Análise do Uso de Bloqueadores em Sistemas *Power Line Communication*

Darlene Engelender, Mateus L. Filomeno, Felipe A. Santos, Eduardo P. de Aguiar, Thiago R. Oliveira, Moises V. Ribeiro

***Resumo*— Esse trabalho apresenta uma análise do uso de bloqueadores de sinais que permitem minimizar a interferência entre sistemas power line communication que operam na mesma frequência em redes de energia elétrica de baixa tensão externa e interna.**

***Palavras-Chave*— *Power Line Communication*, Equipamentos, Atenuação.**

***Abstract*— This paper presents an analysis of signal blockers that minimize the interference between power line communication systems which operate on the same frequency in external and internal low voltage power grids.**

***Keywords*— Power Line Communication, Equipments, Attenuation**

I. Introdução

A rede de energia elétrica de baixa tensão - entre o secundário do trafo de média para baixa tensões e as tomadas nas residências - é, por questão didática, classificada em: externa (entre o secundário do trafo de média para baixa tensões e os medidores de consumo de energia elétrica) e interna (entre os medidores de consumo de energia elétrica e as tomadas nas residências, prédios). Para cada tipo de rede, usa-se um sistema *power line communication* (PLC) distinto, posto que ambas apresentam comportamentos diferentes [1]. Nesse contexto, para viabilizar o uso de ambos sistemas PLC, é necessário o emprego de dispositivos que permitam minimizar de forma significativa a interferência mútua quando ambos os sistemas PLC operam na mesma faixa de frequência. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar o emprego de dispositivos bloqueadores de sinais PLC juntamente com o medidor de consumo de energia, considerando três possíveis configurações de implementação. É importante ressaltar que a presente análise da forma como é apresentada não é encontrada na literatura.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: a Seção II apresenta os equipamentos e os arranjos utilizados durante o processo de medição. Na Seção III são mostrados e analisados os resultados obtidos. Finalmente, na Seção IV são apresentadas as conclusões do trabalho.

II. Arranjo de Medição

Os equipamentos e dispositivos utilizados são mostrados na Fig. 1. A descrição sucinta de cada um é conforme abaixo:

Darlene Engelender, Mateus L. Filomeno, Felipe A. Santos, Eduardo P. de Aguiar, Thiago R. Oliveira, Moises V. Ribeiro. Departamento de Energia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mails: darlene.engelender@engenharia.ufjf.br, mateus.lima@engenharia.ufjf.br, felipe.augusto2007@engenharia.ufjf.br, eduardo.aguiar@engenharia.ufjf.br, thiago.oliveira@ifsudestemg.edu.br, mribeiro@engenharia.ufjf.br

- Analisador de rede (**A**): instrumento capaz de medir a resposta em magnitude de dispositivos em geral, nas faixas de frequência que estão entre 30 kHz e 6,5 GHz [2].
- Medidor residencial de energia elétrica (**B**): dispositivo responsável por registrar o consumo de energia elétrica.
- Acoplador (**C**): dispositivo que realiza a interface entre o transceptor PLC e a rede de energia elétrica [3].
- Bloqueador (**D**): dispositivo projetado para produzir uma forte atenuação na faixa de frequência entre 1.7 e 40 MHz. [4].

Fig. 1. Equipamentos e dispositivos utilizados.

Foram consideradas três configurações conforme indicado na Fig. 2, nas quais P1, P2 e P3 denotam, respectivamente, o ponto de conexão com a rede de energia elétrica externa de baixa tensão, o ponto de acesso do modem PLC e o ponto de conexão do consumidor de energia elétrica.

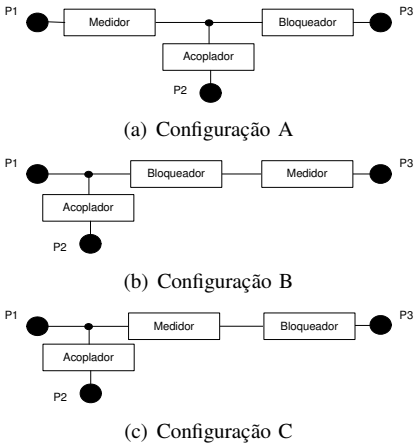

Fig. 2. Configurações Analisadas

III. Resultados das Medições

A caracterização de cada dispositivo é feita a partir da resposta em magnitude, considerando a faixa de frequência de 30

kHz a 100 MHz. Pode-se notar na Fig. 3, que para frequências próximas a 1.7 MHz o dispositivo bloqueador apresenta uma atenuação maior que 70 dB. Além disso, com o aumento da frequência, a atenuação do bloqueador diminui, chegando a valores próximos a 30 dB para frequências acima de 50 MHz. A resposta em magnitude do acoplador é maior que -5 dB para frequências até 40 MHz. Já o medidor apresenta valores de atenuação não muito elevados, excetuando-se a faixa de 15 a 25 MHz onde os valores se aproximam de 20dB.

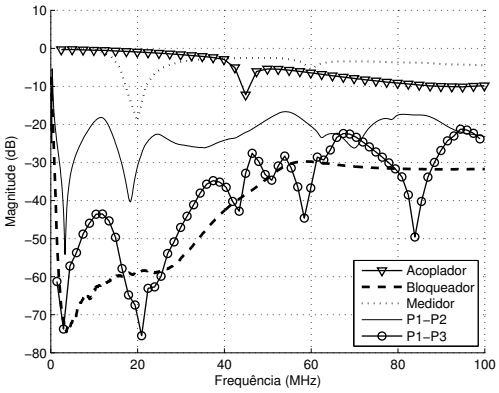

Fig. 3. Respostas em magnitude da Configuração A.

As magnitudes da resposta em frequência entre os pontos P1 e P2 e entre os pontos P2 e P3 para a configuração A são mostradas na Fig. 3. Quando conectam-se os pontos P1 e P2 às portas de entrada e saída do analisador, pode-se observar uma combinação entre as respostas do medidor e do acoplador, através de picos de atenuação em pontos específicos. Há também uma atenuação superior a 50 dB nas proximidades de 1.7 MHz. Entre os pontos P1 e P3 observa-se que a atenuação é maior que 20 dB em todo espectro analisado, sendo maior que 40 dB para frequências menores que 33 MHz.

As respostas em magnitude da configuração B são mostradas na Fig. 4. Quando o bloqueador e o medidor são conectados em cascata (P1-P3), percebe-se que em torno a 1,7 MHz a característica do bloqueador é predominante, pois a atenuação é maior que 50 dB. No restante da banda analisada, a resposta em magnitude apresenta valores próximos a -20 dB, porém na faixa de 25 a 50 MHz a resposta em magnitude possui valores ainda mais baixos, sendo menor que -40 dB para frequências entre 30 e 39 MHz. Considerando a ligação P2-P3, nota-se que os valores da resposta em magnitude são próximos a -20 dB por quase todo espectro, sendo menores que -50 dB em torno de 1.7 MHz.

Por fim, os espectros de magnitude relativos a configuração C podem ser observados na Fig. 5. Sendo analisada a resposta entre os pontos P1 e P3, observa-se que os valores de atenuação são maiores que 35 dB em todo espectro. Além disso, somente na faixa de 35 a 40 MHz os valores de atenuação da configuração C são menores que os da configuração B. Já entre P2 e P3, os valores de atenuação da configuração C são sempre maiores que 20 dB, exceto para faixa de 40 a 48 MHz. Somente na faixa de 15 a 40 MHz os valores de atenuação da configuração C são menores que os da configuração B.

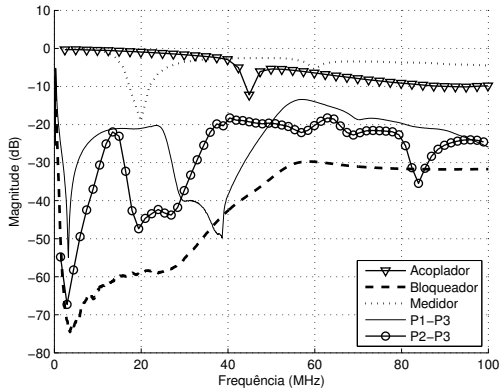

Fig. 4. Respostas em magnitude da Configuração B.

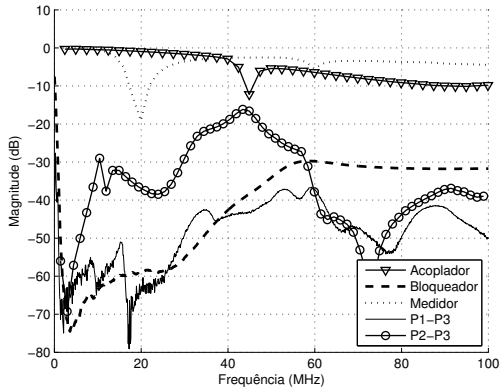

Fig. 5. Respostas em magnitude da Configuração C.

IV. Conclusões

O presente trabalho analisou o comportamento de um dispositivo bloqueador de sinais PLC na faixa entre 30 kHz e 100 MHz, considerando três possíveis configurações para desacoplar as redes de energia elétrica de baixa tensão interna e externa. A configuração C é a indicada para utilização quando toma-se por parâmetro os resultados das duas ligações, P1-P3 e P2-P3, pois apresenta os maiores valores de atenuação. Exceto para a faixa de 15 a 40 MHz na ligação P2-P3, onde a indicada é a configuração B.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a CAPES, CNPq, FAPEMIG, INERGE, P&D ANEEL, CEMIG, FINEP e Smarti9 pelo apoio financeiro.

Referências

[1] H. A. Hrasnica, A. Haidine and R. Lehnert, *Broadband Powerline Communications Networks: Network Design.* John Wiley & Sons, 2005.

[2] Analisador de Rede N9914A, Agilent. Website: http://www.keysight.com/pt/pd-2165919-pn-N9914A. Acesso: março 2015.

[3] L. G. da Silva Costa, A. A. M. Picorone, A. C. M. de Queiroz, V. L. R. da Costa, M. V. Ribeiro, "Projeto e Caracterização de Acopladores para *Power Line Communications*", *Proc. XXXIII Simpósio Brasileito de Telecomunicações*, Juiz de Fora, MG, Set. 2015.

[4] Blocking Filter For Power Line Communication (MTR-BF-OOOO Series), MATTRON Co., Ltd.