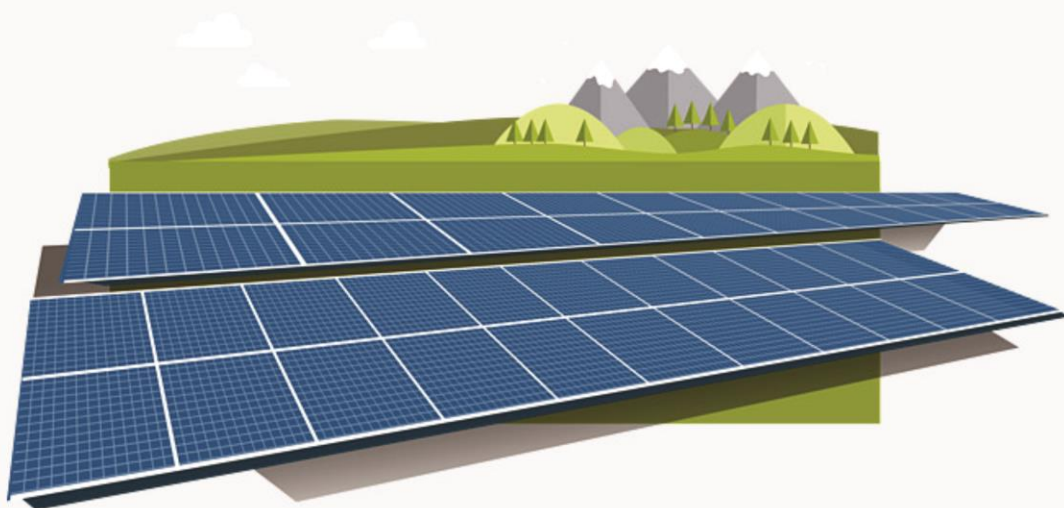


Qualidade de Energia – ELT 448

Aula 9 – Harmônicos em sistema trifásicos

Victor Dardengo



Revisão da aula passada

- Inter-harmônicas;
- Componente simétrica;
- Harmônicos em sistemas equilibrados.
- Valor eficaz
- Valor eficaz verdadeiro (True rms)

Componentes simétricas aplicadas aos Harmônicos

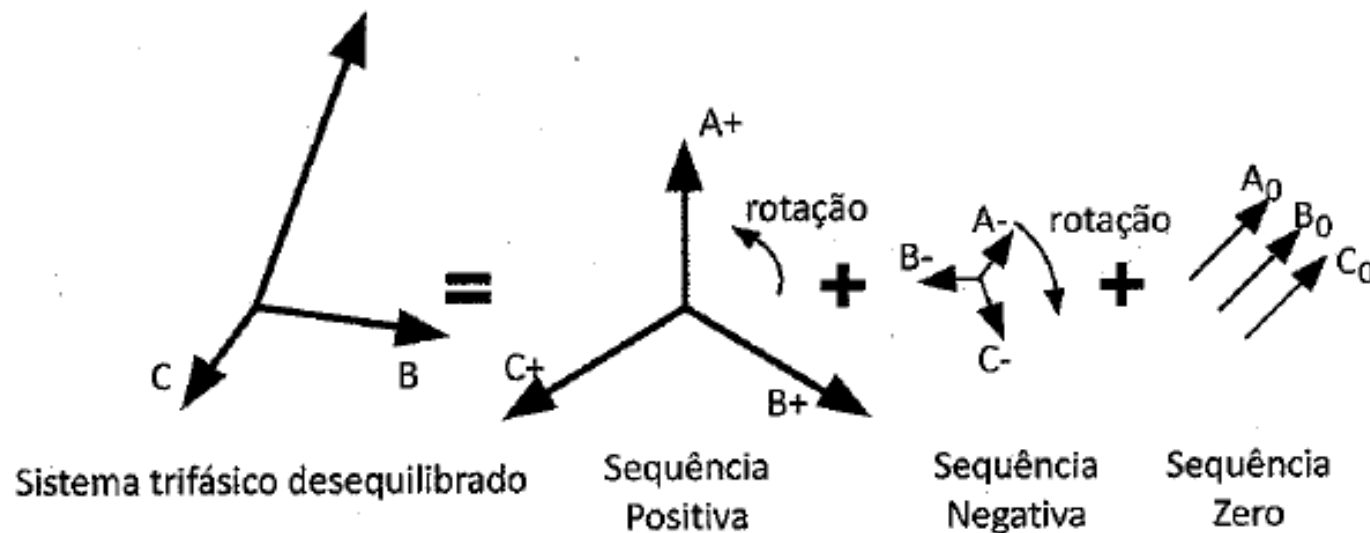
- Qualquer sistema polifásico com N fasores desequilibrados pode ser expresso como uma soma de três conjuntos simétricos de N fasores equilibrados, denominados componentes simétricas.
- **Apenas uma única componente de frequência é representada pelos fasores.**
- A técnica de componentes simétricas pode ser estendida para harmônicos.

Componentes simétricas aplicadas aos Harmônicos

$$A = A^+ + A^- + A^0$$

$$B = B^+ + B^- + B^0$$

$$C = C^+ + C^- + C^0$$



Harmônicos em sistemas trifásicos equilibrados

- Com a presença de cargas não lineares em SEP equilibrados, as componentes harmônicas apresentam sequencia positiva, negativa e zero.

$$\begin{aligned}v_a(t) = & V_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + V_2 \cos(2\omega_1 t + \varphi_2) + V_3 \cos(3\omega_1 t + \varphi_3) \\ & + V_4 \cos(4\omega_1 t + \varphi_4) + V_5 \cos(5\omega_1 t + \varphi_5) + V_6 \cos(6\omega_1 t + \varphi_6) \\ & + V_7 \cos(7\omega_1 t + \varphi_7) + \dots\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v_b(t) = & V_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1 - 120^\circ) + V_2 \cos(2\omega_1 t + \varphi_2 + 120^\circ) + V_3 \cos(3\omega_1 t + \varphi_3) \\ & + V_4 \cos(4\omega_1 t + \varphi_4 - 120^\circ) + V_5 \cos(5\omega_1 t + \varphi_5 + 120^\circ) + V_6 \cos(6\omega_1 t + \varphi_6) \\ & + V_7 \cos(7\omega_1 t + \varphi_7 - 120^\circ) + \dots\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v_c(t) = & V_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1 + 120^\circ) + V_2 \cos(2\omega_1 t + \varphi_2 - 120^\circ) + V_3 \cos(3\omega_1 t + \varphi_3) \\ & + V_4 \cos(4\omega_1 t + \varphi_4 + 120^\circ) + V_5 \cos(5\omega_1 t + \varphi_5 - 120^\circ) + V_6 \cos(6\omega_1 t + \varphi_6) \\ & + V_7 \cos(7\omega_1 t + \varphi_7 + 120^\circ) + \dots\end{aligned}$$

Harmônicos em sistemas trifásicos equilibrados

- Observa-se que a componente fundamental apresenta sequência ABC (positiva), a componente de 2ª ordem, sequência CBA (negativa); e a componente de 3ª ordem, sequência zero, repetindo-se o ciclo as harmônicas subsequentes.

fundamental

$$V_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$$

$$V_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1 - 120^\circ)$$

$$V_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1 + 120^\circ)$$

2ª harmônica

$$V_2 \cos(2\omega_1 t + \varphi_2)$$

$$V_2 \cos(2\omega_1 t + \varphi_2 + 120^\circ)$$

$$V_2 \cos(2\omega_1 t + \varphi_2 - 120^\circ)$$

3ª harmônica

$$V_3 \cos(3\omega_1 t + \varphi_3)$$

$$V_3 \cos(3\omega_1 t + \varphi_3)$$

$$V_3 \cos(3\omega_1 t + \varphi_3)$$

Harmônicos em sistemas trifásicos equilibrados

- Sequência de fase dos harmônicos em um sistema trifásico equilibrado

<i>h</i> Seq.	1 +	2 -	3 0	4 +	5 -	6 0	7 +	8 -	9 0	10 +	11 -	12 0	13 +	14 -	15 0
<i>h</i> Seq.	16 +	17 -	18 0	19 +	20 -	21 0	22 +	23 -	24 0	25 +	26 -	27 0	28 +	29 -	30 0
<i>h</i> Seq.	31 +	32 -	33 0	34 +	35 -	36 0	37 +	38 -	39 0	40 +	41 -	42 0	43 +	44 -	45 0
<i>h</i> Seq.	46 +	47 -	48 0	49 +	50 -	51 0	52 +	53 -	54 0	55 +	56 -	57 0	58 +	59 -	60 0

Harmônicos em sistemas trifásicos equilibrados

- Os sinais harmônicos são classificados quanto à sua ordem (h), frequência e sequência:

$$(f = h \cdot f_1) \quad (s_{+, -, 0} = h_{+, -, 0} + 3)$$

- As harmônicas da 3^a à 25^a ordem são as mais comuns em sistemas de distribuição.
- Os equipamentos modernos de medição e teste de harmônicos medem, em geral, até a 63^a ordem.

Harmônicos em sistemas trifásicos equilibrados

- Calculando-se a tensão de linha v_{ab} , v_{bc} e v_{ca} , verifica-se que as componentes triplas desaparecem nas tensões de linha.

$$v_{ab}(t) = v_a(t) - v_b(t)$$

$$\begin{aligned} v_a(t) = & V_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + V_2 \cos(2\omega_1 t + \varphi_2) + V_3 \cos(3\omega_1 t + \varphi_3) \\ & + V_4 \cos(4\omega_1 t + \varphi_4) + V_5 \cos(5\omega_1 t + \varphi_5) + V_6 \cos(6\omega_1 t + \varphi_6) \\ & + V_7 \cos(7\omega_1 t + \varphi_7) + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_b(t) = & V_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1 - 120^\circ) + V_2 \cos(2\omega_1 t + \varphi_2 + 120^\circ) + V_3 \cos(3\omega_1 t + \varphi_3) \\ & + V_4 \cos(4\omega_1 t + \varphi_4 - 120^\circ) + V_5 \cos(5\omega_1 t + \varphi_5 + 120^\circ) + V_6 \cos(6\omega_1 t + \varphi_6) \\ & + V_7 \cos(7\omega_1 t + \varphi_7 - 120^\circ) + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{ab}(t) = & v_a(t) - v_b(t) \\ = & \sqrt{3} \left[V_1 \cos(\omega_1 + \varphi_1 + 30^\circ) + V_2 \cos(2\omega_1 + \varphi_2 - 30^\circ) + 0 \right. \\ & + V_4 \cos(4\omega_1 + \varphi_4 + 30^\circ) + V_5 \cos(5\omega_1 + \varphi_5 - 30^\circ) + 0 \\ & \left. + V_7 \cos(7\omega_1 + \varphi_7 + 30^\circ) + \dots \right] \end{aligned}$$

Harmônicos em sistemas trifásicos equilibrados

$$\begin{aligned}v_{bc}(t) &= v_b(t) - v_c(t) \\&= \sqrt{3} \left[V_1 \cos(\omega_1 + \varphi_1 - 90^\circ) + V_2 \cos(2\omega_1 + \varphi_2 + 90^\circ) + 0 \right. \\&\quad \left. + V_4 \cos(4\omega_1 + \varphi_4 - 90^\circ) + V_5 \cos(5\omega_1 + \varphi_5 + 90^\circ) + 0 \right. \\&\quad \left. + V_7 \cos(7\omega_1 + \varphi_7 - 90^\circ) + \dots \right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v_{ca}(t) &= v_c(t) - v_a(t) \\&= \sqrt{3} \left[V_1 \cos(\omega_1 + \varphi_1 + 150^\circ) + V_2 \cos(2\omega_1 + \varphi_2 - 150^\circ) + 0 \right. \\&\quad \left. + V_4 \cos(4\omega_1 + \varphi_4 + 150^\circ) + V_5 \cos(5\omega_1 + \varphi_5 - 150^\circ) + 0 \right. \\&\quad \left. + V_7 \cos(7\omega_1 + \varphi_7 + 150^\circ) + \dots \right]\end{aligned}$$

Harmônicos em sistemas trifásicos equilibrados

- Examinando as equações das tensões de fase e de linha, verifica-se que:
- A componente fundamental é simétrica, com mesma magnitude, ângulo de defasagem de 120° entre as fases e sequência de fase positiva ou direta, ABC;
- As harmônicas de 2ª ordem são equilibradas e com sequência de fase negativa ou inversa, CBA;
- As harmônicas de 3ª ordem apresentam a mesma magnitude e o mesmo ângulo de fase, com a mesma direção, tendo, portanto, sequência nula.

Harmônicos em sistemas trifásicos equilibrados

- A fundamental e as harmônicas de ordem 4, 7, ..., com lei de formação $(3k+1, k=1, 2, 3, \dots)$ têm sequência positiva;
- As harmônicas $h = 2, 5, \dots (3k-1, k=1, 2, 3, \dots)$ têm sequência negativa;
- As harmônicas múltiplas de três ou triplas $(3k, k = 1, 2, 3, \dots)$ têm sequência zero;
- As harmônicas triplas (sequência zero) não estão presentes nas tensões de linha.

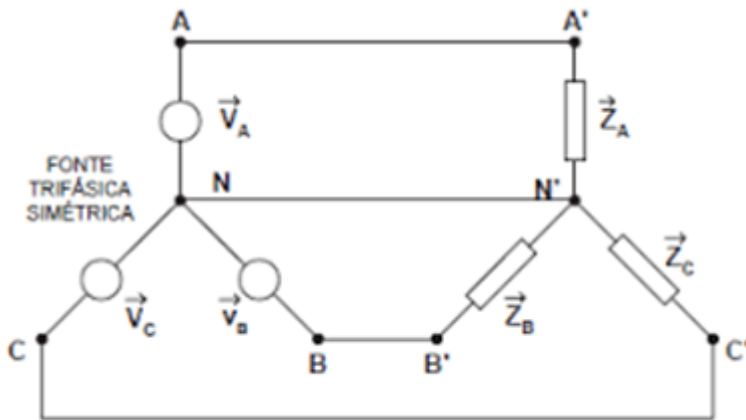
Harmônicos em sistemas trifásicos equilibrados

- Deve ser observado que:
- Se harmônicos estão presentes, então componentes harmônicas de sequência positiva, negativa e zero podem existir, mesmo que o sistema seja equilibrado.
- A regra tradicional de que sistemas de potência balanceados são apresentam componentes de sequência zero ou componentes de sequência negativa não é válida quando harmônicos estão presentes.

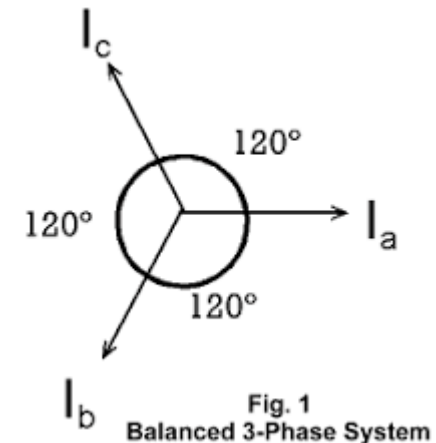
Corrente no neutro

- Em um sistema trifásico tetrafilar com tensão e corrente senoidais (sem harmônicos), **perfeitamente equilibrado**, as correntes de fase se cancelam, e não há circulação de corrente de neutro.

$$I_N = I_A + I_B + I_C = 0$$

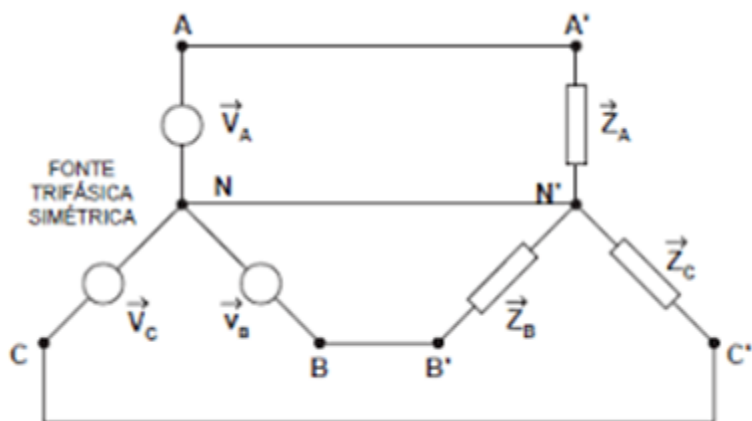


$$Z_A = Z_B = Z_C$$



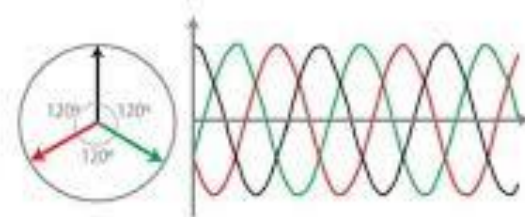
Corrente no neutro

- Devido ao **desequilíbrio na carga** ou no sistema de suprimento, é normal a circulação de corrente no neutro, que em geral, é bem menor do que a corrente individual em cada fase do circuito.

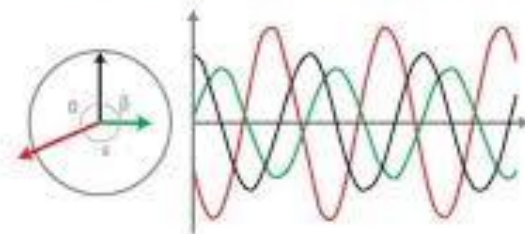


$$Z_A \neq Z_B \neq Z_C$$

$$I_N = I_A + I_B + I_C \neq 0$$



Sistema trifásico equilibrado



Sistema trifásico desequilibrado

Corrente no neutro

- Em uma instalação contendo muitas cargas não lineares – caso típico de edifícios comerciais com grande quantidade de cargas de iluminação e computadores, a corrente no neutro nos circuitos de distribuição a quatro fios, mesmo havendo um equilíbrio razoável entre as cargas, é superior a corrente de desequilíbrio.



Corrente no neutro

- A corrente no neutro é calculada pela soma das correntes de linha:

$$\begin{aligned} I_N &= I_a + I_b + I_c \\ &= I_{a1} \cos(\omega_1 t + \delta_1) + I_{b1} \cos(\omega_1 t + \delta_1 - 120^\circ) + I_{c1} \cos(\omega_1 t + \delta_1 + 120^\circ) \\ &\quad + I_{a2} \cos(2\omega_1 t + \delta_2) + I_{b2} \cos(2\omega_1 t + \delta_2 + 120^\circ) + I_{c2} \cos(2\omega_1 t + \delta_2 - 120^\circ) \\ &\quad + I_{a3} \cos(3\omega_1 t + \delta_3) + I_{b3} \cos(3\omega_1 t + \delta_3) + I_{c3} \cos(3\omega_1 t + \delta_3) + \dots \end{aligned}$$

Corrente no neutro

- Para um sistema trifásico equilibrado, o cancelamento de componentes de corrente no neutro é completo para **correntes harmônicas de sequência positiva e negativa**.
- As componentes harmônicas de ordem tripla da corrente na fase a estão em fase com as respectivas componentes harmônicas triplas das fases b e c e se somam no neutro.
- A corrente no neutro é então:

$$\begin{aligned} I_N &= 3 \left[I_{a3} \cos(3\omega_1 t + \delta_3) + I_{a6} \cos(6\omega_1 t + \delta_6) + I_{a9} \cos(9\omega_1 t + \delta_9) + \dots \right] \\ &= 3 \sum_{h \in \{3, 6, 9, \dots\}} I_h \cos(h\omega_1 t + \delta_h) \end{aligned}$$

Corrente no neutro

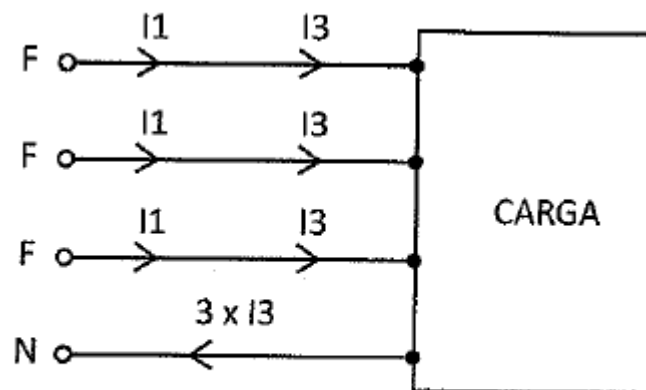
- O valor eficaz da corrente no neutro é dado por:

$$I_{rms,N} = 3\sqrt{(I_{rms,3}^2 + I_{rms,6}^2 + I_{rms,9}^2 + \dots)} = 3\sqrt{\sum_{h \in \{3,6,9,\dots\}} I_{rms,h}^2}$$

- Isso implica que, pelo condutor neutro, pode circular um valor de corrente que é três vezes maior do que a corrente tripla que percorre cada condutor fase.
- Pode-se deduzir que quando a participação da terceira harmônica é de 33% da fundamental, a corrente no neutro é igual ou maior que a corrente de fase.

Corrente no neutro

- Corrente no neutro em sistema trifásico equilibrado com componente harmônica de terceira ordem.



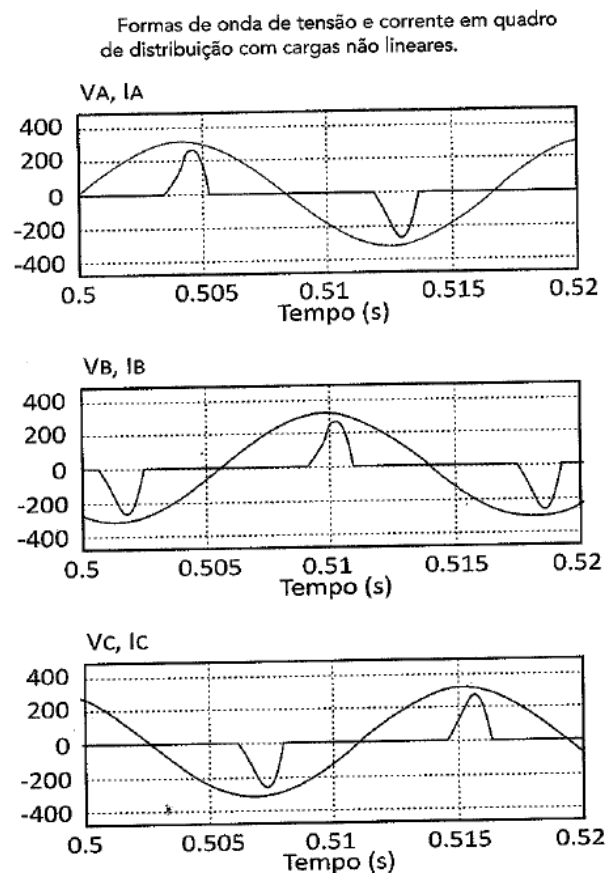
I_1 corrente fundamental
 I_3 corrente de terceira ordem

Corrente no neutro

- Pode-se então dizer:
 - **Carga não linear equilibrada** pode apresentar corrente no neutro;
 - Pelo neutro de uma **carga não linear equilibrada** fluem apenas harmônicos de ordem tripla.

Corrente no neutro

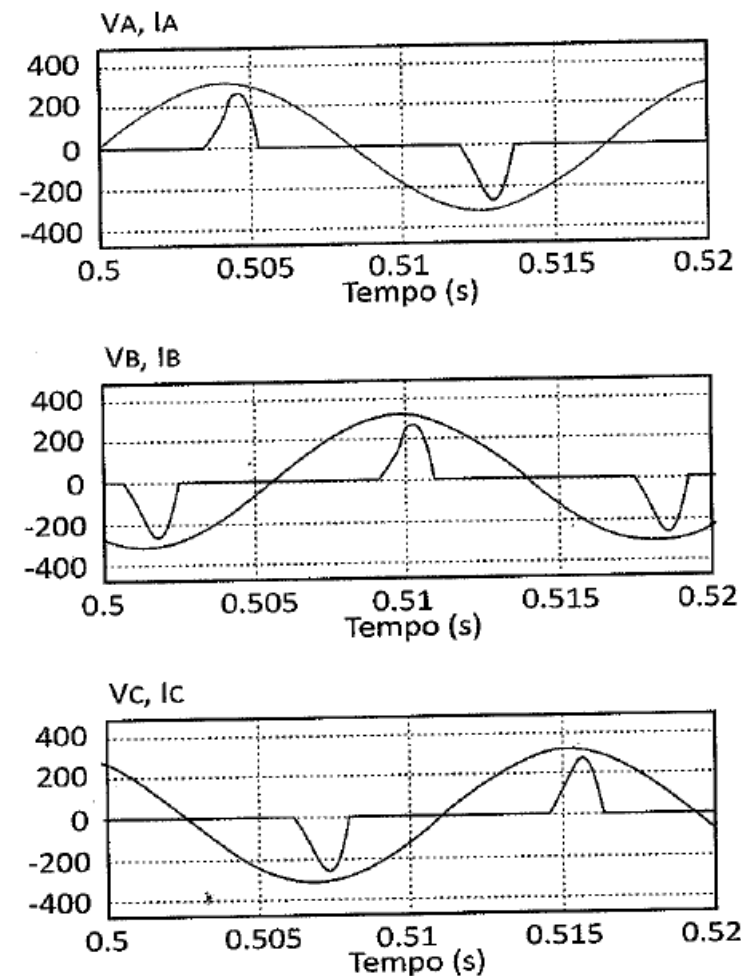
- A Figura abaixo apresenta formas de onda de tensão e corrente medidas em um quadro de distribuição que alimenta cargas não lineares.



Corrente no neutro

- A Figura ao lado apresenta formas de onda de tensão e corrente medidas em um quadro de distribuição que alimenta cargas não lineares. **A maior parte das cargas eletrônicas monofásicas conduz corrente somente durante o pico de tensão.** A principal componente harmônica dessa corrente é a 3^a.
- O risco de sobrecarga no neutro é bem real, já que o condutor neutro pode ter sido projetado para ter a mesma bitola ou até menor do que a do condutor fase.

Formas de onda de tensão e corrente em quadro de distribuição com cargas não lineares.



Corrente no neutro

- A medição de corrente em um quadro de distribuição que alimenta cargas equilibradas e não senoidais;
- Pode-se observar que:
 - Um consumo similar nas três fases com valor eficaz total de corrente igual a 1,698 A;
 - A componente de 3ª harmônica é cerca de 81% da fundamental;
 - A corrente de neutro é 1,73 vezes a corrente de fase – **neutro em sobrecarga**

Corrente eficaz de fase e no neutro.

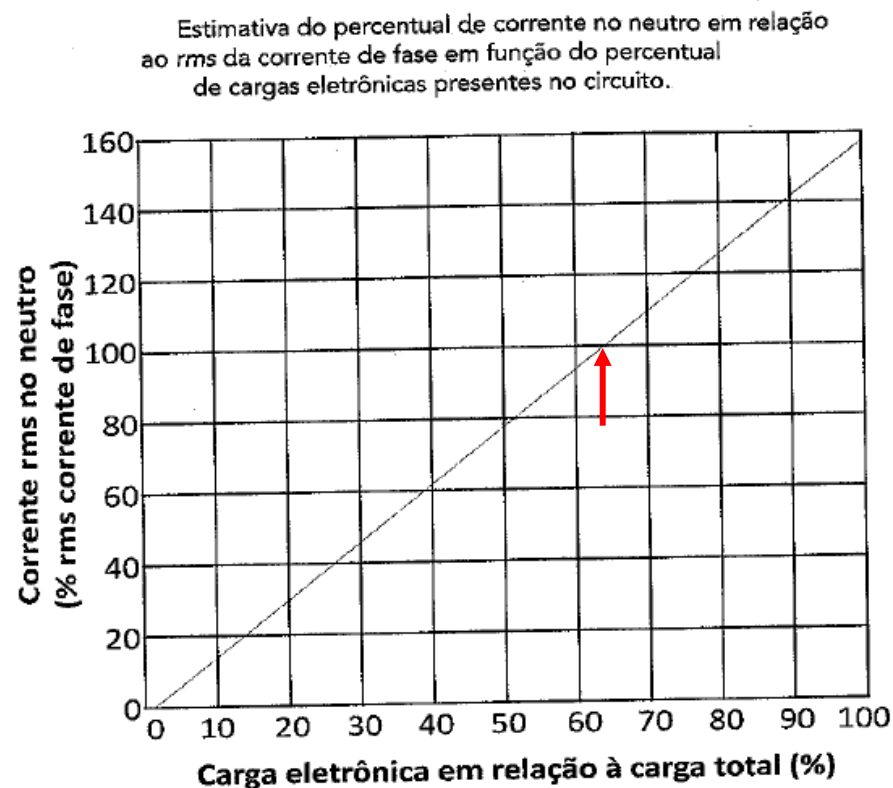
Ordem h	Corrente Fase A, B, C (rms)	Corrente no Neutro (rms) $I_A + I_B + I_C$
1	1,201	0,000
3	0,977	2,931
5	0,620	0,000
7	0,264	0,000
9	0,068	0,204
11	0,114	0,000
13	0,089	0,000
15	0,029	0,087
17	0,042	0,000
19	0,044	0,000
21	0,019	0,057
23	0,020	0,000
Total	1,698 A (100%)	2,940 A (173%)

Corrente no neutro

- Uma vez que o condutor neutro pode estar sujeito a aproximadamente 1,73 vezes a corrente *rms* do condutor de fase, o que pode causar sobreaquecimento no próprio condutor neutro e em partes da instalação onde isso não foi levado em consideração, uma capacidade nominal de 200% para o neutro e demais equipamentos, como barra, terminais de conexão é prática recomendada pelo IEEE.
- A medida que aumenta a participação de cargas eletrônicas cresce o risco de sobrecarga no neutro.

Corrente no neutro

- Quando aproximadamente 65% da carga total de um circuito trifásico é composta por cargas eletrônicas, a corrente no neutro é equivalente a corrente de fase.

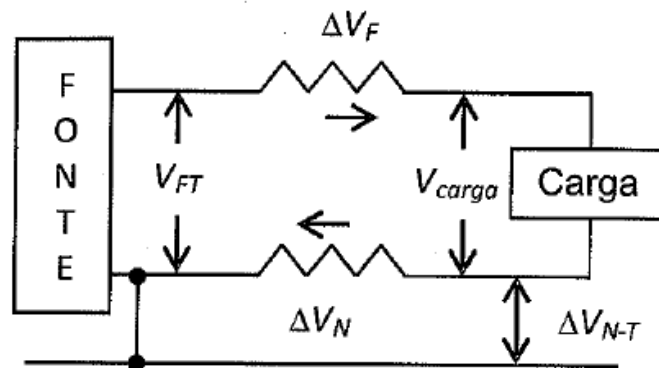


Queda de tensão no neutro

- Quando cargas eletrônicas estão presentes numa instalação, compartilhar o neutro pode causar problemas, como:
 - Sobrecarga e sobreaquecimento no neutro;
 - Aumento da tensão neutro-terra;
 - Queda da tensão fase-neutro na carga:

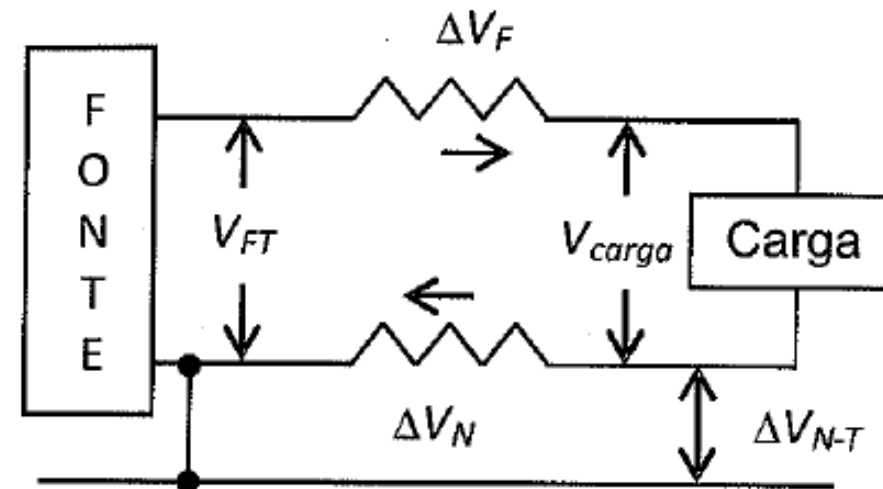
$$V_{carga} = V_{FT} - (\Delta V_F + \Delta V_{N-T}).$$

- Perdas de dados devido à elevação de tensão neutro-terra.



Queda de tensão no neutro

- Quando a tensão neutro-terra é elevada, o desempenho de equipamentos eletrônicos sensíveis pode ser afetado.
- Um neutro com baixa impedância é essencial para minimizar a diferença de potencial neutro-terra na carga e reduzir o ruído de modo comum.
- Elevada corrente de neutro causada por desequilíbrio de fase e operação de carga não linear contribuem para esses problemas.



Condutor neutro segundo a ABNT 5410

- **Algumas especificações:**
 - O condutor neutro de um circuito monofásico deve ter a mesma seção do condutor fase;
 - Quando, num circuito trifásico com neutro ou num circuito duas fases e neutro a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 15%, a seção do condutor neutro, não deve ser inferior à dos condutores de fase, podendo ser igual à dos condutores de fase se essa taxa não for superior a 33%. **Tais níveis de correntes harmônicas são encontradas, por exemplo, em circuitos que alimentam luminárias com lâmpadas de descarga, incluindo fluorescentes.**

Condutor neutro segundo a ABNT 5410

- **Algumas especificações:**
 - Num circuito trifásico com neutro e cujos condutores de cada fase tenham seção superior a 25 mm^2 , a seção do condutor neutro pode ser inferior à dos condutores de fase, sem ser inferior as valores indicados na Tabela a seguir, em função da seção dos condutores de fase, quando as três seguintes condições forem simultaneamente atendidas:
 - o circuito for presumivelmente equilibrado, em serviço normal;
 - A corrente das fases não contiver uma taxa de terceira harmônica e múltiplos superior a 15%;
 - O condutor neutro for protegido contra sobrecorrente.

Condutor neutro segundo a ABNT 5410

Seção do condutor neutro em função da bitola do condutor-fase.

Seção dos condutores de fase mm ²	$S \leq 25$	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400
Seção reduzida do condutor neutro mm ²	S	25	25	35	50	70	70	95	120	150	185

Condutor neutro segundo a ABNT 5410

- A seção do condutor neutro, quando o conteúdo de 3ª harmônica das correntes de fase for superior a 33%, deve ser baseada no valor de corrente no neutro calculada como:

$$I_N = f_k \sqrt{\sum_{h=1}^N I_h^2}$$

- f_k é o fator de correção que depende do número de condutores no circuito e da participação da componente de 3ª ordem no valor eficaz verdadeiro da corrente.
- I_h são valores eficazes das componentes de corrente através do condutor.

Condutor neutro segundo a ABNT 5410

Fator de correção para corrente no neutro.

Taxa de 3 ^a harmônica	Fator de Correção f_k	
	Circuito trifásico com neutro	Circuito com duas fases e neutro
33% a 35%	1,15	1,15
36% a 40%	1,19	1,19
41% a 45%	1,24	1,23
46% a 50%	1,35	1,27
51% a 55%	1,45	1,30
56% a 60%	1,55	1,34
61% a 65%	1,64	1,38
≥ 66%	1,73	1,41

- Na falta de uma estimativa mais precisa da taxa de 3^a harmônica esperada, recomenda-se a adoção de um f_k igual a 1,73 no caso de circuito trifásico e 1,41 no caso de circuito com duas fases e neutro.

Corrente de linha em carga com conexão Y não aterrado

- Nesta condição, as correntes triplas (sequência zero) não estão presente nas correntes de linha.
- Considere uma carga equilibrada não linear. Tem-se que:

$$I_a + I_b + I_c = I_N = 0$$

$$\begin{aligned} I_N = & I_{a1} \cos(\omega_1 t + \delta_1) + I_{b1} \cos(\omega_1 t + \delta_1 - 120^\circ) + I_{c1} \cos(\omega_1 t + \delta_1 + 120^\circ) \longrightarrow \text{Seq. positiva} \\ & + I_{a2} \cos(2\omega_1 t + \delta_2) + I_{b2} \cos(2\omega_1 t + \delta_2 + 120^\circ) + I_{c2} \cos(2\omega_1 t + \delta_2 - 120^\circ) \longrightarrow \text{Seq. negativa} \\ & + I_{a3} \cos(3\omega_1 t + \delta_3) + I_{b3} \cos(3\omega_1 t + \delta_3) + I_{c3} \cos(3\omega_1 t + \delta_3) + \dots \longrightarrow \text{Seq. zero} \end{aligned}$$

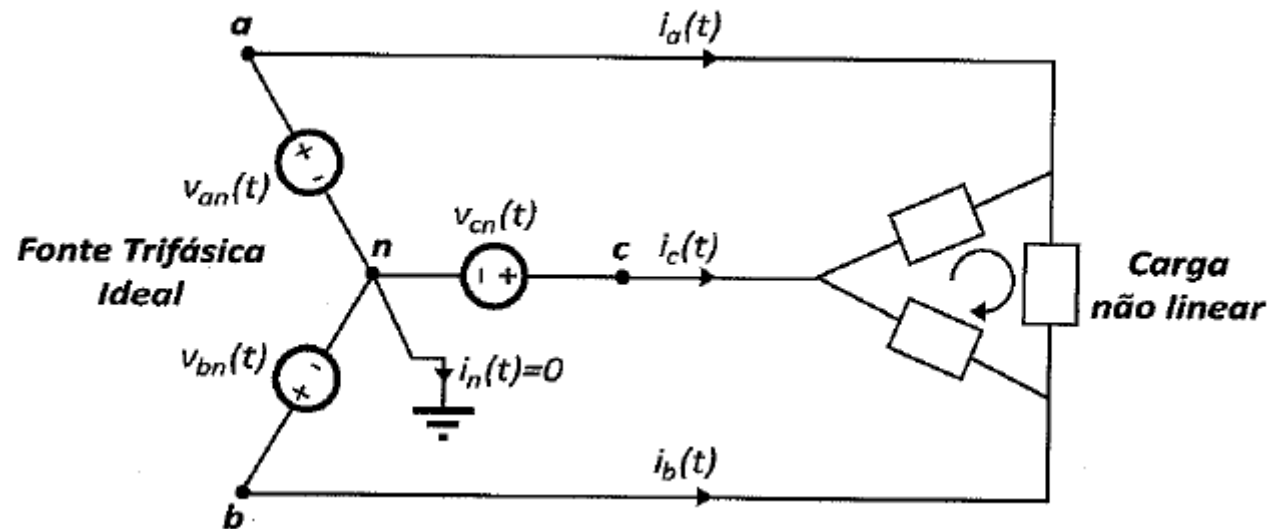
Corrente de linha em carga com conexão Y não aterrado

- Como as componentes de sequência positiva e de sequência negativa se anulam no neutro e as amplitudes das correntes são iguais em cada harmônico de ordem h , tem-se que:

$$I_N = 3I_{a3} \cos(3\omega_1 t + \delta_3) + 3I_{a6} \cos(3\omega_1 t + \delta_6) + 3I_{a9} \cos(9\omega_1 t + \delta_9) + \dots = 0$$

- Como não há circulação de corrente no neutro, isso significa dizer que as componentes harmônicas são nulas para equação acima. Para que I_N seja igual a zero, é preciso que I_h , $h = \{2, 6, 9, \dots\}$ seja nulo, o que significa dizer que as correntes triplas não circulam na linha em cargas sem conexão à terra.

Corrente de linha em carga com conexão delta



Corrente de linha em carga com conexão delta

- Considere as correntes de fase da carga com componentes harmônicas ímpares e equilibradas

$$I_{ab} = I_{ab1} \cos(\omega_1 t + \delta_1) + I_{ab3} \cos(3\omega_1 t + \delta_3) + I_{ab5} \cos(5\omega_1 t + \delta_5) + I_{ab7} \cos(7\omega_1 t + \delta_7) + \dots$$

$$I_{bc} = I_{bc1} \cos(\omega_1 t + \delta_1 - 120^\circ) + I_{bc3} \cos(3\omega_1 t + \delta_3) + I_{bc5} \cos(5\omega_1 t + \delta_5 + 120^\circ) + I_{bc7} \cos(7\omega_1 t + \delta_7 - 120^\circ) + \dots$$

$$I_{ca} = I_{ca1} \cos(\omega_1 t + \delta_1 + 120^\circ) + I_{ca3} \cos(3\omega_1 t + \delta_3) + I_{ca5} \cos(5\omega_1 t + \delta_5 - 120^\circ) + I_{ca7} \cos(7\omega_1 t + \delta_7 + 120^\circ) + \dots$$

- As correntes de linha são:

$$I_a = I_{ab} - I_{ca} = \sqrt{3} I_{ab1} \cos(\omega_1 t + \delta_1 - 30^\circ) + \sqrt{3} I_{ab5} \cos(5\omega_1 t + \delta_5 + 30^\circ) + \dots$$

$$I_b = I_{bc} - I_{ab} = \sqrt{3} I_{ab1} \cos(\omega_1 t + \delta_1 - 150^\circ) + \sqrt{3} I_{ab5} \cos(5\omega_1 t + \delta_5 + 150^\circ) + \dots$$

$$I_c = I_{ca} - I_{bc} = \sqrt{3} I_{ab1} \cos(\omega_1 t + \delta_1 + 90^\circ) + \sqrt{3} I_{ab5} \cos(5\omega_1 t + \delta_5 - 90^\circ) + \dots$$

Corrente de linha em carga com conexão delta

- Assim, pode-se afirmar que:
- As harmônicas de corrente de sequência zero $\{3, 6, 9, 12, \dots\}$ fluem somente em sistemas trifásicos tetrafilares e, porque estão em fase nas três fases, se somam no condutor neutro;
- As harmônicas de corrente de sequência zero não estão presentes na corrente de linha de uma carga não linear conectada em delta e Y sem retorno.
- Na corrente de linha de uma carga não linear equilibrada sem retorno (delta e Y) estão presentes apenas componentes de sequência positiva e negativa $\{1, 2, 4, 5, 7, \dots\}$

Trabalho Final

- Entrega no formato de artigo (Idem trabalho 1) e apresentação. (01/08/2022).
 - Artigo, máximo 10 páginas;
 - Apresentação, 10 a 15 minutos.
- O primeiro trabalho foi focado mais no problema, o trabalho final deve ser focado na solução. Assim, além de apresentar um problema referente a qualidade de energia, aos grupos devem apresentar uma proposta real, isto é, uma proposta contendo o **tipo de solução, os devidos equipamentos a serem usados e uma estimativa de preço da solução.**



Dúvidas?!

Obrigado!

Victor Dardengo

GESEP - Gerência de Especialistas em Sistemas Elétricos de Potência

E-mail: victor.dardengo@ufv.br