

MODELAGEM DE UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA CONSIDERANDO A APLICAÇÃO EM REDES INTELIGENTES (SMART GRIDS)¹

**Caroline Denardi Commandeur², Jonatas Rodrigo Kinas³, Mauricio De Campos⁴, Paulo S
Sausen⁵, Jonas Fernando Schreiber⁶.**

¹ Projeto desenvolvido pelo Grupo de Automação Industrial e Controle do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias

² Bolsista PIBIC/UNIOJUI, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí

³ Bolsista P&D, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí

⁴ Professor do curso de Engenharia Elétrica, DCEEng Unijuí

⁵ Professor do Curso de Ciência da Computação, DCEEng Unijuí

⁶ Professor do curso de Engenharia Elétrica, DCEEng Unijuí

Introdução

A energia elétrica é fundamental e exerce uma importante função na sociedade, contribui com o crescimento e bem estar de todos. Os sistemas de distribuição de energia elétrica utilizados atualmente estão ultrapassados. Com o passar dos anos vários aperfeiçoamentos foram sendo realizados, sempre com o objetivo incrementar o desempenho deste sistema. Neste sentido, em função do grande avanço vários conceitos foram sendo criados entre eles destaca-se Redes Inteligentes (Smart Grids). As Redes Inteligentes caracterizam-se por novas tecnologias que vem sendo agregadas ao sistema elétrico com o objetivo de tornar a rede mais moderna, integrando fontes de energia renováveis, automação, iluminação e telemetria. A partir do uso das novas tecnologias os modelos matemáticos tradicionais utilizados para representar as redes de distribuição de energia necessitam sofrer alterações para representar corretamente sinais elétricos com frequências diferente de 60 Hz. Um exemplo desta nova tecnologia é a transmissão Power Line Communication (PLC).

Em vista a existência desta nova tecnologia este artigo objetiva demonstrar a validação de um modelo matemático que represente um segmento de uma rede de distribuição de energia elétrica, avaliando seu desempenho tanto em nível de representação elétrica quanto do ponto de vista de transmissão de dados a partir do uso da tecnologia PLC.

Metodologia

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

Inicialmente alguns conceitos básicos são importantes; Entre as funcionalidades de uma rede inteligente podemos destacar a capacidade de dois ou mais dispositivos ou sistemas trocarem informações de forma transparente, permitindo a execução de ações de controle sobre a rede segundo (SUP,2012). A tecnologia PLC permite a utilização da fiação elétrica existente para a transmissão de dados, fazendo com que uma rede de distribuição se comporte como uma rede de dados onde cada tomada ou ponto de acoplamento elétrico é um ponto de conexão à rede segundo (SUP,2012). O funcionamento consiste em sobrepor um sinal de alta frequência sobre os 50/60 Hz da rede elétrica. A faixa típica de frequência utilizada pela rede PLC/BLP está entre 1,7 e 30 MHz. O sinal é transmitido nos fios das redes de distribuição ou de baixa ou de média tensão, permitindo criar enlaces de comunicação, desde que exista um ponto de conectividade com a mesma. Como toda tecnologia, a PLC também possui alguns empasses, sendo a existência de atenuações e interferências não previsíveis, as quais estão sendo estudadas soluções.

Para avaliar o comportamento elétrico da transmissão destes sinais foi utilizado um modelo computacional e um protótipo em escala de potência reduzida de uma rede de distribuição de media tensão, este modelo usado é conhecido como Modelo PI.

Em laboratório foram realizadas medições e cálculos para a verificação da atenuação do sinal PLC, todas as medições utilizaram um resistor de 6,6 Ohms para permitir o acoplado ao trecho montado a partir de um cabo de alumínio nu. Também foi utilizado um transformador trifásico para comprovar se o mesmo interfere no sinal PLC. Para as medições de resistência foi utilizado um Multímetro de bancada, e medições de tensão, corrente e ângulo de defasagem foram medidos através do osciloscópio.

Os transformadores entre outras funções, também são utilizados para isolar circuitos elétricos, o que significa evitar que haja ligação direta entre os circuitos, segundo (BOYLESTAD,1998). No caso da transmissão PLC o transformador atua como um supressor de sinal, bloqueando o sinal de um segmento a outro, sendo assim, o uso do transformador não deve causar influencia no sinal PLC, podendo assim, ser descartado dos testes reais. Para comprovar esta teoria usando o modelo PI foram realizados testes de transmissão de sinal PLC com 100 kHz utilizando um transformados trifásico. O Objetivo aqui é verificar a influência ou não do mesmo no sinal injetado na rede.

No primeiro teste realizado sem o uso do transformador obteve-se uma medição de 1,60 V de tensão e uma corrente de 0,2933 A. Logo e seguida foi feita uma segunda medição com o resistor de 6,6 Ohms conectado no lado da Baixa Tensão do transformador, obtendo-se uma medição de 1,58 V de tensão e uma corrente de 0,2969 A. Para não haver dúvidas foi realizada uma medição com o resistor conectado ao lado da Media Tensão do transformador. Foi obtido neste teste uma tensão de 1,57 V e uma corrente de 0,2897 A.

Pode-se constatar com os dados obtidos que as curvas de tensão e corrente acabam por se manter iguais, tanto no caso do acoplamento ao transformador, quanto ao resistor plugado isoladamente no cabo. Portanto o transformador não influencia nos sinais de transmissão PLC. Desta forma ele pode ser desconsiderado nos demais casos.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

Para a validação dos cálculos do modelo matemático foram realizados testes com o equipamento PLC, o equipamento, por gerar uma tensão flutuante, faz necessário sempre realizar as medições na fonte de entrada da tensão para comparar com o resultado obtido através da medição no outro ponto do trecho. Esta diferença de tensão, entre a fonte transmissora e a obtida no resistor, nos dará a porcentagem de atenuação sofrida no sinal. Através dele é que pode-se gerar a frequência desejada, no caso 100 kHz, inserindo as ondas de alta frequência no circuito montado em laboratório. Foi dispensado o uso do transformador trifásico nas medições já que o mesmo não causa alterações nos resultados como foi visto anteriormente.

Resultados e discussões

O modelo computacional, Modelo PI, sofre alterações de acordo com o comprimento da rede, podendo ser curto médio e longo. Foi optado pela realização da validação do modelo de forma como é proposto para transmissão em baixa frequência, apenas enviando um sinal com frequência elevada. Para caracterizar foi montado em laboratório um circuito, o qual possui dois cabos de alumínio nu com 15 m cada, dispostos em paralelo, o circuito se localiza 2,5 m do chão e é fixo na parede através de isoladores, o resistor de 6,6 Ohms é acoplado no circuito segundo demonstrado na figura (1).

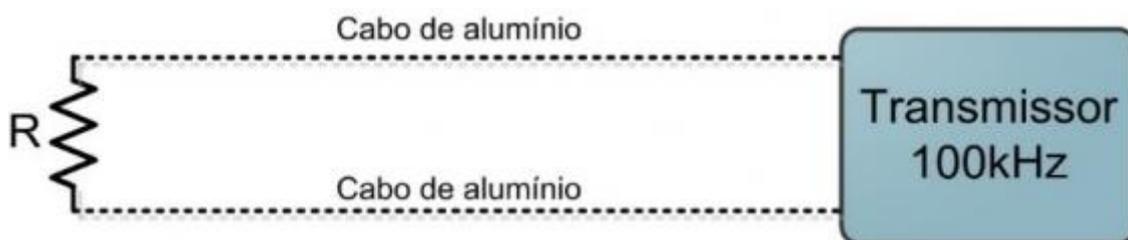


Figura 1- Circuito montado em laboratório

Ao todo foram realizados cinco dias de testes em laboratório, a cada dia foram feitos dez medições, totalizando cinquenta leituras de tensão e corrente, com isso calculamos a média dos valores obtidos a cada dia, demonstrados na tabela (1).

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

Medição	Ângulo	Reatância indutiva (Ω)	Indutância ($\mu\text{H/m}$)	Corrente (A)	Tensão na fonte (V)	Tensão no resistor (V)
Dia 1	76,58°	28,1169	1,3413	0,120332121	2,58105	1,03447
Dia 2	81,20°	42,6471	2,1265	0,118748485	2,80679	1,08882
Dia 3	79,30°	35,1373	1,7223	0,123120606	2,81575	1,10515
Dia 4	80,90°	41,2453	2,0512	0,119773939	2,79967	1,10099
Dia 5	78,94°	34,0198	1,6619	0,124633333	2,81180	1,10534

Tabela 1- Média das tensões e correntes

Como sempre foi empregado o mesmo resistor, variando a tensão e corrente, para o cálculo da indutância deve ser feita a média das médias diárias destes valores. A partir de uma média aritmética simples obtemos:

Resistência R: 6,525 Ohms; Reatância indutiva X_L : 2,062 Ohms; Tensão da fonte V_i : 2,763 V; Tensão no resistor V_o : 1,086 V; Corrente I_o : 0,122 A e Frequência PLC f : 100 kHz.

Para o cálculo da atenuação, foram utilizados os valores médios demonstrados de tensão e corrente e do cálculo da indutância, todos os valores obtidos a partir do resistor de 6,6 Ohms. A indutância média ficou em X_{med} : 11,2899 μH (15 m), os demais valores de corrente e tensão não se modificaram. Tendo como base os valores obtidos da média das medições, foi verificado que houve uma atenuação de 60,66 %.

Usando o software Matlab/Simulink será feita a simulação do comportamento da linha de potência, segundo (DIAS, 2010), e ainda foi montado o mesmo circuito que em laboratório, na análise computacional obtendo um valor de tensão de 0,390 V e uma corrente de 0,057 A substituindo os valores de indutância do modelo PI no simulador foi obtido uma atenuação de 60,93 %.

Conclusão

O objetivo deste trabalho foi realizar testes com um segmento de rede de distribuição real e comparar seus resultados com os obtidos computacionalmente para verificar se o modelo PI consegue representar satisfatoriamente as novas tecnologias de transmissão, como a tecnologia Power Line Communication (PLC). Os testes de laboratório foram realizados em uma rede elétrica de baixa tensão. Foi montado um circuito objetivando um ambiente controlado do ponto de vista de alterações climáticas, atmosféricas entre outras interferências existentes no ar. Foram realizados cinco dias de testes, com dez repetições cada dia, onde obteve-se 60,66 % de atenuação média. Depois realizamos a mesma medição no software Matlab/Simulink onde obtemos 60,93 % de atenuação. Neste sentido verifica-se que a diferença é inferior a 1 % o que comprova que o modelo PI pode ser utilizado para simular um trecho de distribuição de energia a partir da transmissão PLC.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Departamento Municipal de Energia Elétrica de IJUI DEMEI e ao programa de iniciação científica dada UNIJUI.

Referências Bibliográficas

SUP.L.M.A, “Arquitetura física e lógica de uma smart microgrid para a gestão integrada da energia: um modelo para o parque tecnológico Itaipu,” Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2012.

BOYLESTAD.R.L, Introdução à Análise de circuitos, 8th ed. Rio de Janeiro; Editora Prentice-Hall Do Brasil Ltda, 1998.

DIAS ET AL.P, “Modelagem da rede de distribuição de energia elétrica para aplicações de canais plc,” Cidel Argentina, 2010.