



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica
FEELT

**ANÁLISE DE ONDAS NÃO SENOIDAIS - LÂMPADAS
(CARGAS NÃO LINEARES)**

Relatório da Disciplina de Experimental de Circuitos Elétricos II
por

Lesly Viviane Montúfar Berrios
11811ETE001

Prof. Wellington Maycon Santos Bernardes
Uberlândia, Dezembro / 2019

Sumário

1	Objetivos	2
2	Introdução teórica	2
3	Preparação	3
3.1	Materiais e ferramentas	3
3.2	Montagem	3
3.2.1	Lâmpadas (Cargas não lineares)	3
3.2.2	Medições em ambiente com $f \neq 60Hz$	5
4	Dados Experimentais	6
4.0.1	Lâmpadas (Cargas não lineares)	6
4.0.2	Medições em ambiente com $f \neq 60Hz$	6
5	Análise sobre segurança	6
6	Análise e discussão	7
6.0.1	Descrição da corrente sobre as lâmpadas em série Fourier . . .	7
6.0.2	Comparação do valor RMS obtido com o experimental	7
6.0.3	Espectro harmônico da corrente	7
6.0.4	Sobre a Distorção Harmônica Total (DHT)	7
7	Simulação computacional	7
8	Conclusões	7

1 Objetivos

Pretende-se verificar experimentalmente conceitos teóricos de sinais não senoidais, obtendo os coeficientes da série de Fourier pelo método analítico e usando uma rotina computacional (como Matlab, Python). Aqui também é investigada a determinação do valor eficazes (rms) da tensão e corrente, bem como as potências associadas das formas de onda não senoidais.

2 Introdução teórica

Ondas não senoidais na rede são bastante comuns e originam-se da presença de cargas não-lineares na rede (proporção tensão e corrente não é constante). Alguns exemplos de cargas geradoras de correntes harmônicas são geradores e motores CA, transformadores, lâmpadas de descarga, retificadores/motores CC controlados, inversores/motores de indução, ciclo-conversores/motores síncronos, cargas de aquecimento controladas por tiristores, reguladores de tensão a núcleo saturado, computadores etc [1].

Na Figura 1 observa-se uma característica importante para ondas com distorção harmônica. A corrente fundamental vai da fonte para a carga, enquanto que as de ordem harmônica vão da carga para a fonte (sentido oposto). Além disso, a Figura 2 ilustra como é feita a análise da onda não senoidal, por meio da descrição em séries de Fourier, para assim poder construir seu espectro de frequências.

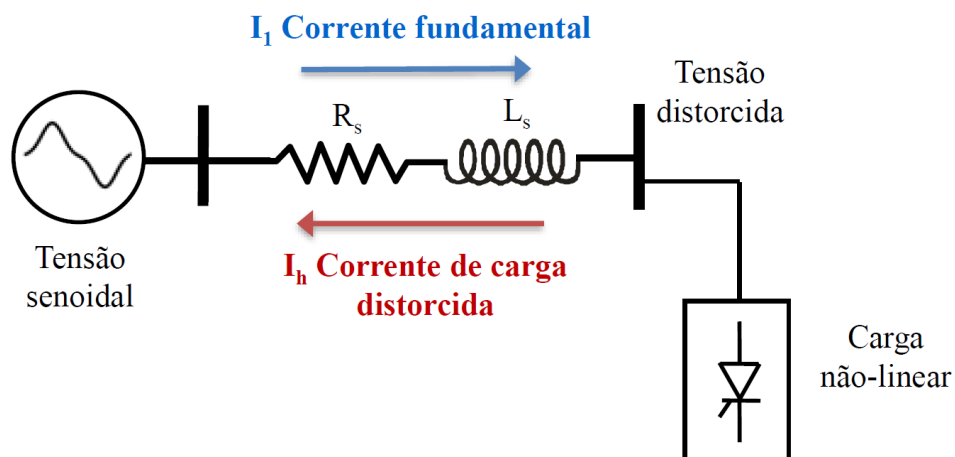


Figura 1: Figura ilustrativa de harmônicos na rede [1].

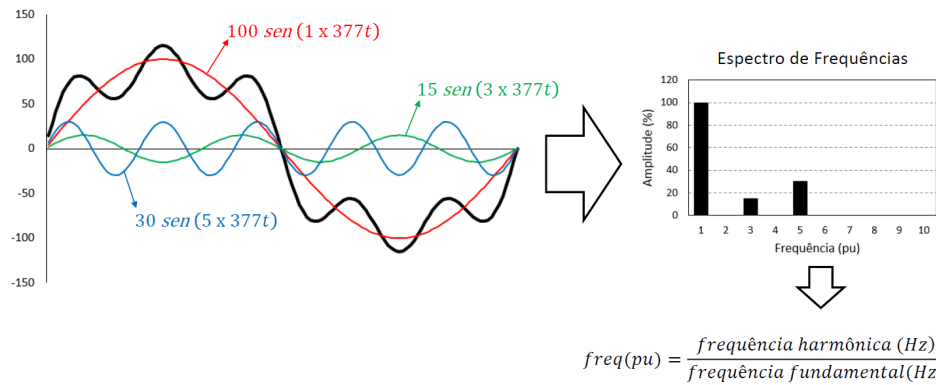


Figura 2: Descrição em série de Fourier e análise espectro de frequências [1].

3 Preparação

3.1 Materiais e ferramentas

- 1 - **Fonte:** Alimentará todo o circuito. Possui frequência de 60 Hz .
- 2 - **Regulador de tensão (Varivolt):** Também chamado de autotransformador, permitirá obter o valor desejado de corrente a partir da regulação correta da tensão fornecida pela fonte.
- 3 - **Conectores:** Para as conexões no circuito foi utilizado majoritariamente cabos banana-banana.
- 4 - **Medidor eletrônico KRON Mult K:** Possibilita encontrar a medição da potência real (P) - vatímetro, reativa (Q) e aparente (S) do circuito. Ele também possui função de cofasímetro, instrumento elétrico que mede o fator de potência (fp , $\cos\theta$) ou o ângulo da impedância θ do circuito, para um circuito com a impedância $Z = Z\angle\theta$.
- 5 - **Lâmpadas:** Foram utilizadas lâmpadas LED e incandescente, para investigar o carácter não linear dessas cargas e seu efeito na rede.
- 6 - **Reostato:** Carga resistiva para evitar dano na lâmpada LED.

3.2 Montagem

3.2.1 Lâmpadas (Cargas não lineares)

A montagem realizada observa-se na Figura 3, na qual são empregados medidores de tensão e de corrente digitais (*Kron Mult-K Série 2*). A configuração usada no

medidor *Kron* foi $TL=0000$ (3ϕ com Neutro - Carga Desequilibrada) e valor para a resistência medida foi de $R = 10.1\Omega$ e foi aplicada uma tensão de fase $V_F = V_{AN}$ que variou de 10 a 100V. Lembrando que as lâmpadas a LED ou fluorescente compacta normalmente acende após certo valor de tensão.

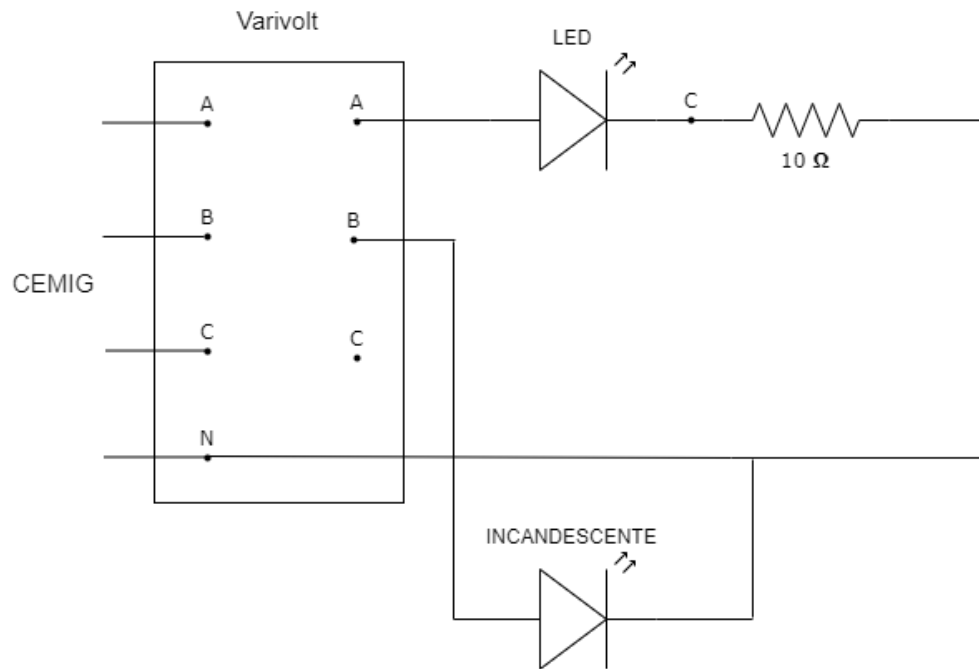


Figura 3: Método do voltímetro, utilizando-se equipamento digital.

3.2.2 Medições em ambiente com $f \neq 60Hz$

A primeira montagem com a fase A aberta resulta na montagem da Figura 4.

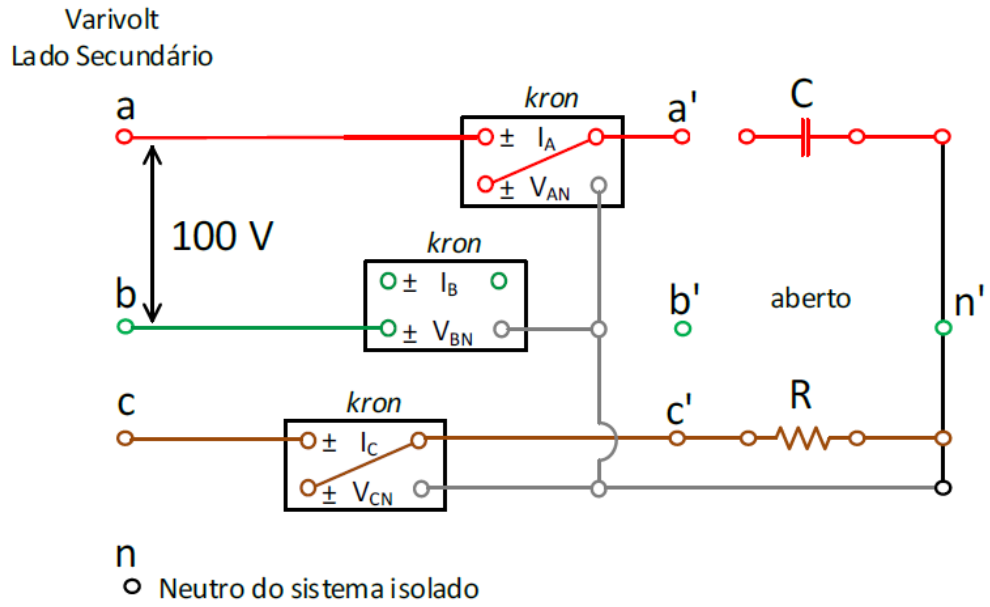


Figura 4: Montagem 1 com fase A aberta.

4 Dados Experimentais

4.0.1 Lâmpadas (Cargas não lineares)

Do experimento para análise de tensão e corrente em cargas não lineares tem-se do dados contemplados na Tabela 1.

Tabela 1: Dados experimentais para o experimento com lâmpadas como carga.

V_F (V)	Fase	V_F (V)	I_L	P (W)	Q (VAr)	S (VA)	FP	DTT (%)	DTI (%)
10,0	A	10,47	0	0	0	0	0	4,73	0
	B	10,67	0,112	1,182	1,156	1,194	0,991	4,09	9,08
20,0	A		0	0	0	0	0		
	B								
30,0	A		0	0	0	0	0		
	B								
40,0	A		0	0	0	0	0		
	B								
50,0	A								
	B								
60,0	A								
	B								
70,0	A								
	B								
80,0	A								
	B								
90,0	A								
	B								
100,0	A								
	B								

4.0.2 Medições em ambiente com $f \neq 60Hz$

5 Análise sobre segurança

Os óculos de segurança são Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e são utilizados para a proteção da área ao redor dos olhos contra qualquer tipo de detrito

estranho, que possa causar irritação ou ferimentos. Também protegem contra faíscas, respingos de produtos químicos, detritos, poeira, radiação e etc [2]. É importante a utilização desse equipamento durante os experimentos a fim de evitar qualquer dano, além de preparar o profissional para o manejo correto e seguro de qualquer equipamento. Além disso, foi de extrema importância a presença do professor ou técnico na verificação da montagem do circuito antes de energizá-lo. Assim, reduziu-se riscos de curtos-circuitos ou sobrecarga na rede.

6 Análise e discussão

6.0.1 Descrição da corrente sobre as lâmpadas em série Fourier

6.0.2 Comparação do valor RMS obtido com o experimental

6.0.3 Espectro harmônico da corrente

6.0.4 Sobre a Distorção Harmônica Total (DHT)

7 Simulação computacional

8 Conclusões

Ter conhecimento sobre a sequência de fases em circuito equilibrado é de extrema importância, uma vez que do desequilíbrio pode resultar correntes elevadas em determinada fase e assim danificar algum equipamento, além de ser essencial na determinação da direção de rotação de uma motor de indução conectado à fonte de tensão trifásica. Para isso, tem-se equipamentos como o fasímetro e o sequenciômetro. Entretanto, na ausência desses equipamentos sofisticados, o engenheiro deve ser capaz de determinar a sequência de fases utilizando-se de equipamentos de menor custo, como o voltímetro ou visualizando-se a intensidade do brilhar de uma lâmpada.

Assim, neste experimento é tratado o método dos voltímetros, e verificou-se que considera-se sequência de fases ABC, no caso de tensão na fase B $V_{bn'} > V_{ab}$. Enquanto que para $V_{bn'} < V_{ab}$ considera-se sequência de fases CBA. A conclusão do experimento terminou na verificação do mesmo efeito, porém utilizando-se lâmpadas nos terminais V_{ab} e $V_{bn'}$, para visualizar o mesmo efeito na intensidade do brilhar.

Referências

- [1] P. H. O. Rezende, "Ondas Não Senoidais", 2018.
- [2] SafetyTrabi, "Óculos de segurança: Saiba quando utilizar este EPI", SafetyTrab, 2019. Disponível em: <https://www.safetytrab.com.br/blog/oculos-de-seguranca/>. Acesso em: ago. 2019.