



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GCQ 21
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO XIII

GRUPO DE ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA - GCQ

AValiação DO DESEMPENHO DE FILTROS ELETROMAGNÉTICOS E PASSIVOS DE SEQÜÊNCIA ZERO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO

**Nilo Sérgio Soares Ribeiro (*)
(ELETRONORTE)**

Milton Itsuo Samesima () José Wilson Rezende (**) João César Salve (**) Willians Mendes Ribeiro
(UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA)**

RESUMO

O presente artigo apresenta o princípio de operação, modelagem, implementação computacional e estudos de desempenho de filtros eletromagnéticos e passivos para a minimização do fluxo de correntes de seqüência zero em sistemas de distribuição trifásicos a quatro fios. Neste sentido, este artigo contempla o emprego de duas estruturas de filtros com filosofias diferentes, conforme descrito no desenvolvimento do trabalho. A primeira estrutura é constituída por um banco de transformadores monofásicos interconectados em zig-zag, e a segunda é composta por filtros sintonizados em série com a carga.

O estudo foi desenvolvido com o auxílio do programa *Alternative Transient Program* - ATP, através da modelagem de um sistema de distribuição real, tendo em vista que o referido sistema apresenta problemas com o fluxo excessivo de correntes de seqüência zero no neutro do transformador da subestação.

PALAVRAS-CHAVE

Alternative Transient Program, Correntes Harmônicas, Filtros Sintonizados, Filtros Eletromagnéticos, modelagem

1.0 - INTRODUÇÃO

Sabe-se que as redes de distribuição secundárias trifásicas a quatro fios multi-aterrados são largamente empregados, devido a sua capacidade de prover um perfil de tensão mais estável e confiável [1].

Recentemente a empresa concessionária de energia elétrica ESPÍRITO SANTO CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. – ESCELSA apresentou problemas em seus alimentadores. O problema em questão caracterizou-se pela retirada de serviço do transformador de em um alimentador, ocasionando a interrupção de energia elétrica dos consumidores a ele conectado. O transformador foi retirado de serviço pela atuação do relé de proteção 51N, o que levou a equipe de técnicos da concessionária mencionada a realizar medições no transformador em questão para averiguação do problema. Após as medições realizadas detectou-se a presença de componentes harmônicas nas correntes do transformador. Assim, no neutro verificou-se uma corrente de 3ª harmônica com valores bem próximos à corrente RMS de ajuste do relé em determinados horários do dia, e que esta corrente ultrapassava um valor de 60A.

À título de ilustração, a figura (1a) mostra o resultado da medição da corrente no neutro do transformador, e a figura (1b) o espectro harmônico correspondente. À priori, seria desejável que o neutro conduzisse, tão somente, a corrente fundamental, decorrente do desequilíbrio das cargas acopladas ao alimentador. Porém, observa-se na figura (1b), que a corrente que circula no neutro é constituída pela componente fundamental e pela componente de 3ª ordem, sendo esta cerca de 5,5 vezes maior, em comparação com a fundamental.

(*) Centrais Elétricas do Norte do Brasil – Eletronorte – niloribeiro@eln.gov.br

(**) Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Na figura (1a) é possível observar que, em determinados horários, a corrente RMS no neutro ultrapassa a corrente de ajuste do relé de proteção de sobrecorrente no neutro.

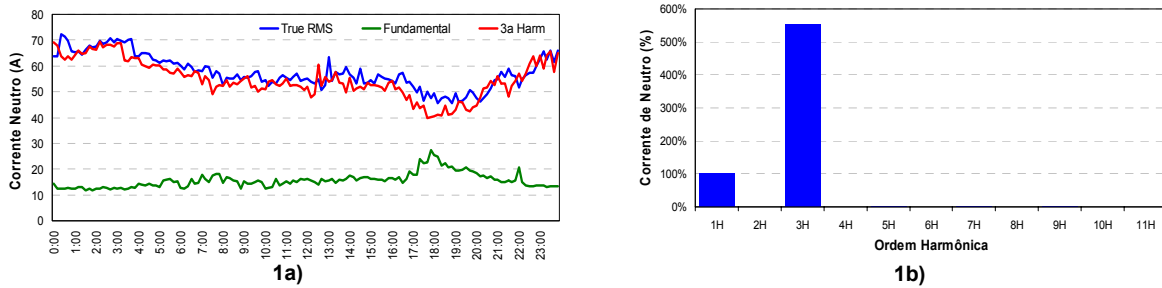


Figura 1 – (1a) Perfil de corrente no neutro em um dia típico, obtido pela medição (01/10/2005); (1b) Espectro harmônico da corrente no neutro do transformador da subestação, obtido pela medição (01/10/2005)

Adicionalmente, a figura (2a) mostra a medição da corrente de linha na saída do alimentador, realizada no dia 01/10/2005, e a figura (2b) mostra o conteúdo harmônico dessa corrente. Como é possível observar na referida figura, a corrente encontra-se com um conteúdo harmônico muito elevado, devido às cargas não lineares alimentadas pelo sistema.

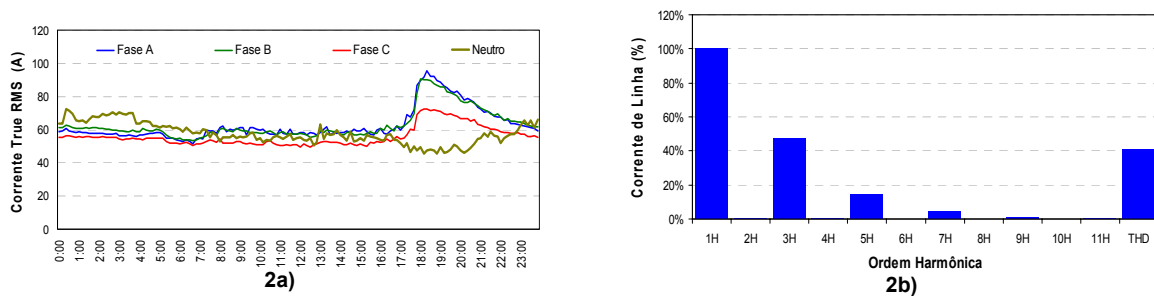


Figura 2 – (2a) Perfil da corrente de linha, obtido pela medição (01/10/2005); (2b) Espectro harmônico da corrente de linha, obtido pela medição (01/10/2005)

Pode-se observar também que em determinados horários do dia, a corrente no neutro é maior do que a corrente que circula pelas fases, como mostrado na figura (2a).

Assim, de acordo com as considerações acima, ou seja, a origem do problema, e em consonância com os propósitos de operação adequada do sistema, foi modelado neste artigo o referido alimentador no ATP, composto por 191 barras, nos níveis de 13,8 kV e 7,967 kV, para tensões nominais fase-fase e fase-terra respectivamente.

2.0 - MODELAGEM DO SISTEMA

A ESCELSA forneceu os dados necessários de um alimentador considerado crítico sob o ponto de vista do problema acima mencionado para a realização da modelagem do sistema no ATP. Informações como resistência e reatância de linha, potências dos barramentos, correntes e níveis de tensão foram então inseridos na modelagem. Deve-se salientar que, em se tratando das medições foram fornecidas somente medições na saída do alimentador.

Objetivando verificar o desempenho do modelo digital desenvolvido, os mesmos indicadores avaliados nas medições no alimentador, foram consideradas e distribuídas de forma aleatória as cargas geradoras de harmônicas equivalentes ao longo do alimentador. Para a representação das linhas e cargas foi utilizado o modelo RLC, contidas na biblioteca do programa utilizado. As cargas com comportamentos não lineares foram modeladas através da fonte HFS_Sour (Harmonic Frequency Scan Source), possibilitando a entrada de módulos e ângulos de tensão ou corrente, até a 11ª harmônica. Assim, com os parâmetros inseridos no programa, a figura (3a) mostra o espectro harmônico das correntes de linha obtidos na medição, e a figura (3b) o espectro harmônico das correntes de linha do sistema obtidos através da modelagem.

Por outro lado, a figura (4a) mostra o espectro harmônico da tensão de fase obtida na medição, e a figura (4b) mostra o espectro da tensão de fase obtido pela simulação. Complementarmente, a figura (5a) mostra o espectro harmônico da corrente no neutro do transformador obtida pela medição, e a figura (5b) mostra a corrente no neutro obtida pela simulação.

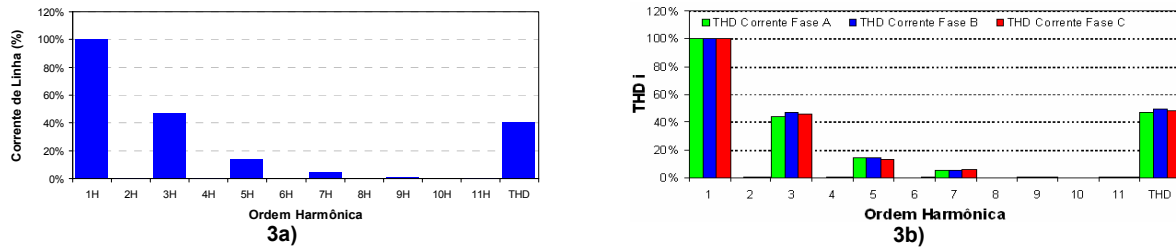


Figura 3 – (3a) Espectro harmônico da corrente de linha, obtido pela medição (01/10/2005); (3b) Espectro harmônico da corrente de linha, obtido pela simulação.

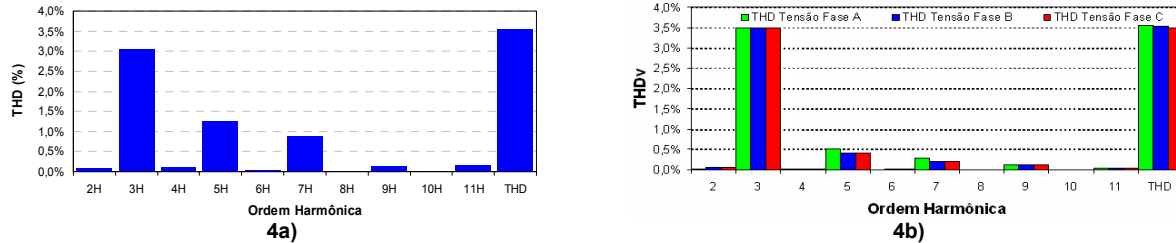


Figura 4 – (4a) Espectro harmônico da tensão de fase, obtido pela medição (01/10/2005); (4b) Espectro harmônico da tensão de fase, obtido pela simulação.

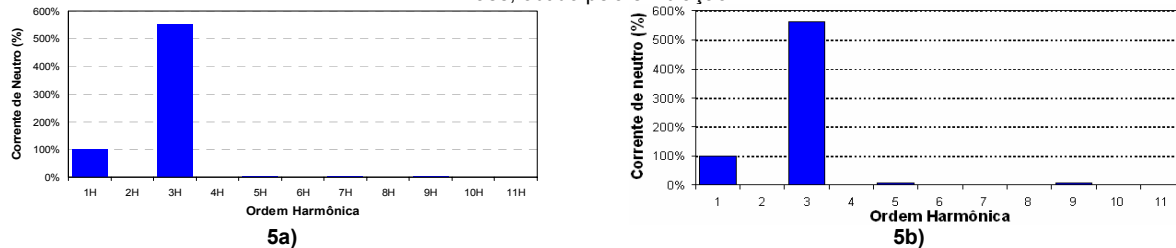


Figura 5 – (5a) Espectro harmônico da corrente no neutro, obtido pela medição (01/10/2005); (5b) Espectro harmônico da corrente no neutro, obtido pela simulação.

Verifica-se portanto, de forma comparativa entre os valores medidos e aqueles obtidos da simulação apresentados nas figuras acima consideradas que, há uma forte correlação entre os resultados, revelando a concordância dos propósitos desta investigação.

3.0 - Avaliação dos filtros para correntes de sequência zero

Objetivando avaliar o desempenho dos filtros propostos neste trabalho, segue abaixo a sistemática adotada para as duas estruturas de filtros.. Neste sentido, serão descritas a seguir cada estrutura utilizada na modelagem à partir e em consonância com as medições realizadas e, os resultados obtidos na simulação.

3.1 - Filtro Eletromagnético

A primeira estrutura avaliada e considerada é a utilização do filtro eletromagnético, que é composto por três unidades monofásicas de transformadores interconectados entre si em zig-zag. Para isto, a figura (6a) mostra a ligação equivalente entre os bancos de transformadores; a figura (6b) o esquema de ligação do banco de transformadores com o sistema e a figura (6c) o equivalente unifilar de seqüência zero do sistema.

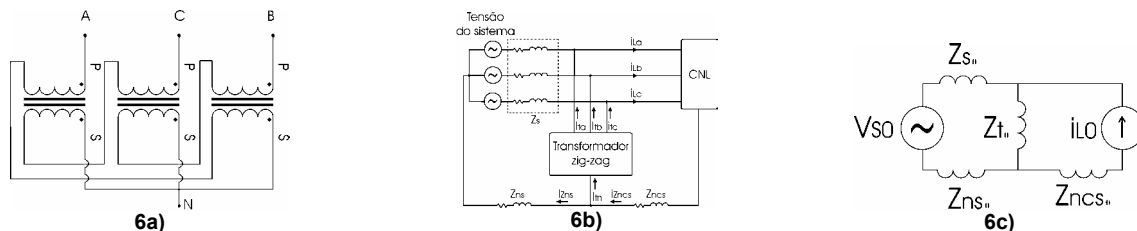


Figura 6 – (6a) Esquema de ligação dos transformadores monofásicos; (6b) Ligação entre o banco de transformadores e o sistema; (6c) Circuito equivalente unifilar de seqüência zero do sistema.

Onde na figura 6 tem-se:

CNL = Carga Não Linear;

$i_{La}; i_{Lb}; i_{Lc}$ = Correntes nas fases A, B e C, respectivamente;

Z_{NCS} e Z_{NCS0} = Impedâncias de sequência positiva e zero no neutro da carga do sistema, respectivamente;

Z_{NS} e Z_{NS0} = Impedâncias de sequência positiva e zero no neutro do sistema, respectivamente;

$i_{La}; i_{Lb}; i_{Lc}$ = Correntes nas fases A, B e C do banco de transformadores;

Z_s e Z_{s0} = Impedâncias de sequência positiva e zero do sistema, respectivamente;
 I_{nz} = Corrente no neutro do sistema;
 I_{nt} = Corrente no neutro do banco;
 Z_{t0} = Impedância de sequência zero do transformador em zig-zag.

O filtro eletromagnético aqui descrito oferece baixa impedância de seqüência zero conforme referências [2], [3] e [4]. Como aqui e em tais referências observa-se que a eficiência do filtro em estudo depende da relação entre a impedância de seqüência zero do filtro e do sistema, no local da instalação do filtro. Assim, pela aplicação do princípio da superposição no circuito equivalente da figura (6c) obtém-se a corrente de seqüência zero que circulará no neutro do sistema, ou seja, (equação (1)).

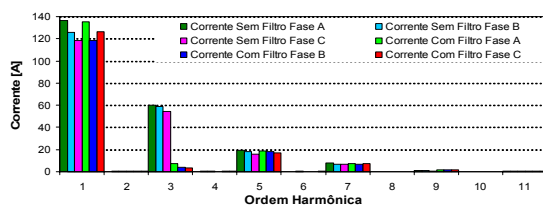
$$i_{n_s} = \frac{Z_t}{(Z_{s0} + Z_{n_s}) + Z_t} i_{L0}(t) + \frac{1}{Z_{s0} + Z_{n_s} + Z_t} v_{s0}(t) \quad (1)$$

Da equação (1) verifica-se que a corrente no neutro do sistema será tão menor quanto maior for a relação entre a impedância de seqüência zero do sistema em relação à impedância do filtro. Para esta estrutura de filtro, a tabela (1) mostra os valores dos parâmetros dos transformadores utilizados na simulação.

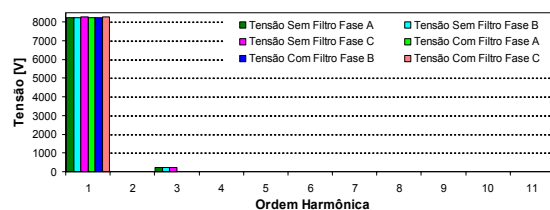
Tabela 1 – Parâmetros dos transformadores em zig-zag do filtro tipo 1.

Resistência de Magnetização (Ω)	76753,4
Resistência do Enrolamento Primário (Ω)	0,51814
Resistência do Enrolamento Secundário (Ω)	0,51814
Indutância do Enrolamento Primário (mH)	0,60597
Indutância do Enrolamento Secundário (mH)	0,60597
Tensão do Enrolamento Primário (kV)	13,8
Tensão do Enrolamento Secundário (kV)	13,8

Como resultados da simulação, a figura (7a) mostra a comparação entre o espectro harmônico das correntes de linha antes e após a conexão do banco de transformadores no sistema. Analogamente, a figura (7b) mostra o espectro harmônico das tensões de fase antes e após a conexão do banco.



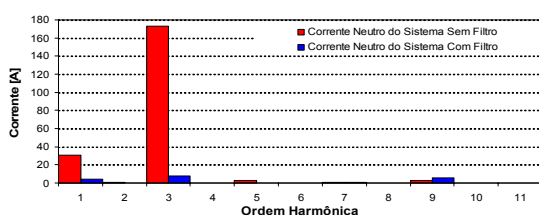
7a)



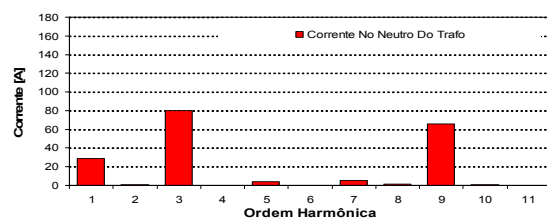
7b)

Figura 7 – (7a) Espectro harmônico das correntes de linha antes e após o acoplamento do banco; (7b) Espectro harmônico da tensão de fase antes e após o acoplamento do banco.

Complementarmente na simulação digital, a corrente no neutro do alimentador pode ser vista na figura (8a), na figura 8(b) as correntes no neutro do banco.



8a)



8b)

Figura 8 – (8a) Espectro harmônico da corrente no neutro do sistema antes e após o acoplamento do banco; (8b) Espectro harmônico da corrente no neutro do banco.

Observa-se que a maior desvantagem na utilização deste tipo de filtro se faz presente conforme é apresentado na figura 8b), ou seja, a corrente de 9ª ordem apresentou uma elevação significativa. Este fato se justifica tendo em vista que o referido filtro comporta-se com baixa impedância para todas as correntes de seqüência zero. Nestas condições, havendo alguma tensão de seqüência zero no sistema, haverá o fluxo de corrente de mesma ordem. Por fim, as figuras (9a) e (9b) abaixo mostram, respectivamente, as formas de onda da tensão de fase e corrente de linha, antes (gráficos superiores) e após (gráficos inferiores) a conexão dos bancos de transformadores conectados em zig-zag.

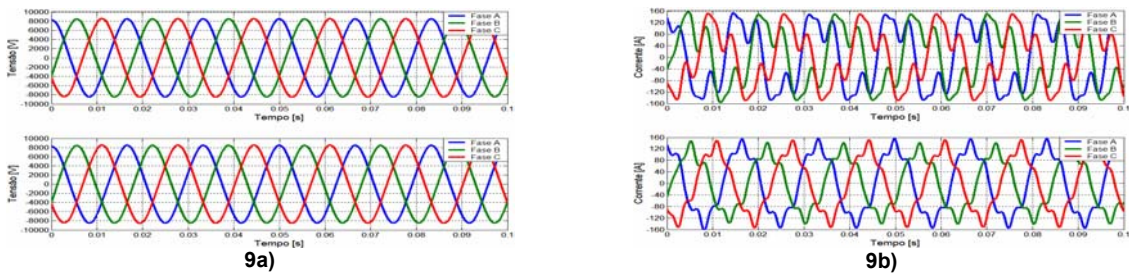


Figura 9 – (9a) Formas de onda das tensões de fase antes(superior) e após(inferior) a conexão do filtro eletromagnético; (9b) Formas de onda das correntes de linha antes(superior) e após(inferior) a conexão do filtro eletromagnético.

3.2 Filtro RLC em série

A segunda estrutura de filtros proposta neste estudo é o filtro passivo sintonizado que é descrito a seguir. Estes tipos de filtros podem ser utilizados para minimizar o efeito das distorções harmônicas de corrente e tensão nas redes de distribuição. Apresentam características de circuitos bastante robustos, que empregam o princípio da ressonância para realizar a separação dos sinais que são desejados, sendo que podem operar tanto selecionando um determinado sinal como rejeitando o sinal desejado [5]

Constituídos por elementos resistivos, capacitivos e indutivos, detêm a propriedade de, quando na presença de frequências acima da frequência de ressonância, apresentar características indutivas, e, quando na presença de frequências abaixo da frequência de ressonância se comportar como circuitos capacitivos, efetuando assim a função de compensação reativa. A modelagem deste tipo de filtro baseou-se nos princípios utilizados na referência [6]. Adotando-se pois esta estratégia, são apresentados a seguir as principais características do referido filtro e os resultados obtidos na simulação digital.

Portanto, a figura (10a) ilustra o diagrama de um circuito RLC em série constituindo-se na base inicial deste filtro, alimentado por uma fonte de tensão, e a figura (10b) o comportamento do módulo do filtro com a frequência e a figura (10c) a variação do ângulo do filtro com a frequência. O filtro em análise é, portanto para a rede trifásica, constituído de três ramos monofásicos, conectados em série com as fases, de forma a prover um caminho de baixa impedância para as correntes fundamentais e uma impedância elevada para as demais correntes harmônicas em cada fase do sistema considerado.

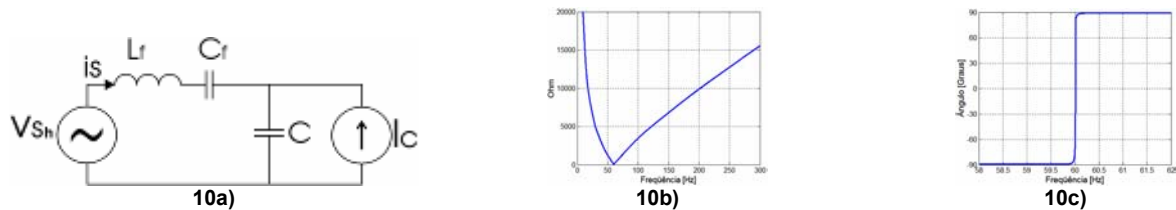


Figura 10 – (10a) Diagrama de um circuito RLC típico do filtro série; (10b) Comportamento do módulo da impedância do filtro com a frequência; (10c) Comportamento do ângulo de fase do filtro com a frequência.

Na figura 10a), tem-se que:

- V_{sh} = Tensão harmônica gerada pela fonte;
- I_s = Corrente do sistema;
- L_f , C_f = Indutância e capacitância do filtro, respectivamente;
- C = Capacitância para correção do fator de potência;
- I_c = Corrente harmônica gerada pela carga.

O capacitor presente no circuito, destina-se em princípio para a correção de fator de potência, além da função a que este se propõe, como função secundária de fornecer um caminho de baixa impedância para as correntes harmônicas remanescentes, conforme proposto pela referência [6]

Para dimensionamento do filtro proposta nesta seção, o ponto de partida para o cálculo dos componentes do filtro em questão é dado pela equação (2), onde é calculado o capacitor cuja susceptância é a necessária para a compensação reativa na frequência fundamental. A capacitância do filtro pode então ser obtida pela equação (3), sendo que maiores detalhes são encontrados na referência [8]. Portanto, para o filtro em questão, ω_f tem que ser

alocado próximo à ω_1 [6]. No presente estudo, a relação ω_f / ω_1 entre eles foi adotada arbitrariamente como sendo de 1,6%.

$$C = \frac{B_1}{\omega_1} = \frac{-1}{\omega_1} \left(\operatorname{Im} \left(\frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1} \right) \right) \quad (2)$$

$$\omega_f = \omega_1 \sqrt{1 + \frac{C_f}{C}} \quad (3)$$

Onde:

B_1 = susceptância necessária para a compensação reativa na frequência fundamental;

ω_1 = Frequência angular fundamental;

ω_f = Frequência angular na frequência de sintonia;

\dot{I} = Fasor da corrente fundamental;

\dot{V} = Fasor da tensão fundamental

Por fim, a indutância do filtro pode ser obtida pela aplicação da equação (4), ou seja:

$$L_f = \frac{1}{\omega_1^2 C_f} \quad (4)$$

Com o uso da metodologia então considerada, a tabela (2) resume os valores calculados dos parâmetros do filtro em questão.

Tabela 2 – Elementos RLC do filtro série utilizados na modelagem.

Indutor do filtro (H)	8,59
Capacitor para correção do fator de potência (μ F)	17,36
Capacitor do filtro (μ F)	0,819
Resistência Ω	0,2

A resistência foi assumida como sendo a resistência intrínseca do indutor, tendo em vista a não idealidade dos componentes do filtro. Como resultados obtidos na simulação, a figura (11a) mostra a comparação entre o espectro harmônico das correntes de linha antes e após a conexão do filtro no sistema, e a figura (11b) o espectro harmônico da tensão de fase antes e após a conexão do filtro série ao sistema.

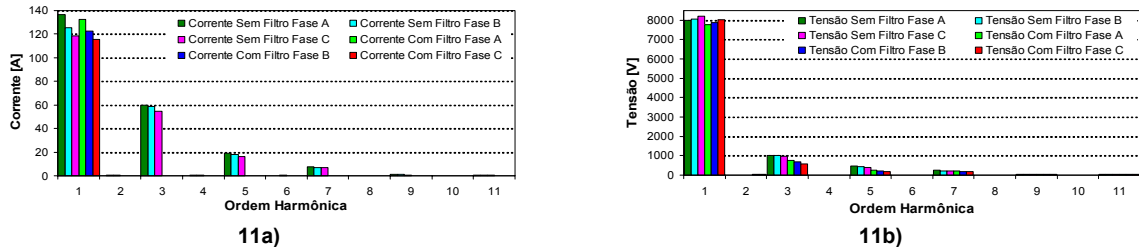


Figura 11 – (11a) Espectro harmônico das correntes de linha antes e após a conexão do filtro; (11b) Espectro harmônico da tensão de fase, no ponto de conexão do filtro no sistema, no lado da carga, antes e após a conexão do filtro.

Complementarmente, a figura (12a) ilustra o espectro harmônico da corrente no neutro do sistema antes e após a conexão do filtro, e, a figura (12b) mostra a queda de tensão harmônica sobre a impedância do filtro, que se revela como a principal desvantagem da utilização desta filosofia de filtragem.

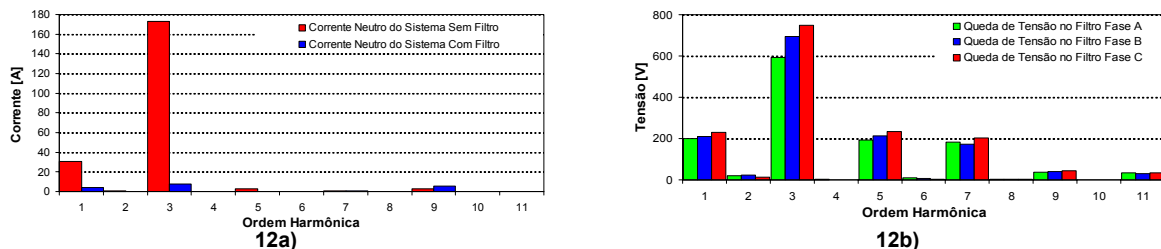


Figura 12 – (12a) Espectro harmônico da corrente no neutro do sistema antes e após a conexão do filtro; (12b) Espectro harmônico da queda de tensão sobre o filtro.

Já a figura (13) mostra a interação entre a impedância do filtro e a impedância do sistema, com a variação da frequência. A utilização de filtros sintonizados deve ser realizada com procedimentos criteriosos, tendo em vista a probabilidade de ocorrência do fenômeno da ressonância. Neste sentido, é necessário que no projeto do filtro, seja feita uma análise através de programas de fluxo harmônico, de forma a detectar possíveis frequências de

ressonância série ou paralela, evitando assim tensões e/ou correntes proibitivas após a conexão do filtro ao sistema.

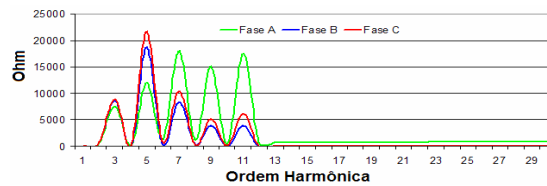


Figura 13 – Interação entre a impedância série do filtro e a impedância do sistema com a variação frequência.

Conforme pode ser observado na (13), o sistema apresentou situações de ressonância série predominantemente nas frequências pares, e ressonância paralela nas frequências ímpares. Adicionalmente, as figuras (14a) e (14b) abaixo mostram respectivamente, as formas de onda das tensões de fase e correntes de linha, antes e após a conexão dos filtros em série.

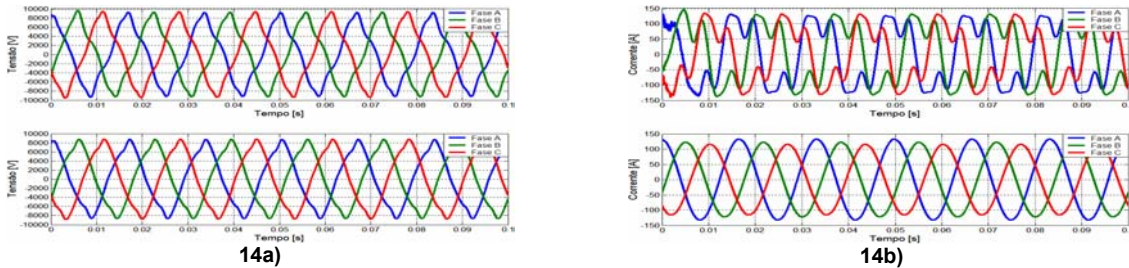


Figura 14 – (14a) Formas de onda das tensões de fase antes(figura superior) e após(figura inferior) a conexão do filtro, no ponto de conexão do filtro, no lado da carga; (14b) Formas de onda das correntes de linha antes(figura superior) e após(figura inferior) a conexão do filtro.

Por fim, para efeitos comparativos entre as duas estruturas de filtros aqui considerados, a tabela (3) mostra os fatores de potência antes e após a conexão dos filtros eletromagnéticos e filtros em série, na saída do alimentador.

Tabela 3 – Variação do fator de potência, por fase, com a conexão dos dois tipos de filtros.

	Filtro eletromagnético				Filtro série			
	Sem Filtro		Com filtro		Sem filtro		Com filtro	
	$\cos(\phi_1)$	$\frac{\cos\phi}{\sqrt{1+DII^2}}$	$\cos(\phi_1)$	$\frac{\cos\phi}{\sqrt{1+DII^2}}$	$\cos(\phi_1)$	$\frac{\cos\phi}{\sqrt{1+DII^2}}$	$\cos(\phi_1)$	$\frac{\cos\phi}{\sqrt{1+DII^2}}$
Fase A	0,9993	0,9060	0,9946	0,9824	0,9993	0,9060	0,9990	0,9990
Fase B	0,9873	0,8859	0,9933	0,9797	0,9873	0,8859	0,9890	0,9890
Fase C	0,9580	0,8631	0,9693	0,9588	0,9580	0,8631	0,9603	0,9603

Na tabela 3 acima, pode-se observar a aproximação dos valores de fator de potência e fator de deslocamento antes e após a instalação dos filtros, o que indica uma melhoria nas distorções harmônicas de tensão e corrente. Neste sentido para comprovação desta afirmativa, a tabela (4) mostra a variação da distorção harmônica total de tensão (DHT_T) e de corrente (DHT_I), com a conexão dos filtros ao sistema.

Tabela 4 – Variação da distorção harmônica total de tensão e corrente, por fase, no ponto de acoplamento dos filtros.

	Filtros eletromagnéticos				Filtros série			
	Sem Filtro		Com filtro		Sem filtro		Com filtro	
	DHT _T %	DHT _I %	DHT _T %	DHT _I %	DHT _T %	DHT _I %	DHT _T %	DHT _I %
Fase A	14,421%	46,673%	6,54%	14,8%	14,421%	46,673%	10,5%	0,08%
Fase B	13,897%	49,35%	6,20%	16,8%	13,897%	49,35%	9,56%	0,09%
Fase C	12,902%	48,283%	5,88%	15,8%	12,902%	48,283%	8,12%	0,07%

A manutenção de valores elevados na distorção harmônica total de tensão da tabela 4, para o filtro série se traduz em sua principal desvantagem em relação aos filtros em derivação, cuja queda de tensão harmônica é gerada pela elevada impedância equivalente para as correntes harmônicas presentes na rede.

3.0 - CONCLUSÃO

O enfoque principal deste artigo foi avaliar computacionalmente à partir dos resultados de medição, o comportamento da operação de filtros eletromagnéticos e passivos LC para minimização de correntes de sequencia zero em sistemas de distribuição. Os resultados das simulações mostraram que a utilização das duas

estruturas melhorou significativamente o desempenho do sistema de distribuição como um todo, evitando cortes no fornecimento de energia pela atuação da proteção de neutro do transformador, e encargos contratuais à concessionária.

O filtro eletromagnético mostrou-se bastante eficiente quanto à filtragem de correntes de sequência zero, estando os resultados obtidos em consonância com os resultados contidos nas referências [2], [3] e [4]. A referência [7] trata das variáveis de influência no desempenho de filtros eletromagnéticos de sequência zero, onde é possível observar os problemas que surgem quando o referido filtro opera em sistemas não ideais, à exemplo do explorado neste artigo.

O filtro em série por outro lado, apresentou um desempenho satisfatório, no que diz respeito à filtragem de correntes harmônicas. A elevada distorção harmônica total de tensão, provocada pela queda de tensão harmônica, após o filtro no lado da carga, e também o elevado valor de indutância para o filtro, obtido pela aplicação da metodologia proposta pela referência [6] são as maiores desvantagens para a implementação deste tipo de filtro em sistemas como os avaliados por este artigo.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. W. Chang, M. J. Chiu, K. S. Lee, Y.F. Hsu, " Analysis of High Neutral Current in three-Phase Four-Wire Multi-Grounded Distribution Feeders", Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2003 IEEE PES Publication Date: 7-12 Sept. 2003 Volume: 2, On page(s): 531- 535 vol.2
- [2] Oliveira, J. C., Vasconcelos, A. B. Apolônio, R., Belchior, F. N., "Operação conjunta: Filtro e Bloqueador Eletromagnético para Correntes de Seqüência zero", VI SBQEE – Seminário Brasileiro de Qualidade sobre Qualidade da Energia Elétrica, Belém-PA, Brasil.
- [3] Pekik, A. D., Syafrudin, "A practical Approach to Minimize the Zero-Sequence Current Harmonics in Power Distribution Systems", PCC-1997, Japan.
- [4] H. L. Jou, j. C. Wu, K. D. Wu, W. J. Chiang, "Analysis of Zig-Zag Transformer Applying in the Three-Phase Four-Wire Distribution Power System", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 20, nº 2, April 2005.
- [5] Roger C. Dugan, Marck F. McGranaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty, "Electrical Power Systems Quality", Second Edition, McGraw-Hill, 2004.
- [6] – Shih-Min Hsu, "Reactive power compensator with harmonic blocking feature", System Theory, 1996., Proceedings of the Twenty-Eighth Southeastern Symposium on 31 March-2 April 1996 Page(s):206 – 210.
- [7] Oliveira, J. C., Vitor A. Bernardes, Luis C. O. Oliveira, João F. V. Ferreira, R., Belchior, F. N., "Variáveis de influência no desempenho de filtros eletromagnéticos de seqüência zero", SBSE – Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos 2006, Campina Grande – Paraíba – Brasil.
- [8] Ribeiro, N. S.,S., "Avaliação de desempenho de filtros de sequência zero em redes de distribuição", Dissertação de mestrado(em fase final), Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Nilo Sérgio Soares Ribeiro

Nascido em Brasília, DF em 28 de Novembro de 1978. É engenheiro eletricista formado pela Universidade Federal de Mato Grosso (2004), é mestrando em Qualidade da Energia pela Universidade Federal de Uberlândia e atualmente é engenheiro das Centrais Elétricas do Norte do Brasil – ELETRONORTE.

Milton Itsuo Samesima

Nascido em Ipuã, SP em 18 de agosto de 1952. É engenheiro eletricista formado pela Universidade Federal de Uberlândia (1977), mestre e doutor em engenharia elétrica pela Escola Politécnica da USP em 1984 e 1990, respectivamente. Atualmente é professor titular na Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia(UFU). É componente de um grupo de pesquisas na área de qualidade da energia elétrica. Possui inúmeras publicações em congressos nacionais, internacionais e revistas.

José Wilson Resende

Nascido em Carmo do Paranaíba, MG em 26 de março de 1952. É engenheiro eletricista formado pela Universidade Federal de Uberlândia(1975), mestre em engenharia elétrica pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá(EFEI) em 1979 e PhD pela Aberdeen University-UK em 1986. É professor titular na UFU desde 1976. É membro de um grupo de pesquisas na área de qualidade da energia elétrica na Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU. Possui inúmeros trabalhos publicados em congressos nacionais, internacionais e revistas.

João César Paula Salve

Nascido em São Paulo, SP, em 24 de junho de 1970, é engenheiro eletricista formado pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP), em Ilha Solteira / São Paulo, mestre e doutorando pela Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia / MG, atualmente é professor na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus de Cornélio Procopio – PR.

Willians Mendes Ribeiro

Nascido em Cuiabá, MT, em 28 de setembro de 1981. É engenheiro eletricista formado pela Universidade Federal de Mato Grosso (2005), é mestrando em Qualidade de Energia pela Universidade Federal de Uberlândia.