

QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

Laboratório 4

"MEDIÇÃO DE HARMÔNICAS"

"MEDIÇÃO DE HARMÔNICAS"

OBJETIVOS:

1. Detectar harmônicas com instrumentos de valor eficaz verdadeiro (TRUE RMS).
2. Medir os níveis de harmônicas em um circuito com carga não linear.

INTRODUÇÃO TEÓRICA:

Em redes trifásicas, as harmônicas que encontramos mais frequentemente e, portanto, as mais problemáticas são as harmônicas de ordem ímpar.

Acima da ordem 50, as correntes harmônicas são reduzidas e a sua medição não é significativa.

Uma precisão de medida aceitável obtém-se ao considerar as harmônicas até a ordem 30.

Os distribuidores de energia medem, geralmente, as harmônicas de ordem 3, 5, 7, 11 e 13.

A compensação das harmônicas até a ordem 13 é imperativa e uma boa compensação levará em conta as harmônicas até a ordem 25.

Cada aparelho que causa harmônicas tem as suas próprias correntes harmônicas com amplitudes e defasagens diferentes, valores muito importantes na análise da distorção harmônica.

A distorção harmônica individual define-se como o nível de distorção, em porcentagem, de ordem h , com relação à fundamental.

$$U_h(\%) = \frac{U_h}{U_1} \cdot 100 \quad I_h(\%) = \frac{I_h}{I_1} \cdot 100$$

O espectro em frequência é um método gráfico muito prático que permite a representação das harmônicas que compõem um sinal periódico.

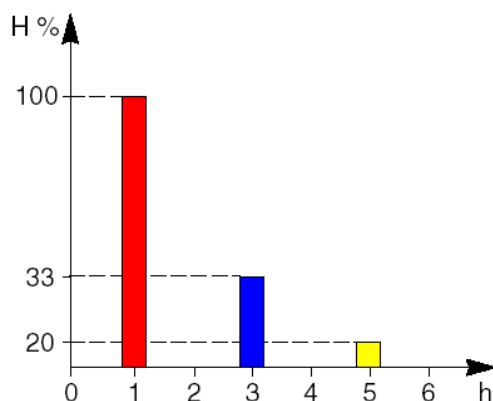


Figura 1 Espectro em frequência.

O espectro é um histograma que indica a amplitude de cada harmônica em função da sua ordem. Este tipo de representação também se denomina análise espectral.

O espectro em frequência indica quais harmônicas estão presentes e a sua importância relativa.

A taxa de distorção harmônica (THD):

É um valor que reflete o nível de distorção nas ondas de tensão e corrente.

A taxa de distorção harmônica é frequentemente utilizada para definir a importância do conteúdo harmônico de um sinal alternado.

$$THD = \sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} \left(\frac{V_i^2}{V_N^2} \right)} \times 100\%$$

Onde:

- V_i = é o valor eficaz (rms) da tensão harmônica "i".
- V_N = é a tensão nominal no ponto de medição.

A THDu proporciona informação sobre fenômenos observados em uma instalação:

- Um valor THDu inferior a 5% considera-se normal. Não há risco de mau funcionamento nos equipamentos.
- Um valor THDu compreendido entre 5 e 8% indica distorção harmônica significativa. Podem ocorrer funcionamentos anômalos nos equipamentos.
- Um valor THDu superior a 8% revela uma distorção harmônica importante. Os funcionamentos anômalos nos equipamentos são prováveis. Uma análise profunda e um sistema de atenuação tornam-se necessários.

Para identificar a carga que causa a distorção, a THD de corrente deve ser medida na entrada e em cada uma das saídas dos diferentes circuitos.

A THDi fornece informação sobre fenômenos observados em uma instalação:

- Um valor THDi inferior a 10% considera-se normal. Praticamente não há risco de funcionamento anômalo nos equipamentos.
- Um valor THDi compreendido entre 10 e 50% revela uma distorção harmônica significativa. Há risco de que aumente a temperatura; os cabos e as fontes precisam ser superdimensionados.
- Um valor THDi superior a 50% revela uma distorção harmônica importante. O funcionamento anômalo dos equipamentos é provável. Uma análise profunda e um sistema de atenuação são necessários.

SEGURANÇA:

**NESTE LABORATÓRIO SE TRABALHA COM
TENSÕES PERIGOSAS. NÃO ENERGIZE SEM
AUTORIZAÇÃO DO PROFESSOR.**



**AS LÂMPADAS UTILIZADAS NESTAS
EXPERIÊNCIAS ESTARÃO QUENTES MESMO
DEPOIS DE DESLIGAR OS CIRCUITOS.**

EQUIPAMENTOS E MATERIAIS:

Quantidade	Descrição	Marca	Modelo	Observação
01	Fonte de tensão AC variável			
02	Multímetro digital			Que não meça trms
02	Multímetro digital <i>TRUE RMS</i>			
01	Analisador de redes portátil			
01	Carga resistiva variável			
01	Diodo			
02	Lâmpada econômica			
	Condutores de conexão			



Figura 2 Analisador de redes.

PROCEDIMENTO:**A. DETECÇÃO DE HARMÔNICAS**

1. Monte o circuito mostrado na figura, utilizando os voltímetros e amperímetros com as escalas apropriadas. **NÃO ENERGIZE O CIRCUITO!**

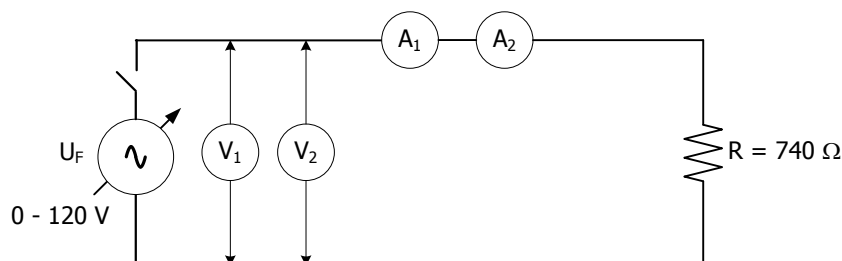


Figura 3 Medições de uma carga linear.

Onde:

V_1 = Voltímetro digital (só mede valores eficazes).

V_2 = Voltímetro digital de valor eficaz verdadeiro (*TRUE RMS*).

A_1 = Amperímetro digital (só mede valores eficazes).

A_2 = Amperímetro digital de valor eficaz verdadeiro (*TRUE RMS*).



CHAME O PROFESSOR PARA QUE ELE REVISE SEU CIRCUITO.

2. Ligue a fonte de tensão alternada e regule-a aos valores indicados na primeira coluna da tabela 1 (utilizando o voltímetro V_1). Para cada valor de tensão anote as leituras dos instrumentos nos campos correspondentes.

U_F (V)	V_1 (V)	V_2 (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)
20				
40				
60				
80				
100				
120				

Tabela 1 Valores eficazes e valores eficazes verdadeiros de uma carga linear.

- Reduza a tensão a zero volt e desligue a fonte de tensão.
- Monte o circuito mostrado na figura, utilizando os voltmímetros e amperímetros com as escalas apropriadas. **NÃO ENERGIZE O CIRCUITO!**

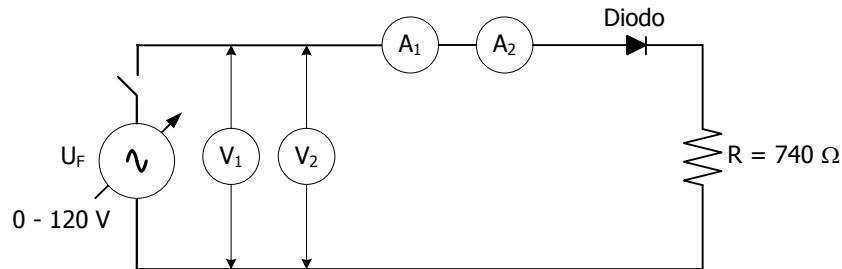


Figura 4 Medições de uma carga não linear.

Onde:

- V_1 = Voltímetro digital (só mede valores eficazes).
 V_2 = Voltímetro digital de valor eficaz verdadeiro (*TRUE RMS*).
 A_1 = Amperímetro digital (só mede valores eficazes).
 A_2 = Amperímetro digital de valor eficaz verdadeiro (*TRUE RMS*).



CHAME O PROFESSOR PARA QUE ELE REVISE SEU CIRCUITO.

- Ligue a fonte de tensão alternada e regule-a aos valores indicados na primeira coluna da tabela 2 (utilizando o voltmímetro V_1). Para cada valor de tensão anote as leituras dos instrumentos nos campos correspondentes.

U_F (V)	V_1 (V)	V_2 (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)
20				
40				
60				
80				
100				
120				

Tabela 2 Valores eficazes e valores eficazes verdadeiros de uma carga não linear.

6. Reduza a tensão a zero volt e desligue a fonte de tensão.

B. MEDIÇÃO DOS NÍVEIS DE HARMÔNICAS

1. Monte o circuito mostrado na figura, utilizando um voltímetro (que não seja de valor eficaz verdadeiro) e o analisador de redes. **NÃO ENERGIZE O CIRCUITO!**

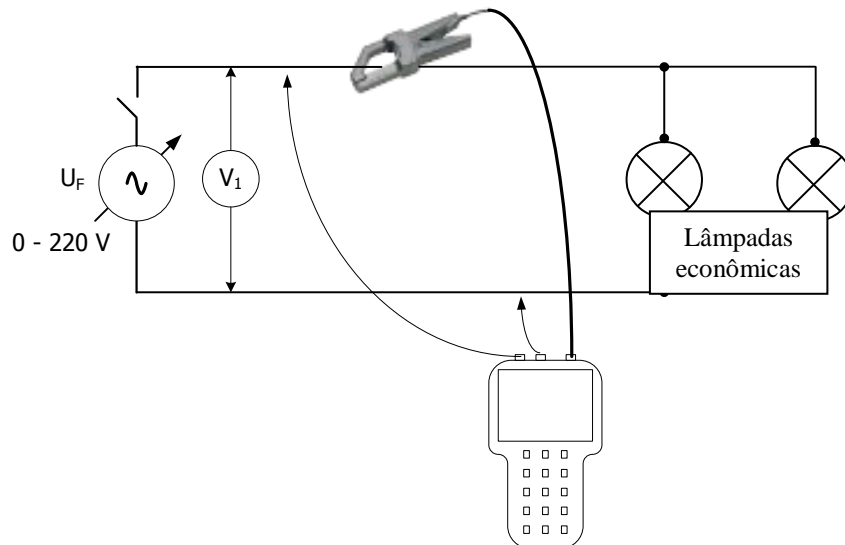


Figura 5 Medições de uma carga linear.

Onde:

V_1 = Voltímetro digital (só mede valores eficazes).



CHAME O PROFESSOR PARA QUE ELE REVISE SEU CIRCUITO.

2. Ligue a fonte de tensão alternada e regule-a a 220 V. Anote os valores solicitados na tabela 3, obtendo-os do analisador de redes.

U_F (V)	U_1	U_3	U_5	U_7	U_{11}	U_{13}	I_1	I_3	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	THD _U	THD _I
220														

Tabela 3 Valores eficazes e verdadeiros valores eficazes de uma carga linear.

3. Reduza a tensão a zero volt e desligue a fonte de tensão.

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS:

- 1.- Dos valores medidos na tabela 1, há diferenças? Explique por quê.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- 2.- Calcule o THDu e THDi da tabela 1 e justifique se representa algum problema para a instalação elétrica.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- 3.- Dos valores medidos na tabela 2, há diferenças? Explique por quê.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- 4.- Calcule o THDu e THDi da tabela 2 e justifique se representa algum problema para a instalação elétrica.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5.- Da experiência com o analisador de redes, qual ou quais foram as harmônicas mais significativas? A partir de qual ordem as harmônicas deixam de ter significância.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6.- Com os dados da tabela 3, calcule o THDu e THDi com as harmônicas de ordem 1, 3, ... 13 e compare-o com os do instrumento.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

CONCLUSÕES:

Anote uma conclusão para cada uma das experiências realizadas.

A. Detecção de harmônicas:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....

B. Medição dos níveis de harmônicas:

.....
.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....

.....
.....