UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA

CIRCUITOS RLC SÉRIE DE SEGUNDA ORDEM

GUSTAVO SIMAS DA SILVA

HENRIQUE PICKLER DA SILVA

OUTUBRO, 2017

“Uma experiência nunca é um fracasso, pois vem sempre a demonstrar algo”.

Thomas Edison

**ÍNDICE DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E UNIDADES**

**i - Corrente elétrica**

**P - Potência elétrica ativa**

**A - ampère (intensidade de corrente elétrica)**

**V - volt (diferença de potencial elétrico)**

**W - Watt (potência elétrica ativa)**

**CC, DC - corrente contínua**

**AC, CA - corrente alternada**

Ω - ohm (resistência elétrica)

Hz - hertz (frequência)

**n - nano (10-9)**

**μ - micro (10-6)**

**m - mili (10-3)**

**k - quilo (103)**

**M - mega (106)**

**ÍNDICE DE FIGURAS, TABELAS E EQUAÇÕES**

[Tabela 1 - Valores obtidos do experimento 12](#_Toc495233174)

[Figura 1 - Circuito RLC série 7](file:///C:\Users\Gustavo\Documents\UFSC\4ª%20Fase\Circuitos%20Elétricos%20A\EEL7045\Lab\Relatorios\Relatorio%20Circuitos%20Elétricos%20A%20-%20aula%206.docx#_Toc495233179)

[Figura 2 - Curvas de amortecimento 9](file:///C:\Users\Gustavo\Documents\UFSC\4ª%20Fase\Circuitos%20Elétricos%20A\EEL7045\Lab\Relatorios\Relatorio%20Circuitos%20Elétricos%20A%20-%20aula%206.docx#_Toc495233180)

[Figura 3 - Onda de resposta 10](file:///C:\Users\Gustavo\Documents\UFSC\4ª%20Fase\Circuitos%20Elétricos%20A\EEL7045\Lab\Relatorios\Relatorio%20Circuitos%20Elétricos%20A%20-%20aula%206.docx#_Toc495233181)

Sumário

[1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS 6](#_Toc495233161)

[2. BASE TEÓRICA 7](#_Toc495233162)

[2.1 Circuito RLC Série 7](#_Toc495233163)

[3. RESULTADOS DE LABORATÓRIO 10](#_Toc495233164)

[3.1 Materiais e Métodos 10](#_Toc495233165)

[3.2 Circuito para Montagem 10](#_Toc495233166)

[4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 13](#_Toc495233167)

[REFERÊNCIAS 14](#_Toc495233168)

1. ****INTRODUÇÃO E OBJETIVOS****

Este relatório visa demonstrar os conceitos vistos na Aula 6 de laboratório da disciplina EEL7045 - Circuitos Elétricos A dos cursos de Engenharia Elétrica e Eletrônica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O foco desta aula foi Circuitos RLC série de Segunda Ordem, tão como análise teórica, demonstração e comprovação destes por meio de montagem de circuito em matriz de contatos.

O trabalho contempla estes assuntos e evidencia as demonstrações feitas em aula, apresenta a base teórica e os dados coletados pelas medições realizadas, com conclusões acerca dos resultados e discussão sobre possíveis aprimoramentos na realização das atividades mencionadas.

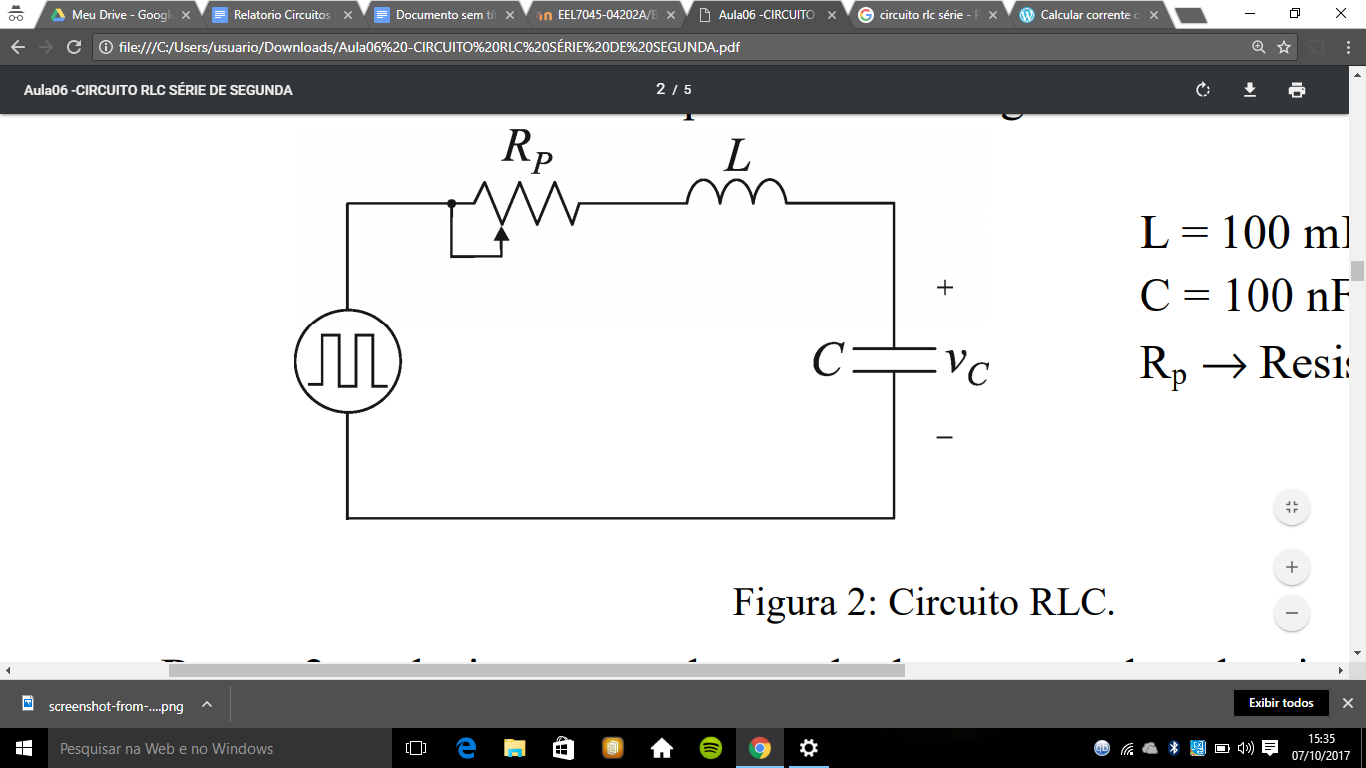
# BASE TEÓRICA

Para entendimento dos conceitos abordados no referente relatório, é apresentada uma base teórica com a explanação da teoria de Circuitos RLC série de Segunda Ordem.

## **Circuito RLC Série**

Segundo Peng[1]:

“*O circuito RLC é chamado de circuito de segunda ordem porque qualquer tensão ou corrente nele é definida por uma equação diferencial de segunda ordem. A combinação de valores dos elementos que compõem o circuito (indutor, resistor e capacitor) define a forma como as tensões e correntes se estabelecerão em função do tempo, havendo três possibilidades: resposta subamortecida, resposta criticamente amortecida e resposta superamortecida*”.

 A Figura 1 apresenta um esquemático de um Circuito RLC série.

**Figura 1 - Circuito RLC série**

Por questões práticas, de acordo com Sadiku[3], considera-se “v” como sendo a tensão no capacitor e “i” como a corrente no indutor. Aplicando-se a segunda lei de Kirchhoff (Lei das Tensões / Malhas) ao circuito, encontramos:

Sabemos que, independentemente dos valores do indutos, capacitor, resistor e fonte, teremos:

Como é um caso de circuito em série, temos ic = iL = iR, resulta:

Assim, ao se analisar a resposta do circuito para t > 0:

Definimos, então, 2= R/L e 1/√(LC), chegamos a:

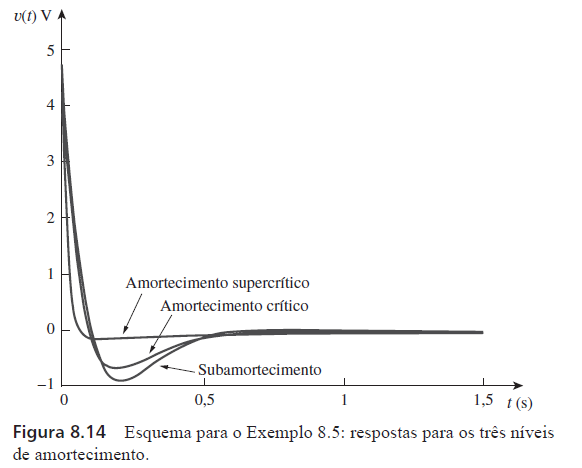
Com base nisso, definimos a equação característica da Equação Diferencial Ordinária (EDO):

Calculando-se as raízes, encontramos:

Deste modo, três casos são possíveis:

1. : **Superamortecido**
2. : **Amortecimento Crítico**
3. : **Subamortecido**

A Figura 2 apresenta o gráfico com as três diferentes curvas de amortecimento passíveis de serem identificadas em circuitos RLC série.



**Figura 2 - Curvas de amortecimento (SADIKU [3])**

1. RESULTADOS DE LABORATÓRIO

## **Materiais e Métodos**

Para obter os resultados de laboratório, foram utilizados os seguintes instrumentos de medição: Multímetro Analógico (marca ICEL, modelo MA-100), Multímetro Digital (marca Minipa, modelo ET-2082C), além de demais materiais auxiliares como matriz de contato, jumpers (conectores), potenciômetro linear de 10k Ω, resistores de valores comerciais e precisão 5%, capacitor de tântalo 100nF, indutor de 100mH, gerador de sinais.

Avaliou-se o estado de conservações dos instrumentos e nenhum deles apresentou dano aparente ou qualquer falha mecânica/eletrônica de modo que comprometesse significativamente os procedimentos de laboratório.

## **Circuito para Montagem**

Seguindo o roteiro de laboratório proposto em [1], propôs-se a montagem do circuito na Figura 1, com L = 100mH, C = 100nF e Rp uma resistência variável (potenciômetro).

Como entrada, selecionou-se uma onda quadrada no gerador de sinal, com auxílio do osciloscópio digital, amplitude de 5V (nível baixo = 0V). Ajustou-se o valor do potenciômetro e a frequência da onda quadrada, de modo que a oscilação terminasse antes de Ts/2, conforme ilustrado pela Figura 3.



**Figura 3 - Onda de resposta**

Assim, foi medida a frequência de amortecimento (fd), tão como a diferença entre dois picos consecutivos para cálculo de outros parâmetros.

Já que a corrente no circuito é a mesma em todos os componentes, fica visível que a resistência aumentará a dissipação de energia. A resistência aparece na equação da corrente também, porém esta é de mais difícil análise. A resistência pode fazer o tipo da resposta mudar. Existem três casos possíveis:

1. Subamortecido
2. Amortecimento crítico
3. Sobreamortecido

Nosso circuito se encaixa no caso subamortecido como será demonstrado logo, esse caso é caracterizado pela periodicidade. Os outros dois, são os casos onde não ocorre a periodicidade, o amortecimento crítico é o modo onde o sistema volta ao equilíbrio mais rapidamente sem haver nenhuma periodicidade. No modo subamortecido o mesmo ocorre porém mais lentamente.

Toda essa teoria é expressada de maneira matemática, onde todas estas grandezas se relacionam e descrevem o comportamento do circuito. Para demonstrar esta teoria, foi medido o valor da resistência, da indutância e da frequência de amortecimento, e com isso iremos calcular o valor da capacitância usando as equações abaixo:

Calcula-se o valor da frequência natural não-amortecida como:

A capacitância é a seguinte:

O valor obtido nos cálculos é verificado pelo componente, que é de fato um capacitor de 100nF e está dentro do erro esperado. O cálculo a seguir demonstra que nosso circuito é de fato subamortecido:

Logo verificamos que:

A Tabela 1, apresenta os valores medidos e calculados de acordo com o experimento.

**Tabela 1 - Valores obtidos do experimento**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **R (medido)** | **L[[1]](#footnote-1) (medido)** | **fd (medido)** | **C (calculado)** | ****  **calculado)** | **f0 (calculado)** |
| Valores | (24,6±0,3) Ω | 100mH | (58,9±0,3)Hz | 107nF | 123 | 1538,55Hz |
| Escala | 200Ω | 200mH | 400 Hz | - | - | - |

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo de circuitos em geral, queremos saber como um circuito responde a certos tipos de excitações. Nesse caso, queremos saber a resposta do circuito a um degrau a ponto de estudarmos o período de transição após uma mudança súbita de tensão. Para simular o degrau, foi utilizado uma função quadrada com longo período de tal maneira que a oscilação do circuito terminasse antes de haver outra transição.

A oscilação se dá devido à reciprocidade da energia armazenada no capacitor e no indutor. O indutor procura manter a corrente no circuito, porém ao fazer isso sua energia é transmitida ao capacitor devido a essa corrente induzida; o capacitor, por sua vez, procura manter a tensão entre seus terminais constante, porém para fazer isso, este deve aplicar uma corrente no circuito, a qual faz a energia ser transmitida ao indutor.

Este ciclo se repetiria ao infinito, porém, como temos um circuito com uma resistência associada, a todo momento existe uma dissipação de energia na mesma, o que faz com que intensidade da oscilação seja diminuída até não haver mais energia no sistema. Quanto maior o valor da resistência, mais rápido a energia do sistema será dissipada no mesmo. Isso é evidenciado ao analisarmos a equação da potência dissipada no resistor: **P = Ri².**

Assim, após o experimento, ficou evidenciada a influência e o papel de cada componente no circuito RLC série. Este circuito pode ser usado em vários problemas práticos como filtros, sintonizar receptores de rádio e aplicações como um simples circuito oscilador.

REFERÊNCIAS

[1] PENG, Patrick Kuo. **Aula 06 ANÁLISE DE CIRCUITOS DE SEGUNDA ORDEM:**

**CIRCUITO RLC SÉRIE**. Disponível em: <https://github.com/GSimas/EEL7045/blob/master/Lab/Aula06%20-CIRCUITO%20RLC%20S%C3%89RIE%20DE%20SEGUNDA.pdf> . Acesso em 08 out. 2017.

[2] PETRY, Clovis Antônio. **Teoria de Erros, Medidas e Instrumentos de Medidas.** Disponível em: <http://professorpetry.com.br/Ensino/Repositorio/Docencia_CEFET/Metodos_Tecnicas_Laboratorio/2013_1/Apresentacao_Aula_03.pdf>. Acesso em 10 set. 2017.

[3] ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos.** McGraw Hill. 2016.

1. Houve dificuldade em realizar a medição da indutância, com isso, utilizou-se o valor padrão informado no componente. [↑](#footnote-ref-1)