

MODELAGEM DE CARGAS RESIDENCIAIS VIA MEDIÇÃO DIRETA E PERTURBAÇÕES NATURAIS

Orientador: Luiz Carlos Pereira da Silva (lui@dsee.unicamp.br)
 Graduanda: Driele Plentz da Silva Ribeiro (drielepsribeiro@gmail.com)
 Palavras-chave: Modelagem de carga; Sistemas de distribuição; Eficiência energética

Unidade: FEEC
 Agência Financiadora: UNICAMP/SAE

Introdução

Em sistemas de potência, a carga é o componente mais difícil de ser analisado devido ao seu caráter aleatório. Apesar da dificuldade, o estudo do modelo de carga é essencial, pois o planejamento da expansão, o reforço ou a melhoria de desempenho da operação dos sistemas de energia elétrica dependem da qualidade dos modelos de todos os seus componentes. Os esforços de modelagem dos sistemas de energia elétrica ficaram muito concentrados na geração e na transmissão por se tratar da modelagem de equipamentos específicos, e a modelagem da carga acabou recebendo menos atenção devido ao seu caráter aleatório. Em cada instante em que se observa a carga, ela estará diferente, tanto em grandeza quanto em natureza. Porém, isso não deve nos impedir de estudar modelos com maior qualidade e precisão, de forma a produzir bases de dados mais adequadas para o aperfeiçoamento dos estudos de planejamento e da operação do sistema.

Metodologia

Modelos de carga: Modelo exponencial (Equações 1 e 2) e modelo polinomial (Equações 3 e 4).

Modelo Exponencial

$$P = P_0 \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^\alpha \quad (1)$$

$$Q = Q_0 \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^\beta \quad (2)$$

Modelo Polinomial

$$P = P_0 \cdot \left[a \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^0 + b \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^1 + c \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 \right] \quad (3)$$

$$Q = Q_0 \cdot \left[d \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^0 + e \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^1 + f \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 \right] \quad (4)$$

V_0 valor nominal da magnitude da tensão nodal;
 P_0 valor nominal da injeção nodal de potência ativa;
 Q_0 valor nominal da injeção de potência reativa;
 α parâmetro do modelo exponencial - ativa;
 β parâmetro do modelo exponencial - reativa;
 a, b, c parâmetros do modelo polinomial - ativa;
 d, e, f parâmetros do modelo polinomial - reativa;

O modelo exponencial é mais flexível, por isso foi o modelo escolhido para ser utilizado neste projeto. Para obter os parâmetros do modelo existem duas abordagens:

Abordagem “caixa-branca”: A abordagem “caixa-branca” é baseada em componentes e consiste no estudo dos componentes individuais. Com o objetivo de validar o modelo exponencial, em laboratório, foram realizadas medições dos equipamentos: dois resistores de 127V e 400W em paralelo; três lâmpadas incandescentes de 220V e 60W em paralelo; os dois resistores e as três lâmpadas anteriores em paralelo; um computador desktop Dell optplex GX280; e um notebook Dell latitude D610. Para medir, foi utilizado o multimedidor *nanovip* disponível no laboratório da FEEC e um *software* de aquisição de dados, para armazenar os dados em um computador.

Abordagem “caixa-preta”: A abordagem “caixa-preta” é baseada em modelos que utilizam medidas reais realizadas no ponto de conexão dos consumidores com a rede elétrica. Os dados utilizados nesse projeto foram coletados em um hipermercado (Figura 1), durante aproximadamente oitenta e duas horas. Na massa de dados proveniente dessas medições, foram encontrados os degraus de tensão necessários para encontrar os parâmetros do modelo, através da plataforma MATLAB. Depois da leitura e visualização gráfica dos dados, o modelo exponencial foi aplicado nos eventos selecionados.

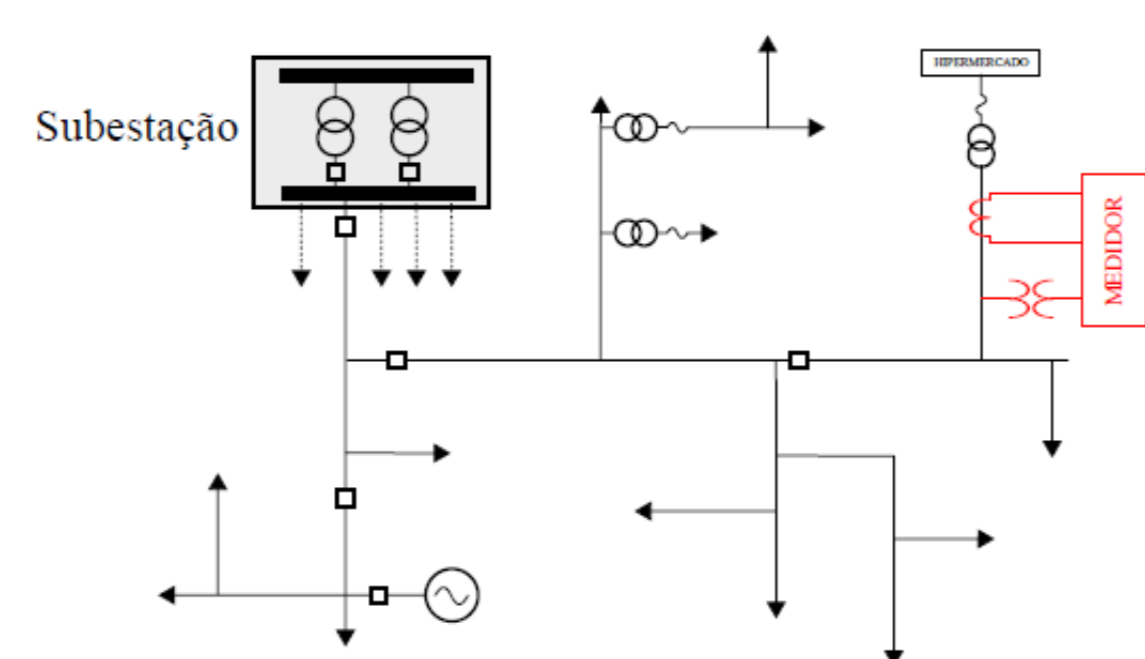


Figura 1 – Diagrama de instalação do medidor

Resultados e Discussão

Os gráficos da Figura 2, foram obtidos através das medições de tensão e potência coletadas em laboratório de um Computador modelo Dell optplex GX280.

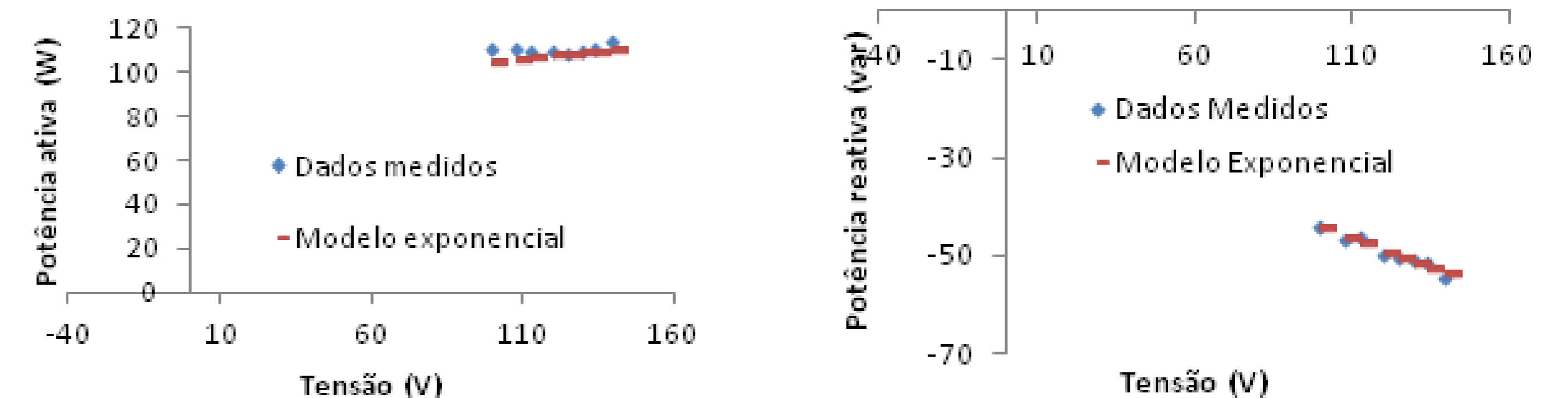


Figura 2 – Gráficos das medições do Computador

Depois de filtrar os dados da massa de dados coletada no hipermercado, foram encontrados 65 eventos que podem ser analisados. Os Eventos #8, #9, #10 e #37 representam os três tipos de degraus de tensão que podem ser utilizados no modelo exponencial: descida, afundamento e subida. As Tabelas 1, 2 e 3 mostram os parâmetros do modelo exponencial para esses eventos.

Tabela 1 – Parâmetros do modelo exponencial Eventos #8 e #37

	P[kW]	Q[kVAR]	V[kV]	α	β
Evento #8 antes	63,3407	19,2000	8,072	0,979439	0,979615
Evento #8 depois	63,0102	19,0998	8,029		
Evento #37 antes	61,3000	13,3793	7,8429	0,999999	0,999999
Evento #37 depois	61,6188	13,4489	7,8837		

Tabela 2 – Valores medidos nos Eventos #9 e #10

	P_A [kW]	P_B [kW]	P_C [kW]	V_A [kV]	V_B [kV]	V_C [kV]
antes	59,53	61,39	62,14	8,24792	8,27438	8,23597
durante	57,73	61,02	91,80	8,19193	8,22334	8,18886
depois	59,57	61,42	62,19	8,25137	8,27700	8,23855

Tabela 3 – Parâmetros do modelo exponencial Eventos #9 e #10

	α_A	α_B	α_C
Descida	4,507570	0,977008	0,956434
Subida	4,339740	1,004567	1,039868
Média	4,423655	0,990787	0,998151

Os resultados dos Eventos #8 e #37 apresentaram o comportamento de corrente constante, quando $\alpha=1$. Observando os dados das correntes medidas, esse comportamento pode ser comprovado. Os resultados dos parâmetros calculados no afundamento de tensão entre os Eventos #9 e #10 também apresentaram comportamento de corrente constante para as fases B e C. Apenas para a fase A, o parâmetro α apresentou um valor bem diferente devido ao pico existente no meio do afundamento.

Conclusões

O experimento realizado através da abordagem “caixa-branca” comprovou a qualidade do modelo exponencial. Os gráficos dos dados medidos tiveram grande aderência com as curvas obtidas a partir do modelo exponencial.

Os resultados dos modelos obtidos através das medições no hipermercado mostraram um comportamento de corrente constante, comprovado pelas medições de corrente no período. Os resultados apresentados pelo afundamento de tensão dos Eventos #9 e #10 revelam que a técnica precisa e pode ser adaptada para ser bem empregada no monitoramento de cargas especiais tais quais as que apresentam comportamento pulsado.

Referências Bibliográficas:

- DSEE/FEEC/UNICAMP – AXIOM – CEMIG, "Modelagem de Carga para Análise Computacional de Sistemas de Energia Elétrica: Metodologias e Técnicas de Parametrização," Relatório Técnico, P&D ANEEL D316 Sistema Computacional para Modelagem Generalizada de Carga em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica, 2011.
- S. A. Arefifar, "Online Measurement and Monitoring of Power System Impedance and Load Model Parameters," Tese de Doutorado, University of Alberta, Edmonton/AB, 2011.
- DSEE/FEEC/UNICAMP – AXIOM – CEMIG, "Agregação de Modelos de Carga para Análise Computacional de Sistemas de Energia Elétrica," Relatório Técnico, P&D ANEEL D316 Sistema Computacional para Modelagem Generalizada de Carga em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica, 2012.
- T. R. Ricciardi, W. F. Filho, "Modelagem de Instalações de Grande Porte para Análise Dinâmica de Sistemas de Energia Elétrica" Relatório Científico, Departamento de Sistemas de Energia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2013.