

# PEA2503 Laboratório de Qualidade de Energia

## Influência da Circulação de Harmônicos de Corrente em Redes

Prof. Lourenço Matakas Jr Versão 13/09/06

### 1. Objetivos

O principal objetivo desta aula é verificar que as cargas que drenam correntes distorcidas:

- requerem super-dimensionamento da instalação elétrica;
- causam distorção na tensão da rede;
- causam aumento na corrente que circula nos capacitores de correção de fator de potência;
- causam o aumento da corrente de neutro.

Os problemas acima listados serão verificados através de simulações utilizando o PSIMCAD v6.0, e também através de medições nos alimentadores do bloco A do prédio da Engenharia de Eletricidade.

### 2. Necessidade de super dimensionamento da Instalação Elétrica

A circulação de harmônicos provoca um aumento no valores eficazes da corrente de carga  $I_{ef}$ , conforme descrito pela equação 1, onde “ $I_{h\_ef}$ ” corresponde ao valor eficaz do harmônico de ordem h.

$$I_{ef} = \sqrt{\sum_{h=0}^{\infty} I_{h\_ef}^2} \quad (1)$$

Pode-se também analisar este fato através da eq. 2, de onde se conclui que para alimentar duas cargas com a mesma potência e mesma tensão nominal, aquela com menor fator de potência apresenta maior valor eficaz da corrente. Ressalta-se que o fator de potência abaixo pode ser causado tanto pela defasagem entre os componentes fundamentais de tensão e corrente, como pela presença de componentes harmônicos na corrente, conforme explicitado na equação 3.

$$FP = \frac{P_{CA}}{S} = \frac{P_{CA}}{V_{ca\_ef} I_{CA\_ef}} \Rightarrow I_{CA\_ef} = \frac{P_{CA}}{V_{ca\_ef} FP} \quad (2)$$

$$FP = \frac{I_{1\_ef}}{I_{CA\_ef}} \cos(\theta_1) = (\text{Fator Distorção}) \times (\text{Fator de Defasagem}) \quad (3)$$

Como a potência dissipada em um condutor é dada por  $P_{diss} = I_{ef}^2 R_{cond}$ , independente da forma de onda da corrente, conclui-se que a corrente eficaz define o diâmetro do condutor, a potência construtiva dos transformadores (dada por  $S_{trafo} = V_{ef} I_{ef}$ , e em cujos enrolamentos circulam as correntes com harmônicos) e a corrente nominal do disjuntores.

Existe assim a necessidade de se superdimensionar a instalação elétrica, para que esta seja capaz de transportar os componentes harmônicos sem superaquecimento dos equipamentos.

A partir do arquivo “**exp5A-quali..sch**” cujo diagrama esquemático é mostrado na figura 1, pedem-se:

- Os valores da potência ativa, da corrente eficaz e da tensão eficaz na entrada do retificador e na carga resistiva. Lembre-se que o **Demo** só permite a visualização de no máximo 7 variáveis. Coloque apenas os instrumentos necessários para cada medida. Não há a necessidade de se plotarem os gráficos de  $P$ ,  $I_{ef}$  e  $V_{ef}$ , basta tomar os valores do **SIMVIEW**.
- Calcular o fator de potência para os dois casos.
- Comentar as implicações de se operar com baixo fator de potência.

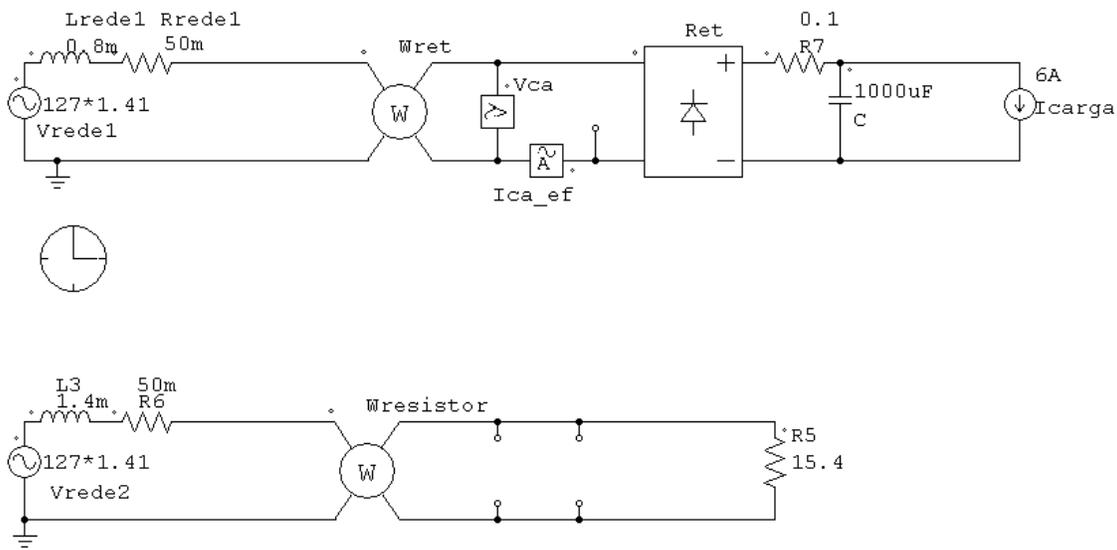


Figura 1 Comparando o retificador com filtro capacitivo com uma carga puramente resistiva

### 3. Sobreaquecimento de Bancos de Capacitores Conectados à Rede

A figura 2, mostra o circuito contido no arquivo “**exp5B-quali..sch**” . Nele estão inseridos:

- um retificador com filtro capacitivo alimentado pelo ramal 1, com impedância equivalente representada por  $R1$  e  $L1$ ;
- uma carga indutiva, ( $R_{carga}$  e  $L_{carga}$ ), cujo baixo fator de potência é plenamente compensado pelo capacitor  $C_{comp}$ . O conjunto é alimentado pelo ramal 2 ( $R2$  e  $L2$ ).
- Os dois ramos são alimentados pela rede com impedância equivalente definida por  $L_{rede}$  e  $R_{rede}$ .

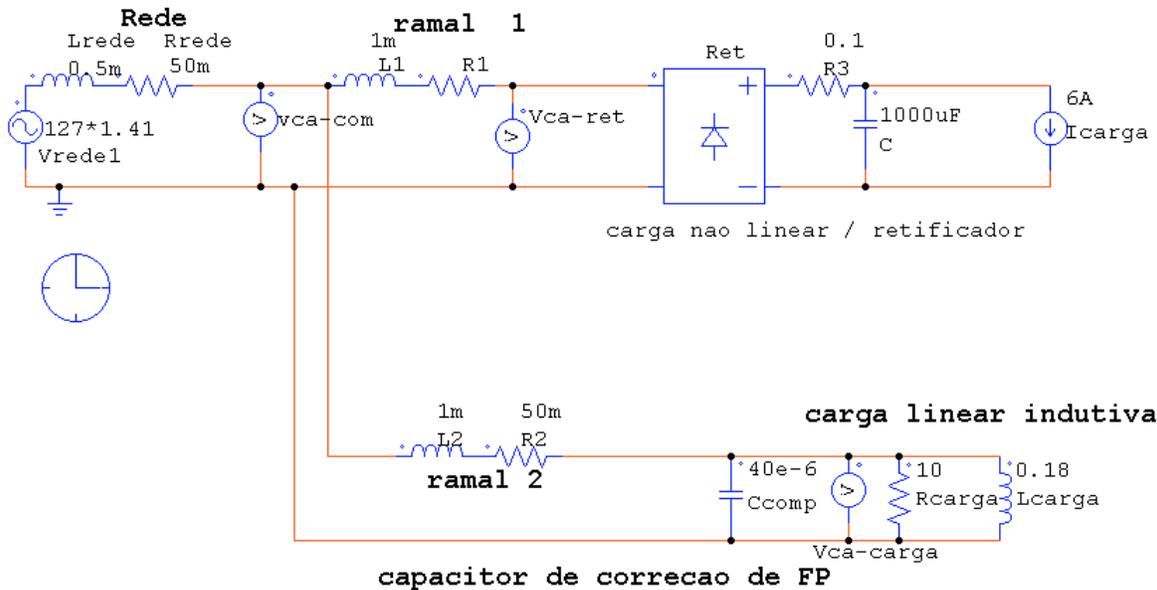


Figura 2 Verificação da elevação da corrente em capacitores de correção de fator de potência

Pedem-se:

- Retirando-se o retificador (sugere-se que se imponha  $I_{carga}=0.001A$ ), meça as formas de onda da corrente no capacitor  $C_{comp}$  e da tensão na carga ( $V_{ca-carga}$ )
- Inserindo-se o retificador ( $I_{carga}=6A$ ), meça a corrente no capacitor e seu espectro. (Não esqueça de janelar, tomando apenas 1 ciclo)
- Mostrar em três graficos distintos, em uma única página as formas de onda das correntes na rede, no ramal 1 e no ramal 2. Sugere-se mostrar apenas um ciclo, após o regime permanente.
- Calcular o espectro das três correntes do ítem C, mostrando-os em uma única página. Basta “janelar” um período (em regime!!!) dos graficos obtidos no ítem c, e apertar o botão FFT.
- Mostrar em três graficos distintos, em uma única página as formas de onda das tensões no Ponto Comum de Acoplamento ( $v_{ca-com}$ ), na entrada CA do retificador ( $V_{ca-ret}$ ) e na carga linear indutiva ( $V_{ca-carga}$ ). Sugere-se mostrar apenas um ciclo, após o regime permanente.
- Calcular o espectro das três tensões do ítem E, mostrando-os em uma única página. Basta “janelar” um período (em regime!!!) dos graficos obtidos no ítem c, e apertar o botão FFT.
- Explicar porque a corrente no capacitor ficou deformada ao se ligar o retificador ao sistema.
- Comentar sobre o nível de harmônicos de corrente nos três ramais, e de tensão nos três pontos de acoplamento medidos.

#### 4. Sobreaquecimento do Condutor de Neutro

- A figura 3, mostra o circuito contido no arquivo “exp5C-quali.sch”. Nele estão inseridos:
- carga equilibrada formada por 3 retificadores monofásicos idênticos, conectados entre as fases R, S e T, e o neutro de uma rede trifásica, com valor eficaz de tensão de linha de 220V;
  - as impedâncias de linha representadas por Z fase-R, Z fase-S e Z fase-T

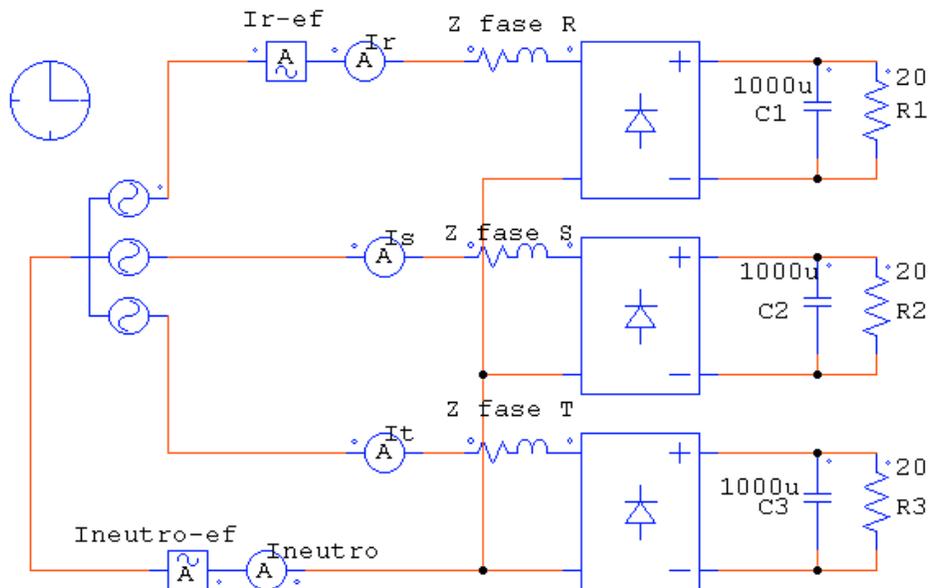


Figura 3 Verificação da elevação do valor eficaz da corrente de neutro

Pedem-se:

- Mostrar em quatro gráficos distintos, em uma única página as formas de onda das correntes nas fases r, s, t e no neutro. **(Mostrar apenas um período após atingido o regime)**
- Mostrar em quatro gráficos distintos, em uma única página os espectros das correntes nas fases r, s, t e no neutro.
- Se as cargas são equilibradas, como é que existe corrente no neutro?
- Quais são os valores das frequências das correntes de fase e de neutro?
- Medir os valores eficazes das correntes na fase R e no neutro, calculando a relação “ $I_{\text{neutro-ef}} / I_{\text{fase-ef}}$ ”
- Provar que se as correntes nas três fases são não-coincidentes, tem-se  $I_{\text{neutro-ef}} / I_{\text{fase-ef}} = \sqrt{3}$ .
- Comentar a recomendação dos livros antigos de Instalações Elétricas, de se utilizar condutor de neutro com bitola igual ao dos condutores de fase.

#### 5. Bibliografia

- Matakas. Lourenço Jr, Análise de Correntes e Tensões Distorcidas, Apostila, EPUSP-PEA- 2000