

Considerações para a Implementação de *Power Line Communications* para Aplicações de *Smart Grid*

Hening Almeida de Andrade, Rafael Moura Duarte, Fabrício Braga Soares de Carvalho, Fabiano Salvadori e Waslon Terllizzie Araújo Lopes

Resumo—Este artigo apresenta um estudo relativo à transmissão de dados por meio da tecnologia PLC (*Power Line Communications*). O objetivo é projetar os circuitos necessários para realizar esta comunicação para aplicações em *Smart Grid*. Nas considerações de projeto apresentadas, detalham-se componentes necessários, alguns parâmetros importantes, as montagens a serem realizadas e os resultados preliminares de simulação da comunicação PLC proposta.

Palavras-Chave—*Power Line Communications*, Circuitos, Simulações.

Abstract—This work presents a study of the transmission of data via PLC (*Power Line Communications*) technology. The objective is to design circuits to implement the communication for *Smart Grid*. In the proposed project, some important operational parameters are defined and the preliminary results obtained from the simulation of the proposed PLC communication are highlighted.

Keywords—*Power Line Communications*, Circuits, Simulations.

I. INTRODUÇÃO

As *Smart Grid* surgiram para lidar com os desafios associados à rede elétrica. O conceito de *Smart Grid* pode ser definido como uma moderna infraestrutura de rede de energia elétrica, desenvolvida para uma maior eficiência e confiabilidade [1].

Um sistema de comunicação é a componente chave para a infraestrutura *Smart Grid*, e o PLC é uma das principais tecnologias de comunicação disponíveis para este fim. A tecnologia PLC é uma técnica que utiliza a rede elétrica para transmitir, a altas taxas de transmissão, sinais de dados entre dispositivos [2]. Em uma rede PLC, medidores inteligentes podem estar ligados a um concentrador de dados por meio da rede elétrica e transferir as informações para uma central de dados. A infraestrutura da rede elétrica existente diminui os custos de instalação relativos a um sistema de comunicações, sendo bastante adequada em áreas urbanas para diversas aplicações [3].

Todavia, a rede elétrica não foi inicialmente projetada para a transmissão de dados, revelando-se um cenário hostil para tal fim. Ruídos consideráveis, altos níveis de atenuação e impedâncias variantes são alguns dos principais problemas referentes à comunicação, que acabam por comprometer a

transmissão da informação através deste canal [2]. Assim, vários estudos vêm sendo conduzidos na tentativa de desenvolver sistemas que contornem este problema e possibilitem a troca eficiente de informações por meio da rede elétrica [4].

II. PROJETO DE CIRCUITOS PLC

Comparada à comunicação em altas frequências, a comunicação em baixas frequências é mais afetada por equipamentos ou condições anormais que possam existir nos sistemas de distribuição de energia (como banco de capacitores e transformadores), sendo ideal para serviços de supervisão e automação pelas concessionárias.

Neste contexto, é proposto o desenvolvimento de um circuito PLC para operar na faixa de banda estreita. Neste trabalho, foi selecionada a frequência de operação de 100 kHz, com uma largura de banda de 50 kHz (embora o projeto do circuito também permita a operação em outros valores próximos). Um circuito para transmissão de dados PLC pode ser dividido em transmissor (composto de Modulador, Amplificador e Circuitos de Acoplamento) e receptor (Circuitos de Acoplamento, Amplificador e Demodulador).

A. Modulador

O circuito modulador proposto consiste de um modulador *BPSK* (*Binary Phase Shift Keying*) com sinalização polar *NRZ* (*Non-Return to Zero*). Os componentes necessários para a montagem deste consistem de um oscilador local para gerar o sinal da portadora senoidal, 1 multiplicador (pode ser utilizado o CI AD633 ou célula de Gilbert) e um amplificador operacional na configuração não-inversor. O circuito do modulador pode ser simulado por meio do *software ADS* (*Advanced Design System*) versão 2011.05. O diagrama esquemático do circuito modulador pode ser visualizado na Figura 1.

B. Amplificadores

Os circuitos amplificadores do transmissor e do receptor podem ser implementados utilizando amplificadores operacionais na configuração não-inversor.

C. Circuitos de acoplamento

Os circuitos de acoplamento do transmissor e do receptor à rede elétrica são compostos, além dos capacitores de bloqueio, de transformadores para promover isolamento galvânica e limitar, através de saturação, os sinais oscilantes oriundos da rede.

Hening Almeida de Andrade, Rafael Moura Duarte, Fabrício Braga Soares de Carvalho, Fabiano Salvadori e Waslon Terllizzie Araújo Lopes, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, Brasil, E-mails: hening.andrade@cear.ufpb.br, rafael.duarte@cear.ufpb.br, fabricio@cear.ufpb.br, salvadori.fabiano@cear.ufpb.br, waslon@cear.ufpb.br. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq.

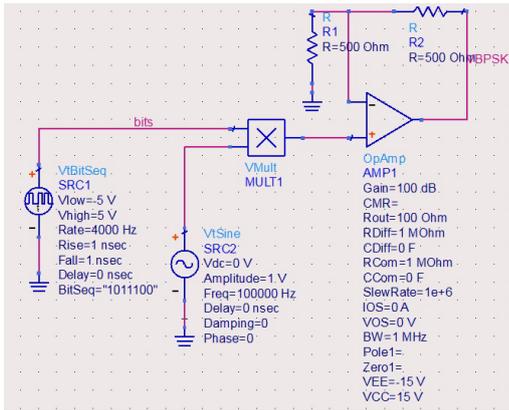


Fig. 1. Modulador BPSK com sinalização polar NRZ

Para o projeto dos transformadores de alta frequência é sugerida a utilização de núcleos de ferrite tipo E, pois apresentam menor perda por histerese e conseqüentemente menor elevação da temperatura se comparado a outros materiais (como as lâminas de ferro-silício) [5].

A indutância do transformador depende diretamente do número de espiras e da relutância do circuito magnético. A existência de um entreferro aumenta a relutância total do circuito, além de permitir que o enrolamento opere com maiores correntes sem que ocorra saturação do núcleo [5].

O circuito de acoplamento foi projetado para a frequência da portadora (100 kHz), carga de saída de 50 Ω , relação de espiras 1:1 e um fator de qualidade específico de acordo com a indutância de fuga do transformador (foi utilizado fator igual a 2 para a simulação). A partir destes parâmetros, pode-se determinar a indutância (indutância do transformador mais indutância adicional, se necessária), capacitância e largura de banda do circuito.

D. Demodulador

Para o circuito do demodulador BPSK é proposto um circuito PLL com sistema Costas, pois o processo de demodulação BPSK síncrono só funciona quando o sinal modulado está em sincronismo com a portadora original. Assim, multiplica-se o sinal recebido pela portadora original, realiza-se uma filtragem para eliminar as harmônicas de alta frequência e o ruído existente fora das bandas de interesse, e então obtém-se o sinal demodulado.

III. RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

A seguir podem ser visualizados os resultados preliminares de simulação referentes ao circuito de acoplamento, no que diz respeito a sua operação.

Na Figura 2, pode ser visualizada a resposta em frequência do circuito de acoplamento. Observa-se que o circuito atua como um filtro passa-faixa centrado em 100 kHz (frequência da portadora) e com uma largura de banda de 50 kHz, para a qual além desta faixa a saída é inferior a -3dB. Observa-se também que a frequência da rede elétrica no Brasil, 60 Hz, é muito atenuada (já que as baixas frequências são atenuadas),

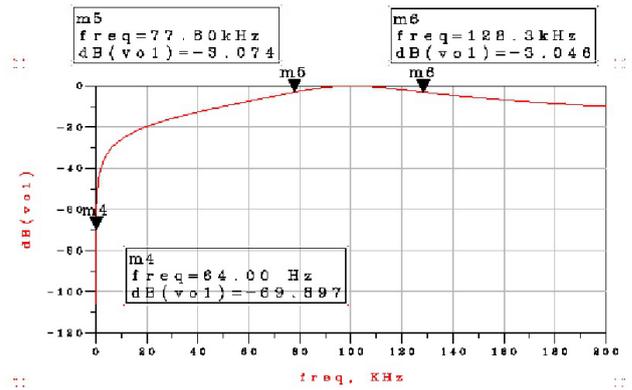


Fig. 2. Resposta em frequência do circuito de acoplamento

eliminando os harmônicos indesejados que poderiam degradar o sinal transmitido.

Assim, pode-se transmitir os dados por meio da portadora de 100 kHz, enquanto que nas outras faixas de frequências o ruído e as componentes de alta frequência são atenuados.

IV. CONCLUSÕES

A tecnologia *Power Line Communications* é uma forma bastante promissora para transmissão de dados devido ao sistema elétrico já existente. Contudo, os circuitos a serem desenvolvidos necessitam de um estudo aprofundado e diversos cálculos de parâmetros. O objetivo é determinar as especificações necessárias para contornar os obstáculos do meio físico e obter confiabilidade na comunicação. Este trabalho apresentou algumas etapas relativas ao projeto e implementação de um circuito PLC para operação na faixa de 100 kHz. Desenvolvendo os circuitos PLC com tal eficiência, eles podem ser aplicados para eventuais aplicações *Smart Grid* (como, por exemplo, a medição consumo de energia de usuários individuais; informações sobre tarifas e cobranças; controle de acionamentos à distância; geração distribuída; entre outras possibilidades).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro do CNPq para a realização desta pesquisa (Processo 404961/2013-4).

REFERÊNCIAS

- [1] F. SALVADORI et al. *Smart Grid Infrastructure Using a Hybrid Network Architecture*. IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 4, pp. 1630-1639, 2013.
- [2] H. ANDRADE et al. *Avaliação Experimental de uma Rede PLC para Aplicações de Smart Grid*. Encontro Anual do IECOM em Comunicações, Redes e Criptografia ENCOM 2014, 2014.
- [3] V. C. GUNGOR et al. *Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards*. IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 7, No. 4, pp. 529-539, 2011.
- [4] R. M. DUARTE. *Simulação e Considerações de Projeto de Sistemas PLC (Power Line Communication)*. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica, UFPB, 2013.
- [5] I. BARBI et al. *Projeto Físico de Indutores e Transformadores*. Apostila do Instituto de Eletrônica de Potência, Departamento de Engenharia Elétrica, UFSC, 2002.