

Laboratório de Circuitos Elétricos - 02/2024 - Turma 05

Experimento 6

12/12/2024

Grupo 5:

Yuri Shumyatsky - 231012826

Vinicius de Melo Moraes - 231036274

1 Introdução

O estudo da potência em regime permanente senoidal é fundamental para a compreensão do comportamento de circuitos elétricos alimentados por sinais alternados (AC). Nesse regime, as grandezas elétricas, como corrente e tensão, assumem comportamentos senoidais que podem apresentar defasagem entre si devido à presença de elementos resistivos, indutivos e capacitivos. A análise da potência envolve conceitos como o fator de potência, este que determina a proporção de potência ativa e reativa, as quais são essenciais para o entendimento e o projeto de sistemas elétricos eficientes.

2 Materiais

- National Instruments Elvis II
- 1 capacitor de 100nF
- 2 resistores de 47Ω
- 1 indutor de 1mH

3 Procedimentos

Como usual, os componentes têm suas grandezas medidas para efeito de comparação. Os resultados são adicionados à Tabela 1.

Grandeza	Valor calculado	Valor medido	Erro (%)
R_1	47Ω	$46,50\Omega$	1,06
R_2	47Ω	$45,68\Omega$	2,81
C	100nF	$96,50\text{nF}$	3,50
L	1mH	$0,992\text{mH}$	0,80

Tabela 1: Valores dos componentes

Em seguida, é montado o circuito da Figura 1 e liga-se o gerador de funções do Elvis para obter uma onda senoidal com $2V_{pp}$ e frequência de 14kHz.

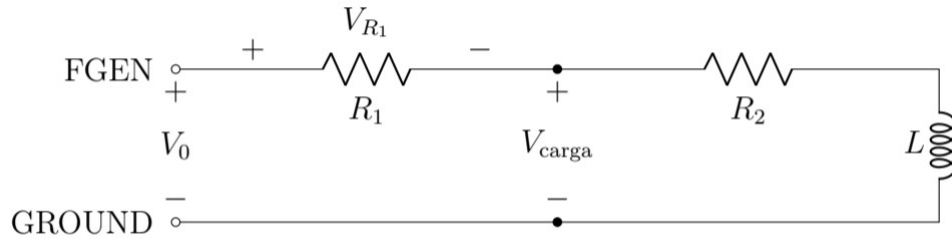


Figura 1: Circuito sem capacitor

Fazendo análise nodal nesse circuito, são encontradas V_0 e V_{carga} , que serão usadas para encontrar V_{R_1} .

$$\begin{aligned} \frac{V_{carga} - V_0}{47} + \frac{V_{carga} - V_2}{47} &= 0 \\ \frac{V_2 - 0}{j14} - \frac{(V_{carga} - V_2)}{47} &= 0 \\ \frac{V_0 - 1}{50} - \frac{(V_{carga} - V_0)}{47} &= 0 \end{aligned}$$

De onde obtém-se o seguinte sistema:

$$\begin{cases} 2V_{carga} - V_0 - V_2 = 0 \\ -\frac{V_{carga}}{47} + \frac{V_0}{97} = \frac{1}{50} \\ -\frac{V_{carga}}{47} + V_2 \left(-\frac{1}{47} - j\frac{1}{14} \right) = 0 \end{cases}$$

De onde obtemos os resultados

$$V_0 = 0,63930 + j0,02704 = 0,640 \angle 2,42^\circ$$

$$V_{carga} = 0,30024 + j0,05245 = 0,305 \angle 9,91^\circ$$

$$V_2 = -0,038820 + j0,077870 = 0,087 \angle -63,50^\circ$$

Com V_0 e V_{carga} podemos encontrar $V_{R_1} = V_0 - V_{carga}$
Portanto $V_{R_1} = 0,33906 - j0,02541 = 0,340 \angle -4,29^\circ$

Para senoides, o valor eficaz é simplesmente sua amplitude dividida por $\sqrt{2}$. Portanto, esses valores são calculados e dispostos na Tabela 2.

Com esses valores já pode ser montado o Gráfico 1, em que a senoide vermelha representa V_0 e a azul V_{carga} .

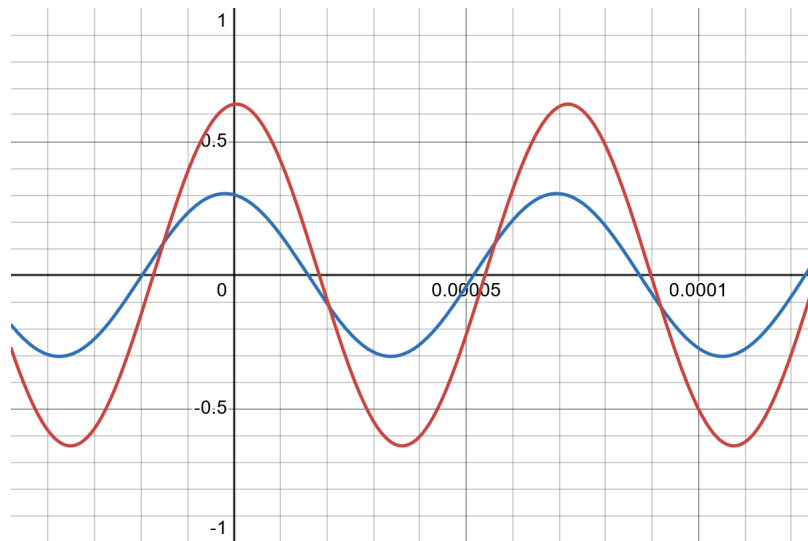


Gráfico 1: Circuito sem capacitor (teórico)

Para obter o fator de potência, usa-se a seguinte fórmula:

$$fp = \frac{|V_0|^2 - |V_{R_1}|^2 - |V_{carga}|^2}{2|V_{R_1}||V_{carga}|}$$

que é consequência do triângulo de potência, em que o fator de potência é o ângulo $\theta_v - \theta_i$

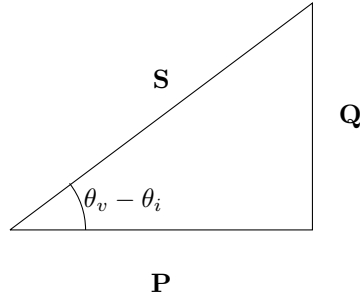


Figura 2: Triângulo de potência

Como $fp = \cos(\theta_v - \theta_i) = \frac{P}{S}$ e sabendo que $V_0 = V_{R_1} + V_{carga}$, temos que $(V_0)^2 = (V_{R_1} + V_{carga})^2$

$$\implies |V_0|^2 = |V_{R_1}|^2 + |V_{carga}|^2 + 2|V_{R_1}||V_{carga}|\cos(\theta)$$

Isolando $\cos(\theta)$ temos

$$fp = \cos(\theta) = \frac{|V_0|^2 - |V_{R_1}|^2 - |V_{carga}|^2}{2|V_{R_1}||V_{carga}|}$$

Portanto, usando os valores encontrados anteriormente, obtemos o valor de fp para o circuito e eles são dispostos na Tabela 2.

Usando o osciloscópio do Elvis, são medidas as tensões V_0 e V_{carga} , obtidas no Gráfico 2. Esses valores são usados para obter V_{R_1} e são encontrados na Tabela 2.

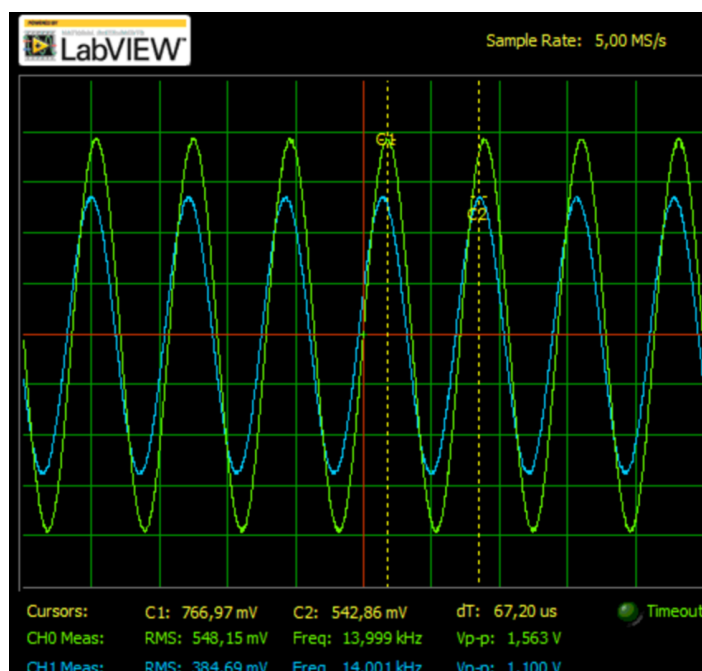


Gráfico 2: Circuito sem capacitor

Assim, pode-se observar que experimentalmente os valores são $V_{0RMS} = 0,553\angle 0^\circ$ e $V_{cargaRMS} = 0,389\angle 21,31^\circ$, simplesmente como antes dividindo a amplitude por $\sqrt{2}$ e a fase é encontrada facilmente convertendo o dt de $4,22\mu s$ para graus, usando a frequência de 14000Hz.

De forma análoga ao anterior, encontra-se $V_{R_1} = V_0 - V_{carga}$ e seu valor RMS é simplesmente dividir esse valor por $\sqrt{2}$.

Grandeza	Valor calculado	Valor medido	Erro (%)
Valor eficaz de V_0	0,452	0,553	22,34
Valor eficaz de V_{carga}	0,216	0,389	80,09
Valor eficaz de V_{R_1}	0,240	0,164	31,67
Fase de V_{carga} em relação a V_0	$9,91^\circ$	$21,31^\circ$	115,04
Fase de V_{R_1} em relação a V_0	$-4,29^\circ$	$-42,80^\circ$	897,67
Fator de potência da carga	0,969	0,688	28,99

Tabela 2: Valores do primeiro circuito

Em seguida, é introduzido o capacitor no circuito, como indicado na Figura 3.

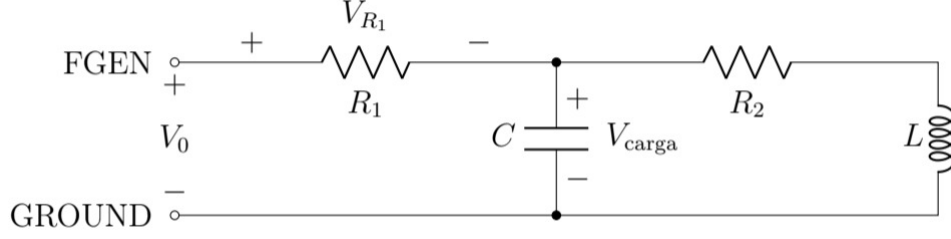


Figura 3: Circuito com capacitor

Usando análise de malhas para descobrir V_0 e V_{carga} obtemos o seguinte sistema:

$$\begin{cases} 50\mathbf{I}_1 + 47\mathbf{I}_2 - \frac{j}{1,4 \cdot 10^{-3}}(\mathbf{I}_1 - \mathbf{I}_2) = 1 \\ -\frac{j}{1,4 \cdot 10^{-3}}(\mathbf{I}_2 - \mathbf{I}_1) + (47 + j14)\mathbf{I}_2 = 0 \end{cases}$$

Resolvendo esse sistema, obtemos os valores para as correntes:

$$\mathbf{I}_1 = 0,0068254 - j0,0005160$$

$$\mathbf{I}_2 = 0,0068955 - j0,009891$$

Com esses valores, usamos as relações $1 - V_0 = 50\mathbf{I}_1$ e $V_{carga} = (\mathbf{I}_1 - \mathbf{I}_2) \cdot \frac{-j}{1,4 \cdot 10^{-3}}$ para encontrar $V_0 = 0,659 + j0,0258 = 0,659\angle 2,24^\circ$ e $V_{carga} = 0,338 + j0,050 = 0,342\angle 8,41^\circ$.

De forma análoga ao feito anterior, $V_{R_1} = V_0 - V_{carga} = 0,321 - j0,024 = 0,322\angle -4,28^\circ$. As amplitudes, fases e valores RMS são todos calculadas exatamente da mesma forma que antes e dispostas na Tabela 3.

Além disso, $fp = 0,970$, usando a fórmula disposta anteriormente.

Com esses valores, monta-se o Gráfico 3, em que a senoide azul representa V_0 e a vermelha representa V_{carga} .

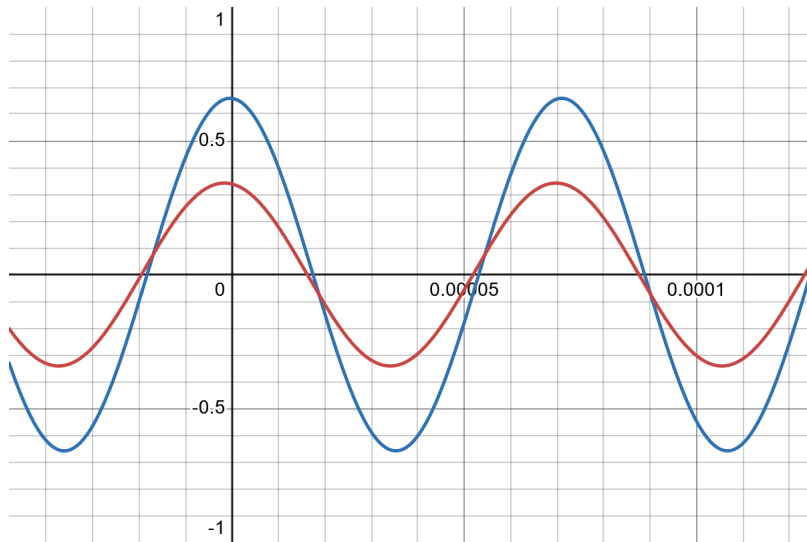


Gráfico 3: Circuito com capacitor (teórico)

Nota-se que a presença do capacitor "desfaz" o adiantamento proporcionado pelo indutor no primeiro circuito.

Para a parte prática, repete-se o procedimento, gerando o Gráfico 4.

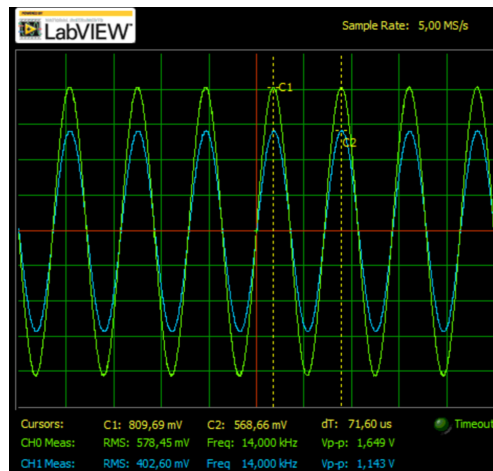


Gráfico 4: Circuito com capacitor

A partir do Gráfico 4 são extraídas as informações relevantes, como:

$$V_{carga} = 0,572 \angle -0,864^\circ$$

$$V_0 = 0,825 \angle 0^\circ$$

$$V_{R_1} = 0,253 \angle 1,95^\circ$$

$$V_{cargaRMS} = 0,404$$

$$V_{0RMS} = 0,583$$

$$V_{R_1RMS} = 0,179$$

Grandeza	Valor calculado	Valor medido	Erro (%)
Valor eficaz de V_0	0,466	0,583	25,11
Valor eficaz de V_{carga}	0,242	0,404	66,94
Valor eficaz de V_{R_1}	0,228	0,179	21,49
Fase de V_{carga} em relação a V_0	8,41°	-0,864°	110,27
Fase de V_{R_1} em relação a V_0	-4,28°	1,95°	145,56
Fator de potência da carga	0,970	1,000	3,03

Tabela 3: Valores do segundo circuito

4 Conclusão

O experimento realizado permitiu analisar o comportamento da potência em circuitos elétricos no regime permanente senoidal. Observou-se que a presença de elementos resistivos, indutivos e capacitivos provoca a defasagem entre corrente e tensão, influenciando diretamente o fator de potência. Esse parâmetro se mostrou essencial para determinar a relação entre a potência ativa, responsável pelo trabalho útil no circuito, e a potência reativa, associada ao armazenamento de energia nos componentes indutivos e capacitivos.

Os resultados obtidos demonstraram a importância de otimizar o fator de potência para garantir maior eficiência nos sistemas elétricos, reduzindo perdas e melhorando o desempenho geral dos circuitos. Dessa forma, o experimento reforçou a relevância do estudo da potência no regime senoidal e a aplicação prática dos conceitos teóricos em projetos e análises de sistemas elétricos.

5 Bibliografia

- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física. 10. ed. v. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2016.