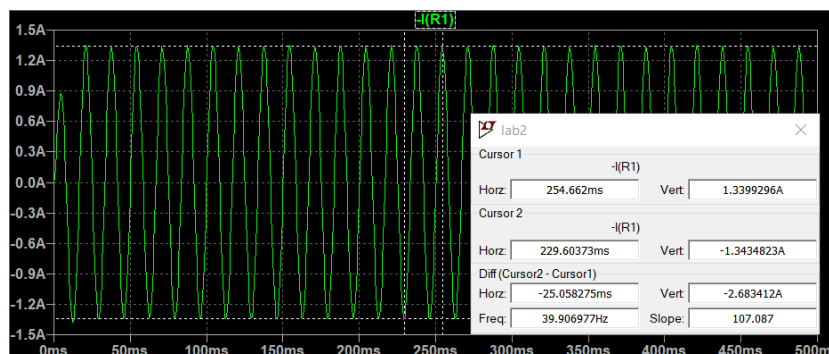


Figura 5: Corrente do circuito.

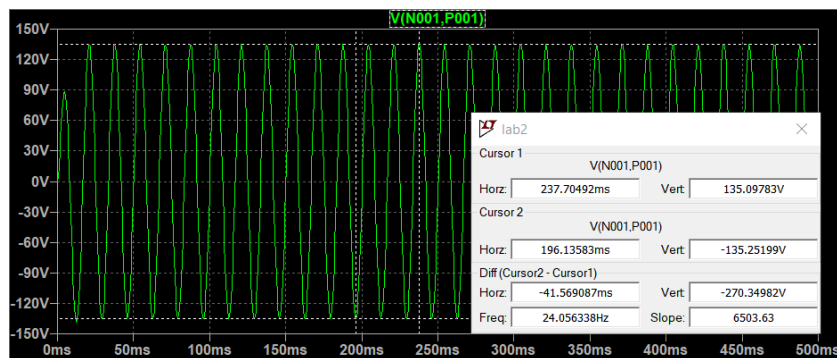


Figura 6: Tensão no resistor R.

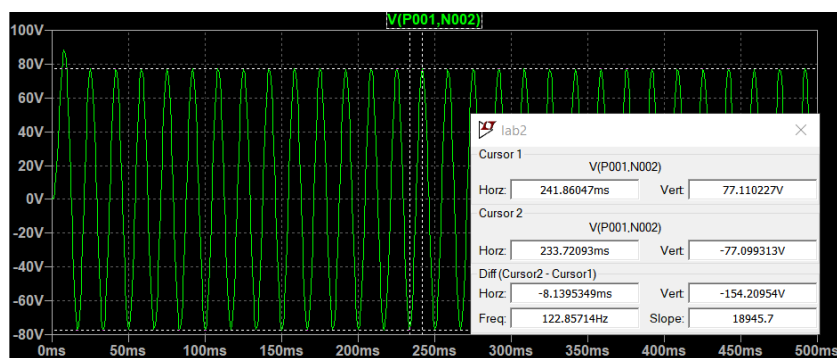


Figura 7: Tensão no capacitor C.

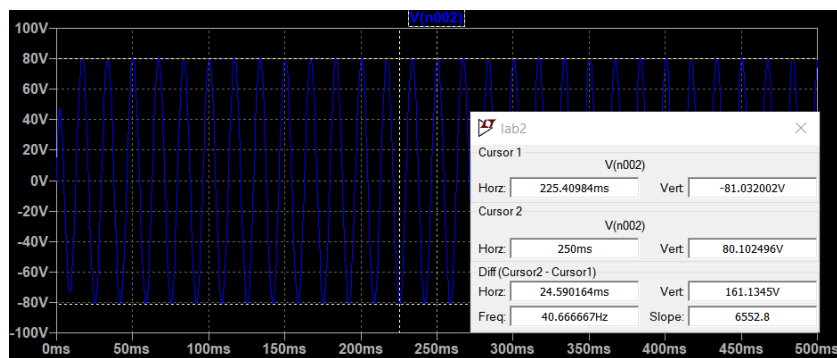


Figura 8: Tensão na bobina B.

6.2 Caso B

Da simulação computacional tem-se as Figuras 9, 10, 11 e 12.

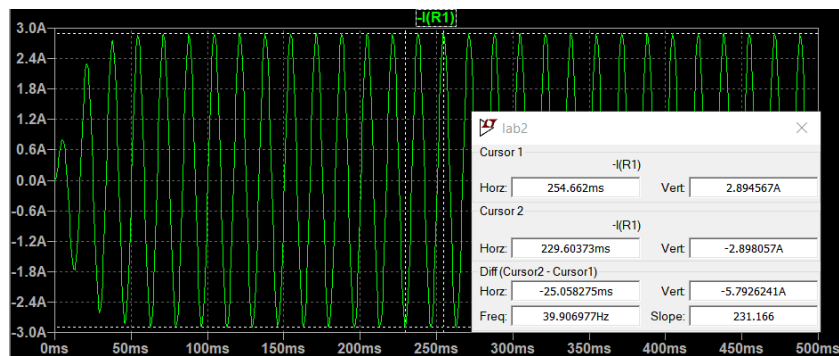


Figura 9: Corrente do circuito.

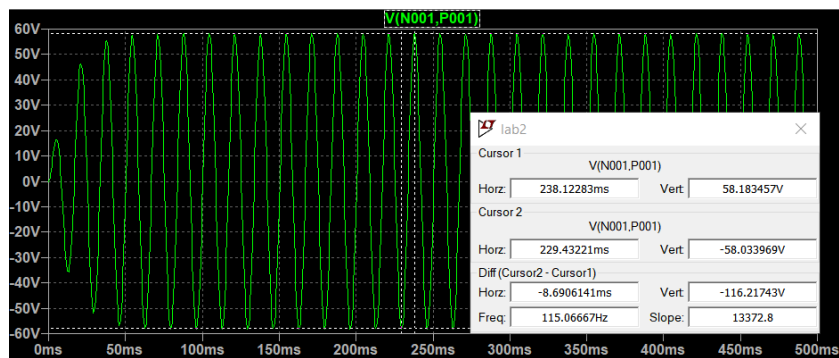


Figura 10: Tensão no resistor R.

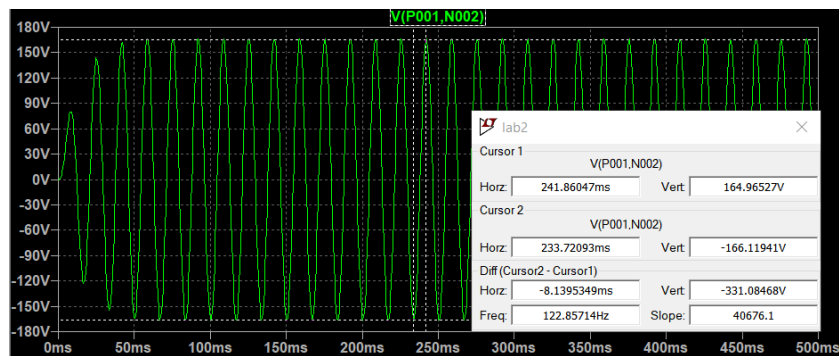


Figura 11: Tensão no capacitor C.

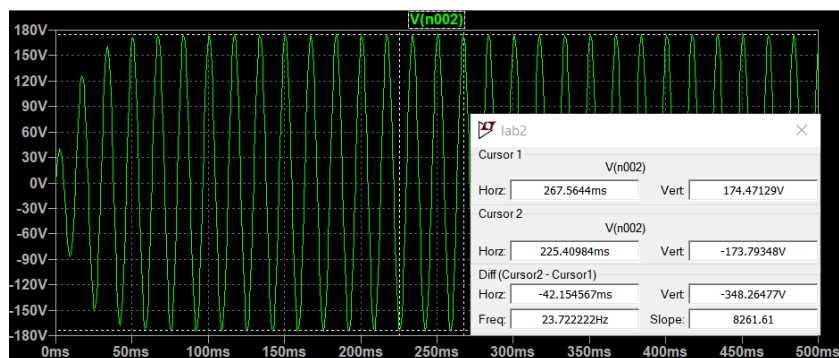


Figura 12: Tensão na bobina B.

7 Conclusões

Este experimento trata-se da análise de um circuito série *RLC* energizado com tensão senoidal, descrito pela Figura 2. Calculou-se as impedâncias, corrente, tensão sobre cada componente a partir da análise das malhas, além das potências eficazes, por meio da análise teórica. Assim, foi possível a comparação com os valores obtidos experimentalmente tanto com medidores analógicos quanto com os digitais, o que é descrito pelas Tabelas 4 e 5. Também foi importante a configuração do equipamento *KRON Mult K* por meio dos parâmetros TL, TP e TC.

Finalmente, a simulação computacional permitiu obter as medições com os dados experimentais dos componentes, dessa forma, identificou-se os erros associados aos equipamentos de medidas, seja por desregulagem ou erro do olho humano. Agrega-se a importância dos Equipamentos de Segurança Individual (EPI), uma vez que a utilização dos óculos durante o manejo dos componentes, mesmo que aparentemente ainda não sejam potenciais situações de risco, permite a criação do hábito de proteção e prevenção, uma característica essencial para o engenheiro na área de trabalho.

Referências

- [1] J. D. Irwin, “Análise de Circuitos Em Engenharia”, Pearson, 4^a Ed., 2000.
- [2] R. L. Boylestad, “Introdução À Análise de Circuitos”, Pearson, 10^a Ed., 2004.
- [3] SafetyTrabi, “Óculos de segurança: Saiba quando utilizar este EPI”, SafetyTrab, 2019. Disponível em: <https://www.safetytrab.com.br/blog/oculos-de-seguranca/>. Acesso em: ago. 2019.