**FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA UFPA**

**LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA E CIRCUITOS ELÉTRICOS**

**DISCIPLINA: LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS II**

**ALUNOS:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

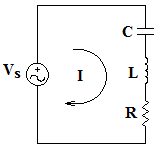
**EXPERIÊNCIA 7**

CIRCUITO RLC-SÉRIE

**Objetivo**: Verificar, experimentalmente, o comportamento de um circuito *RLC-série*

**Fundamento Teórico**

O circuito *RLC-série* é composto por um resistor, um capacitor e um indutor, associado em série, conforme mostra a figura 1.



**Figura 1: Circuito RLC-Série**

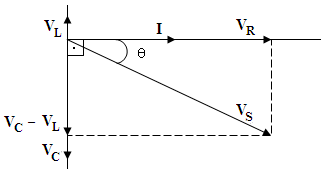
Na construção do diagrama vetorial visto na figura 2, consideramos como referência a corrente, sendo que neste caso ela está adiantada de *π/2 rad* em relação à tensão no capacitor e atrasada de *π/2 rad* em relação à tensão no indutor.

Para fins de diagrama vetorial, utiliza-se a resultante, pois, os vetores que representam a tensão no capacitor e a tensão no indutor, têm a mesma direção e sentidos opostos, condizentes com os efeitos capacitivos e indutivos.

# 

# Figura 2: Diagrama vetorial do circuito RLC-série com característica indutiva

Observando o diagrama da figura 2, notamos que *VL* é maior que *VC*, portanto temos como resultante um vetor (*VL  – VC*), determinando um circuito com características indutivas, ou seja, com a corrente atrasada em relação a tensão. No caso de termos *VC* maior que *VL*, obteremos um circuito com características capacitivas, ou seja, com a corrente adiantada em relação a tensão, resultando num diagrama vetorial como mostra a figura 3.



# Figura 3: Diagrama vetorial do circuito RLC-série com característica capacitiva

Do diagrama da figura 2, temos que, a soma vetorial com a resultante com a do resistor é igual a da tensão da fonte. Supondo todos os valores em rms, podemos escrever:

*(VS)2 = (VR)2 + (VL - VC)2*

dividindo todos os termos por *I2*, temos

*(VS/ I)2 = (VR/ I)2 + (VL/ I – VC / I)2*

Onde *VS/ I = Z, VR/ I = R, VC/ I = Xc* e *VL/ I = XL*

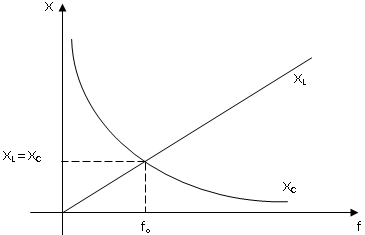
Portanto, podemos escrever

*Z2 = R2 + (XL – Xc)2* Ou  que é o valor de impedância do circuito.

O ângulo θ é a defasagem entre a tensão e a corrente no circuito e pode ser determinada através das relações trigonométricas do triangulo retângulo. Assim, de

senθ =  *cosθ = VRef/Vef = R/Z* tgθ = 

Como o circuito *RLC-Série* pode ter comportamento capacitivo ou indutivo, vamos sobrepor suas reatâncias, construindo o gráfico mostrado na figura 4.



**Figura 4: Curvas das reatâncias em função da frequência**

Do gráfico da figura 4, temos que, para freqüências menores que *fo, XC* é maior que *XL* e o circuito tem características capacitivas, como já visto. Para freqüências maiores que *fo, XL* é maior que *XC* e o circuito tem característica indutivas. Na freqüência *fo*, temos que *XC* é igual a *XL*, ou seja, o efeito capacitivo é igual ao efeito indutivo. Como estes efeitos são opostos, um anula o outro, apresentando o circuito características puramente resistivas. Este fato pode ser observado, utilizando a relação para o cálculo da impedância



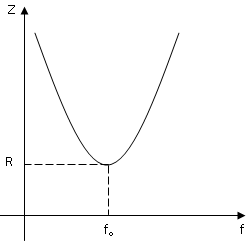
Como *XL = XC*, temos que *Z = R*

Como, neste caso, o circuito possui características resistivas, tensão e corrente estão em fase, assim sendo, o ângulo *θ* é igual a *zero*.

Como a freqüência *fo* anula os efeitos reativos, é denominada freqüência de ressonância e pode ser determinada, igualando-se as reatâncias indutivas e capacitivas

*f = fo → XL = XC**2πfoL =  (2πfo)2LC = 1 fo = *

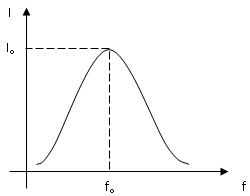
A partir do estudo feito, podemos levantar o gráfico da impedância em função da frequência, para o circuito *RLC-série*. Este gráfico é visto na figura 5.



**Figura 5: Característica da impedância de um circuito RLC-série**

Pelo gráfico, observamos que a mínima impedância ocorre na freqüência de ressonância e esta é igual ao valor da resistência.

Podemos também, levantar a curva da corrente em função da freqüência para o mesmo circuito. Esta curva é vista na figura 6

****

**Figura 6: Característica da corrente de um circuito RLC-série**

Pelo gráfico, observamos que para a freqüência de ressonância, a corrente é máxima (*Io*), pois a impedância é mínima (*Z = R*).

Quando no circuito *RLC-série*, tivermos o valor da resistência igual ao valor da reatância equivalente (*XL - XC*), podemos afirmar que a tensão no resistor (*VR*) é igual a tensão na reatância equivalente (*VL – VC*). A partir disso, podemos escrever

 *VRef = VLef - VCef*



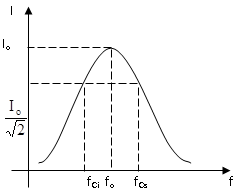
Dividindo por *R*, temos



Como representa o valor de *Io*, ou seja, a corrente do circuito na freqüência de ressonância, e *VR/R* a corrente no circuito na situação da reatância equivalente e igual a resistência, podemos relacioná-las

 ou 

Esse valor de corrente pode ocorrer em duas freqüências de valores distintos, sendo denominadas respectivamente de freqüência de corte inferior (*fCi*) e freqüência de corte superior (*fCs*). Na figura 7, é visto o gráfico da corrente em função da freqüência com esses pontos transpostos.

****

**Figura 7: Característica da corrente de um circuito RLC-série**

A faixa de freqüência, compreendida entre a freqüência de corte inferior e a freqüência de corte superior, é denominada de *Largura de Banda*, podendo ser expressa por *L.B.= fCs - fCi*.

##### PARTE PRÁTICA

**OBSERVAÇÕES INICIAIS**

**ANTES DA MONTAGEM DE QUALQUER EXPERIÊNCIA É IMPORTANTE TESTAR A *CONTINUIDADE* DE CADA CABO UTILIZADO NA CONEXÃO DOS EQUIPAMENTOS**

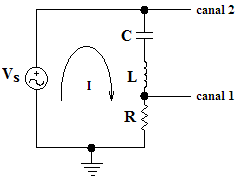
**EM TODAS AS MEDIDAS EFETUADAS, NÃO SE ESQUEÇA DE ANOTAR A *UNIDADE USADA*.**

**EM QUALQUER MEDIDA USE SEMPRE *DUAS CASAS DECIMAIS*, FAZENDO O DEVIDO *ARREDONDAMENTO*.**

**Equipamento:** Gerador de Sinais; Osciloscópio.

**Componentes:** Resistor: *1 KΩ*; Capacitor: *0,01μF*; Indutor: *1 a 10 mH*

1) Monte o circuito da figura 8 . Ajuste o gerador de sinais para *5Vpp*, onda senoidal.



**Figura 8: Circuito RLC-série para o experimento**

2) Varie a frequência do gerador de sinais, conforme a tabela 1, mantendo sua tensão de saída em

*Vs =* *5Vpp*. Para cada valor de freqüência meça e anote a tensão pico-a-pico no resistor e calcule os parâmetros restantes da tabela.

**TABELA 1**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *f(KHz)* | *VRpp* | *VRef* | *Ief = VRef/R* | *Z = Vsef/ Ief* |
| *2* |  |  |  |  |
| *6* |  |  |  |  |
| *10* |  |  |  |  |
| *14* |  |  |  |  |
| *18* |  |  |  |  |
| *22* |  |  |  |  |
| *26* |  |  |  |  |
| *30* |  |  |  |  |

3) Utilizando o mesmo circuito da figura 8, meça e anote os valores de *2a* e *2b* na tabela 2.

**TABELA 2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *f(KHz)* | *2a* | *2b* | *θ* |
| *20* |  |  |  |
| *25* |  |  |  |
| *30* |  |  |  |
| *35* |  |  |  |
| *40* |  |  |  |
| *45* |  |  |  |
| *50* |  |  |  |
| *55* |  |  |  |
| *60* |  |  |  |

4) Para o circuito da figura 8, varie a frequência do gerador de sinais até obter *2a = 0*. Anote o valor dessa freqüência no quadro abaixo.

|  |  |
| --- | --- |
| *fo (KHz)* |  |

**OBSERVAÇÕES FINAIS**

**AO TÉRMINO DAS EXPERIENCIAS NÃO DESCONECTE OS CABOS DOS EQUIPAMENTOS. DESLIGUE APENAS A ALIMENTACAO**

**FAZ PARTE DO RELATORIO, RESPONDER A PROBLEMATICA ABAIXO**

**PROBLEMÁTICA**

1) Escreva a equação diferencial do circuito da figura 8, em termos da tensão no capacitor, genericamente (sem substituir valores).

2) Escreva a equação fasorial (em função de ω) da equação do problema 1.

3) Se a freqüência do gerador de sinais for variada até atingir a freqüência de ressonância do circuito, o que acontece com a tensão no resistor, no capacitor e no indutor, teoricamente?

4) Esboce como seria o gráfico do módulo da impedância de um circuito RLC-paralelo em função da freqüência.

5) Cite uma aplicação do circuito RLC.

6) A partir dos dados experimentais, construa os gráficos da impedância (*Z*), da corrente (*I*) e da fase (*θ)* em função da freqüência (*f*). Identifique no gráfico da corrente as freqüências *fo, fCs e fCi* e calcule a largura de banda desse circuito.

7) Suponha que o circuito de sintonia mostrado na figura abaixo, recebe na antena uma tensão *va = cos(t)*. Encontre o valor da capacitância para que, na frequência de *105 rd/s*, o circuito entre em ressonância com *va*. Encontre os valores de *VL* e *VC* nesta situação.

