

## **Sumário**

<b>Introdução</b>	<b>5</b>
<b>O circuito RLC paralelo em corrente alternada</b>	<b>6</b>
<b>As correntes no circuito RLC paralelo</b>	<b>7</b>
<b>A impedância do circuito RLC paralelo</b>	<b>9</b>
<b>Circuito LC paralelo ressonante</b>	<b>11</b>
<b>Circuito RLC paralelo ressonante</b>	<b>13</b>
<b>Apêndice</b>	<b>16</b>
<b>Questionário</b>	<b>16</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>16</b>



## **Espaço SENAI**

### **Missão do Sistema *SENAI***

Contribuir para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do País, promovendo a educação para o trabalho e a cidadania, a assistência técnica e tecnológica, a produção e disseminação de informação e a adequação, geração e difusão de tecnologia.

**Melhoria da Qualidade** – Buscar constantemente a melhoria do desempenho no trabalho, visando à excelência dos resultados.

# Introdução

---

Como se sabe, os aparelhos de rádio e televisão permitem ao simples toque de um botão, que se sintonize esta ou aquela estação. Como será que um rádio **separa** o som de uma estação de todas as outras?

A resposta para esta pergunta está no processo de sintonia que tem muito a ver com circuitos RLC paralelo e suas características.

Este fascículo tem como objetivo fornecer ao leitor os fundamentos básicos para que possa mais tarde compreender o **processo de sintonia** que ocorre em aparelhos de rádio e televisão.

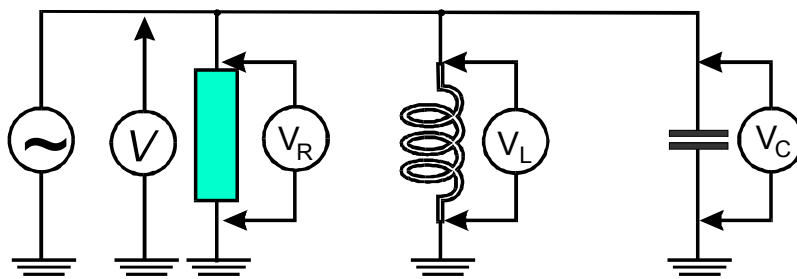


***Para ter sucesso no desenvolvimento do conteúdo e atividades deste fascículo, o leitor já deverá ter conhecimentos relativos a:***

- Capacitores.
- Indutores.
- Frequência de ressonância.
- Representação fasorial de parâmetros elétricos.

# O circuito RLC paralelo em corrente alternada

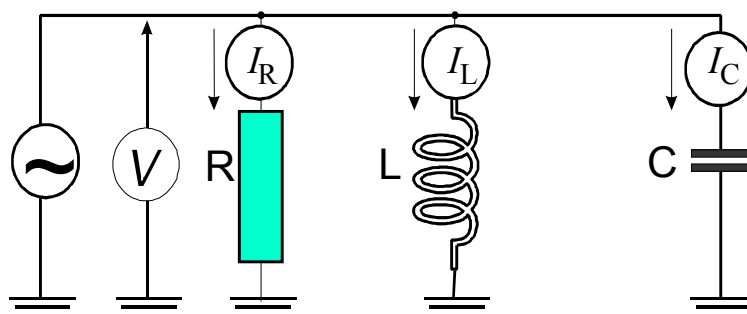
O circuito RLC paralelo é essencialmente defasador de correntes. Como em todo circuito paralelo, a tensão aplicada aos componentes é a mesma e serve como referência para o estudo do comportamento do circuito. A **Fig.1** mostra um circuito RLC paralelo.



**Fig.1** Circuito RLC paralelo.

Para a construção dos gráficos senoidal e fasorial do circuito RLC paralelo, a tensão é tomada como ponto de partida.

A aplicação de tensão ao circuito RLC paralelo provoca a circulação de três correntes ( $I_R$ ,  $I_L$ , e  $I_C$ ), como ilustrado na **Fig.2**.

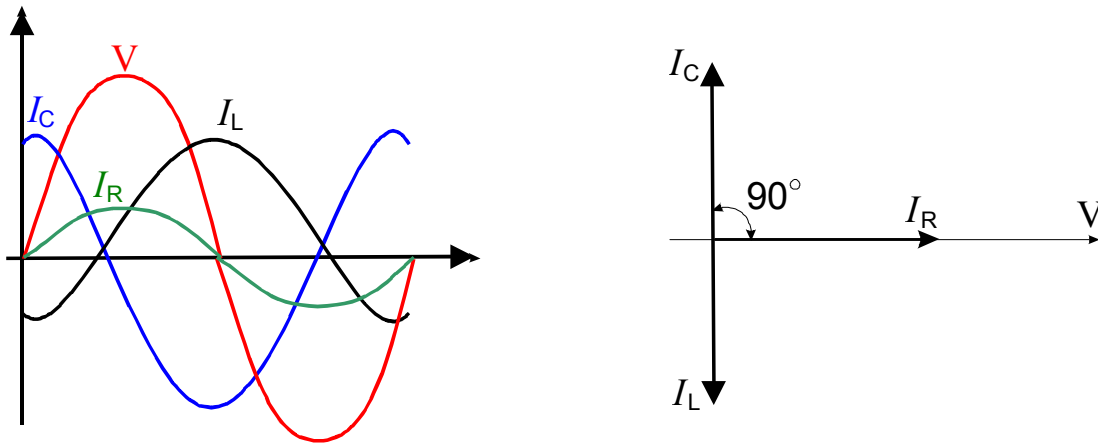


**Fig.2** Corrente nos três componentes R, L e C.

A corrente no resistor está em fase com a tensão aplicada ao circuito.

Por outro lado, a corrente no indutor está atrasada 90° em relação à tensão aplicada.

A corrente no capacitor está adiantada 90° em relação à tensão aplicada, como mostrado na **Fig.3**.



**Fig.3** Gráficos senoidal e fasorial de  $V$ ,  $I_C$ ,  $I_R$  e  $I_L$ .

A **Fig.3** corresponde ao gráficos senoidal e fasorial completo do circuito RLC paralelo em CA.

## AS CORRENTES NO CIRCUITO RLC PARALELO

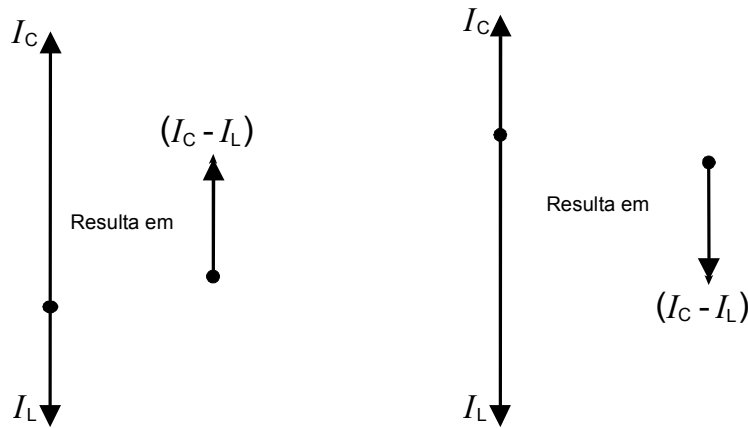
As correntes individuais no resistor, indutor e capacitor de um circuito RLC paralelo são determinadas diretamente através da Lei de Ohm para circuitos de CA.

$$I_R = \frac{V}{R} \quad I_L = \frac{V}{X_L} \quad I_C = \frac{V}{X_C}$$

Estas três correntes dão origem a uma corrente total  $I_T$  fornecida pela fonte.

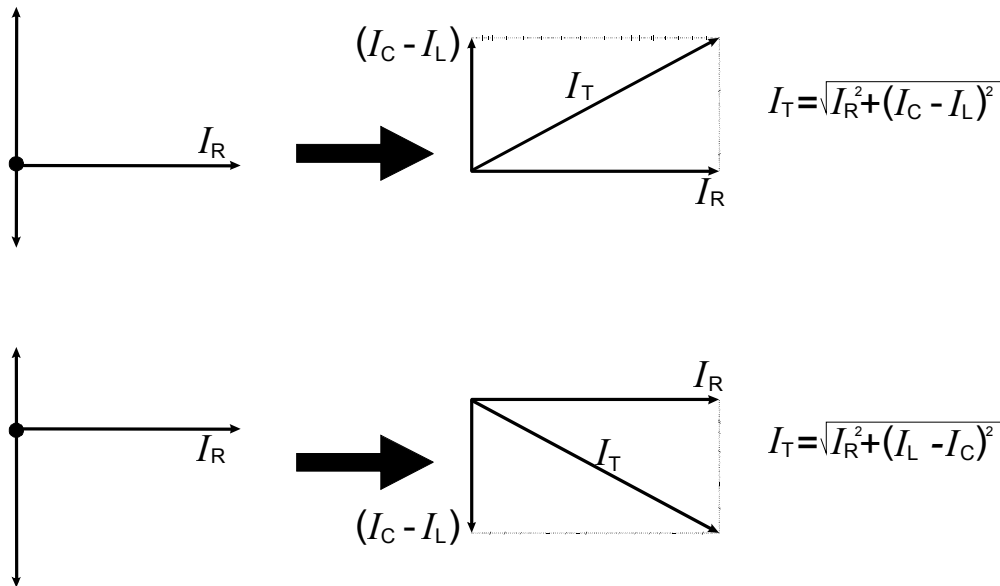
Essa corrente total é determinada pela soma fasorial, uma vez que as três correntes são defasadas entre si.

O primeiro passo é encontrar a resultante entre  $I_C$  e  $I_L$  que estão em oposição de fase, como pode ser visto na **Fig.4**.



**Fig.4** Corrente resultante entre  $I_C$  e  $I_L$ .

Uma vez que o sistema de três fasores foi reduzido a dois com defasagem entre si de  $90^\circ$ , a resultante pode ser determinada pelo Teorema de Pitágoras, como ilustrado na **Fig.5**.



**Fig.5** Determinação da corrente resultante em um circuito RLC paralelo pelo Teorema de Pitágoras.

A ordem dos termos  $I_L$  e  $I_C$  na equação só é importante se for necessário isolar um destes termos.

## A IMPEDÂNCIA DO CIRCUITO RLC PARALELO

A impedância de um circuito RLC paralelo pode ser determinada pela Lei de Ohm para circuitos de CA se a tensão e a corrente total forem conhecidas.

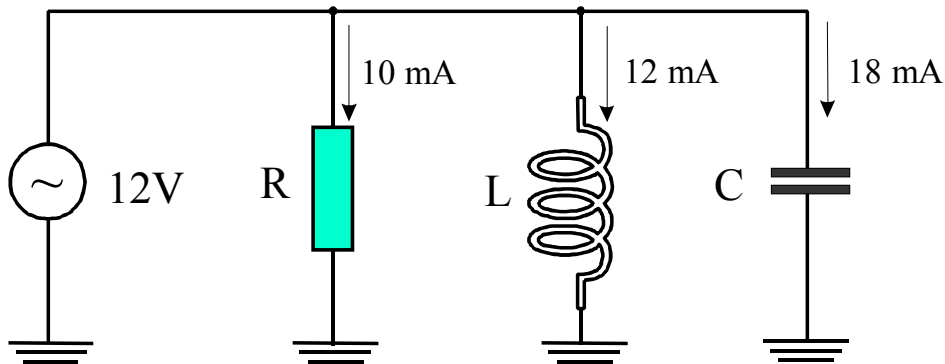
$$Z = \frac{V}{I_T}$$

A seguir são desenvolvidos dois exemplos de aplicação das equações da corrente total e da impedância do circuito RLC paralelo.

### Exemplo 1:

Determinar  $I_T$  e  $Z$  no circuito da figura abaixo.

### Solução:



$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} = \sqrt{10^2 + (18 - 12)^2}$$

$$I_T = 11,7 \text{ mA}$$

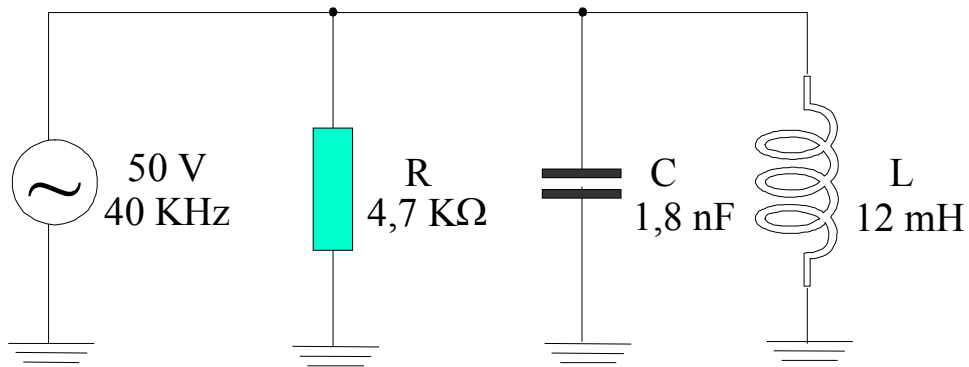
Observe que os valores das correntes foram colocados na equação em mA. Portanto a equação fornece um valor de  $I_T$  também em mA.

$$Z = \frac{V}{I_T} = \frac{12}{0,0117}$$

$$Z = 1.026 \Omega$$

**Exemplo 2:**

Determinar  $I_R$ ,  $I_L$ ,  $I_C$ ,  $I_T$  e  $Z$  no circuito da figura abaixo.



**Solução:**

$$X_L = 2\pi \times f \times L = 6,28 \times 40 \times 12 \qquad X_L = 3.014 \, \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times f \times c} = \frac{1}{6,28 \times 40 \times 1,8 \times 10^{-6}} \qquad X_C = 2.212 \, \Omega$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{50}{4.700} \qquad I_R = 10,6 \text{ mA}$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{50}{2.212} \qquad I_C = 22,6 \text{ mA}$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{50}{3.014} \qquad I_L = 16,6 \text{ mA}$$

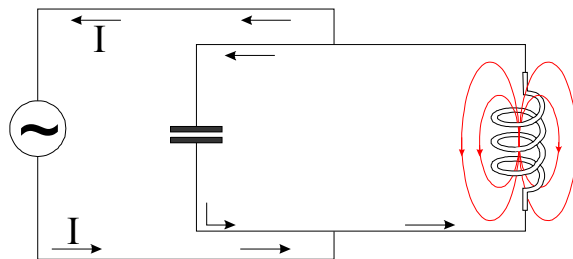
$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} \qquad I_T = \sqrt{10,6^2 + (22,6 - 16,6)^2} \qquad I_T = 12,18 \text{ mA}$$

$$Z = \frac{V}{I_T} = \frac{50}{0,01218} \qquad Z = 4.105 \, \Omega$$



# Circuito LC paralelo ressonante

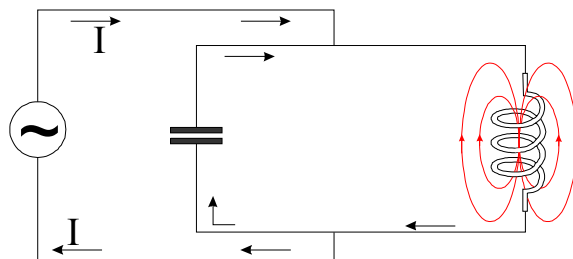
Quando um circuito LC paralelo é alimentado por uma fonte de CA na frequência de ressonância, ocorre um fenômeno característico. Enquanto o capacitor está devolvendo a energia armazenada nas armaduras, o indutor absorve corrente gerando um campo magnético, como pode ser visto na **Fig.6**.



**Fig.6** Descarga do capacitor e geração de campo magnético na bobina.

A corrente absorvida pelo indutor provém quase totalmente da descarga do capacitor. A fonte de CA repõe apenas a energia desprendida nas perdas do circuito.

Quando o capacitor completa a descarga, o indutor apresenta o campo magnético de maior intensidade. Cessada a corrente para o indutor, o campo magnético começa a diminuir de intensidade. A auto-indução na bobina provoca a circulação de corrente no sentido contrário, como ilustrado na **Fig.7**.



**Fig.7** Carga do capacitor e desmagnetização da bobina.

A corrente gerada pelo indutor é absorvida pelo capacitor que inicia um processo de recarga. Novamente o gerador fornece apenas corrente para repor as perdas do circuito.

O processo de carga e descarga do capacitor, e magnetização e desmagnetização da bobina continua ocorrendo sucessivamente. Dessa forma, a fonte geradora supre apenas energia para reposição das perdas do circuito.

Observa-se, então, que o consumo de corrente de um circuito LC paralelo é mínimo quando a frequência é a de ressonância. Isto pode ser demonstrado também através do gráfico fasorial do circuito LC.

Na ressonância, os valores de  $X_L$  e  $X_C$  são iguais. Isto faz com que  $I_L$  e  $I_C$  também sejam iguais. Como  $I_L$  e  $I_C$  estão em oposição de fase, a resultante  $I_L - I_C$  é nula.

Se o capacitor e principalmente o indutor, fossem componentes sem perdas, o circuito LC paralelo na frequência de ressonância não absorveria nenhuma corrente do gerador.

# Circuito RLC paralelo ressonante

O componente do circuito RLC pode ser analisado com base na equação da corrente total.

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

À medida em que a CA fornecida pelo gerador se aproxima da frequência de ressonância, os valores de  $X_L$  e  $X_C$  se aproximam.

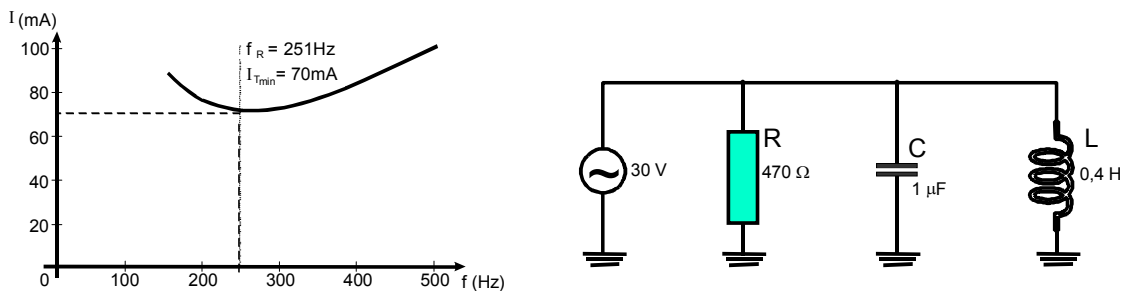
Na frequência de ressonância,  $X_L$  e  $X_C$  são iguais fazendo com que as correntes  $I_L$  e  $I_C$  também sejam iguais.

Aplicando-se os valores de  $I_L$  e  $I_C$  iguais na equação da corrente total, tem-se que :

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} \qquad I_T = \sqrt{I_R^2} \qquad I_T = I_R$$

Verifica-se que na ressonância apenas o resistor do circuito RLC absorve corrente da fonte.

O gráfico da **Fig.8** mostra o comportamento da corrente total em um circuito RLC em função da frequência.



**Fig.8** Corrente total em um circuito RLC em função da frequência.

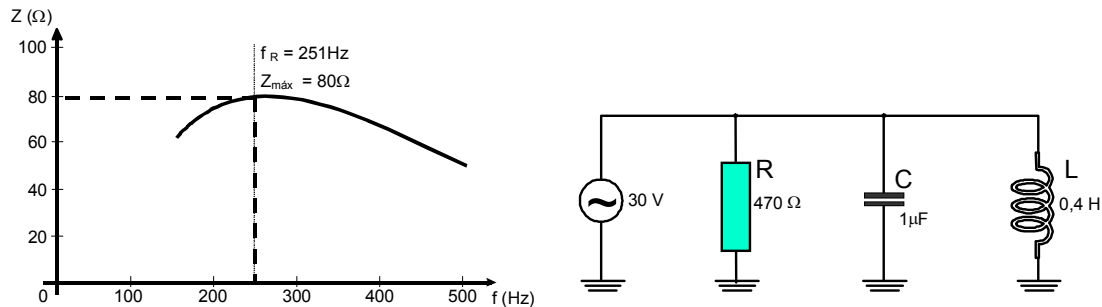


*No circuito RLC paralelo, a corrente tem o valor mínimo na freqüência de ressonância.*

Uma vez que a corrente total é mínima para o circuito RLC ressonante, pode-se concluir que sua impedância é máxima nesta situação.

$$Z = \frac{V}{I_T} \quad \text{na ressonância} \quad Z = \frac{V}{I_{T\min}} = Z_{\max}$$

O gráfico da **Fig.9** mostra a variação da impedância de um circuito RLC paralelo em função da freqüência.



**Fig.9** Comportamento da impedância para um circuito RLC paralelo



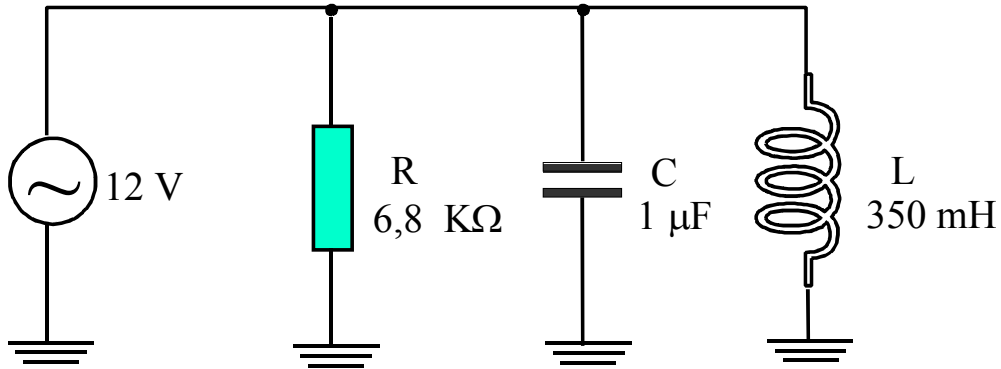
*A impedância de um circuito RLC paralelo na freqüência de ressonância é máxima.*

Os circuitos ressonantes paralelos são utilizados para geração de sinais em osciladores e para seleção de sinais em receptores de rádio e televisão.

A seguir é mostrado um exemplo de cálculo de circuito RLC paralelo ressonante.

**Exemplo 3:**

Determinar a frequência de ressonância e os valores de  $I_T$  e  $Z$  na ressonância do circuito da figura abaixo.

**Solução:**

$$f_R = \frac{1.000}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{para } L \text{ em henrys e } C \text{ em microfarads}$$

$$f_R = \frac{1.000}{6,28\sqrt{0,35 \times 1}} = \frac{1.000}{3,718} \quad f_R = 269\text{Hz}$$

Para calcular  $I_T$ , pode-se partir do princípio que na ressonância  $Z = R$  :

$$Z = 6,8 \text{ k}\Omega$$

$$I_T = \frac{V}{Z} \quad I_T = \frac{12}{6.800} \quad I_T = 1,76 \text{ mA}$$

# Apêndice

## QUESTIONÁRIO

1. Esboce os gráficos senoidal e fasorial das tensões e das correntes de um circuito RLC paralelo em corrente alternada.
2. Que valor assume a corrente em um circuito RLC paralelo na frequência de ressonância ?

## BIBLIOGRAFIA

- DAWES, CHESTER L. Curso de eletrotécnica; Corrente Alternada. A course in electrical engineering Trad. de João Protásio Pereira da Costa. 18.<sup>a</sup> ed., Porto Alegre, Globo, 1979, vol. 4
- VAN VALKENBURG, NOOGER & NEVILLE. Eletricidade Básica. 5.<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1960, vol. 4. ilustr.