



EXPERIÊNCIA 4: SINAIS SENODAIS, FASORES E 2ª LEI DE KIRCHHOFF

| No. USP | Nome | Nota | Bancada |
|---------|------|------|---------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | |
|-------|---------|--------|
| Data: | Turmas: | Profs: |
|-------|---------|--------|

RELATÓRIO

Objetivos

Esta experiência é dividida em três blocos, com objetivos distintos.

- Na primeira parte, pretende-se estimar o módulo da impedância de um capacitor e verificar como ele varia com a frequência. Para atingir esse objetivo, são realizadas medidas de tensão e corrente com multímetros, em um circuito RC série. Nesta parte, também se verifica se a resistência e a capacitância permanecem constantes ou se variam com a frequência.
- Na segunda parte, usa-se o osciloscópio para medir as amplitudes e fases das tensões no gerador, no resistor e no capacitor. A tensão medida no gerador é comparada à soma das tensões medidas no resistor e no capacitor, com o objetivo de validar a segunda lei de Kirchhoff.
- Na última parte, as amplitudes e a defasagem entre tensão e corrente permitem a determinação da impedância do capacitor e sua representação fasorial nas notações polar e cartesiana. Usa-se o conceito de resistor *shunt* para estimar a corrente que passa no capacitor.

1. Determinação do módulo da impedância do capacitor

1.a) Meça as tensões com o multímetro de bancada e a corrente com o multímetro portátil, em DC (0Hz) ou AC (demais frequências). Preencha a tabela 1 com as medidas e cálculos.

Tabela 1 – Medidas de tensões e corrente eficazes para a determinação das impedâncias resistiva e capacitiva.

| <i>freq</i> (Hz) | Medidas | | | | Cálculos | | |
|------------------|----------------|-----------|-----------|---------|------------------|----------------------|---------|
| | V_E (V) | V_R (V) | V_C (V) | I (A) | R (Ω) | $ Z_C $ (Ω) | C (F) |
| 0 (DC) | | | | | | | |
| 100Hz | | | | | | | |
| 1kHz | | | | | | | |
| 10kHz | | | | | | | |

1.b) Comente se a resistência, o módulo da impedância do capacitor e a capacitância variam ou não com a frequência.

1.c) Analise a validade da 2ª lei de Kirchhoff, quando aplicada diretamente às medidas do multímetro de bancada. Note que ela parece não valer ! ... Como se explica isso ?

2. Validação da segunda lei de Kirchhoff

2.a) Meça a amplitude pico-a-pico da tensão do gerador (senoide de 1kHz e $6V_{RMS}$) e a defasagem entre a tensão de alimentação e a tensão no resistor, conforme a figura 2.a. Anote os valores medidos na tabela 2.

2.b) Meça as amplitudes pico-a-pico de ambas as tensões e a defasagem entre a tensão no capacitor e a tensão no resistor, conforme a figura 2.b. Lembre-se usar a opção “invert” no canal 2. Anote os valores medidos na tabela 2.

2.c) Utilize a função “soma” do osciloscópio e obtenha $f(t) = v_R(t) + v_C(t)$ para o circuito da figura 2.b. Meça a amplitude pico-a-pico e a defasagem entre $f(t)$ e a tensão no resistor. Anote os valores medidos na tabela 2. Compare os resultados da soma de tensões $f(t)$ com os valores medidos para $v_E(t)$ no circuito da figura 2.a. Mostre ao professor o resultado obtido.

Tabela 2 – Amplitudes e defasagens entre as tensões no capacitor, no resistor e no gerador.

| | Figura 2.a | Figura 2.b | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Defasagem | $\theta_E - \theta_R$ | $\theta_C - \theta_R$ | $\theta_R - \theta_R$ | $\theta_F - \theta_R$ |
| | | | 0° | |
| Amplitude pico-a-pico | $V_E (V_{pp})$ | $V_C (V_{pp})$ | $V_R (V_{pp})$ | $V_F (V_{pp})$ |
| | | | | |

2.d) Analise novamente a validade da 2ª Lei de Kirchhoff. Note que ela vale para os sinais $v_R(t)$, $v_C(t)$ e $v_E(t)$ medidos com o osciloscópio. Por quê? Afinal, qual foi realmente a grandeza medida pelo multímetro na parte 1 da experiência?

2.e) Desenhe um diagrama com os fasores \hat{V}_R , \hat{V}_C e \hat{V}_E . Lembre-se de usar amplitude de pico (e não pico-a-pico).

3. Determinação do módulo e fase da impedância do capacitor

Utilize o circuito da Figura 2.b para observar as tensões no capacitor e no resistor.

3.a) Meça a tensão no capacitor V_C , calcule a corrente I no circuito (tensão no resistor V_R dividida pela resistência R) e meça a defasagem ϕ entre $v_C(t)$ e $i(t)$ para as frequências indicadas na tabela 3.

Tabela 3 – Medidas de tensão e de defasagem. Cálculo da corrente.

| f (Hz) | V_C (V _{pp}) | V_R (V _{pp}) | I (A _{pp}) | ϕ (graus) |
|----------|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------|
| 100Hz | | | | |
| 1kHz | | | | |
| 10kHz | | | | |

3.b) Utilize os dados da tabela 3 para calcular a impedância do capacitor nas três frequências. Represente-a nas formas polar e cartesiana na tabela 4.

Tabela 4 – Representação da impedância do capacitor nas formas polar e cartesiana.

| f (Hz) | $\hat{\mathbf{Z}}_C$ (na forma polar) | $\hat{\mathbf{Z}}_C$ (na forma cartesiana) | $\hat{\mathbf{Z}}$ (na forma cartesiana) | $\hat{\mathbf{Z}}$ (na forma polar) |
|----------|--|---|---|--|
| 100Hz | | | | |
| 1kHz | | | | |
| 10kHz | | | | |

Forma polar: $\hat{\mathbf{Z}}_C = |\hat{\mathbf{Z}}_C| e^{j\phi}$; em que $|\hat{\mathbf{Z}}_C| = V_C / I$.

Forma cartesiana: $\hat{\mathbf{Z}}_C = \text{Re}\{\hat{\mathbf{Z}}_C\} + j \text{Im}\{\hat{\mathbf{Z}}_C\}$.

3.c) Calcule a impedância $\hat{\mathbf{Z}} = \hat{\mathbf{Z}}_C + \hat{\mathbf{Z}}_R$ do conjunto capacitor em série com o resistor na forma cartesiana e represente-a também na forma polar. Preencha a tabela 4. Lembre-se que $\hat{\mathbf{Z}}_R$ é simplesmente o valor da resistência R .