



RESUMO EXPANDIDO

Gabriel Henrique Fonseca⁽¹⁾, Bruno Chaves Gonçalves⁽²⁾, Renan Souza Moura⁽³⁾

⁽¹⁾Graduando no curso Bacharelado em Engenharia Elétrica - Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - Campus Formiga

⁽²⁾Graduando no curso Bacharelado em Engenharia Elétrica - Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - Campus Formiga

⁽³⁾ Renan Souza Moura- Professor orientador - IFMG - Campus Formiga

RESUMO

Este artigo analisa o impacto dos carros elétricos em estudos de estabilidade de tensão. De forma mais específica, curvas QV, que permitem realizar estudos de sensibilidade entre a potência reativa e a tensão, são traçadas sem e com a presença da tomada de carro elétrico. Em todas as simulações, os limites operacionais de sistemas de distribuição são considerados. Os resultados demonstraram que a inserção de carro elétrico tende a deixar o sistema com margem mais positiva na curva QV, o que significa uma maior possibilidade de ocorrência de instabilidade transitória de tensão.

PALAVRAS CHAVES: Estabilidade de tensão. Curva QV. Tomadas de carros elétricos.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, carros elétricos têm sido uma opção interessante para aqueles usuários que se preocupam com questões ambientais. De fato, caso a produção e operação deste veículo sejam por meios sustentáveis, existem praticamente zero emissões de dióxido de carbono para o meio ambiente, o que não contribui para o aquecimento global.

Um carro elétrico se movimenta após retirar energia armazenada das suas baterias. Sendo assim, para um sistema de distribuição de energia elétrica, o carro elétrico é considerado uma carga que precisa ser abastecida.

Como tem crescido o número de usuários desta tecnologia, existem preocupações técnicas relativas à operacionalidade dos sistemas de distribuição na presença de tomadas de carros elétricos.



Os autores de [1] propuseram uma estratégia de controle de carregamento ordenado para carros elétricos em um sistema de distribuição de energia desbalanceado. Tal estratégia melhorou o nível de tensão da rede, reduziu as perdas e atenuou a taxa de desbalanceamento. Algo semelhante também é realizado em [2], entretanto, este trabalho considera, em um modelo de otimização estocástica, as preferências dos usuários de carros elétricos.

Um método de otimização de potência reativa dinâmica em sistemas de distribuição de energia elétrica com carros elétricos e cargas residenciais é apresentado em [3]. Neste artigo, tal otimização é realizada por meio de um algoritmo híbrido o qual apresenta variáveis contínuas e discretas.

O impacto de estações de carregamento de carros elétricos nos valores das correntes de curto circuito em sistemas de distribuição de energia é descrito em [4]. Foi possível observar aumento da potência de curto circuito do sistema na presença das estações de carregamento, o que faz requerer uma maior atenção no ajuste dos sistemas de proteção.

Dentro do contexto de se buscar uma boa inserção de estações de carregamento de carros elétricos nos sistemas de distribuição de energia, este resumo expandido apresenta, como contribuição científica principal, uma análise do comportamento da curva QV [5], uma das ferramentas da área de estabilidade de tensão, sem e com a presença de estações de carregamento. Vale ressaltar que os autores estão adaptando conceitos que usualmente são utilizados na área de transmissão de energia para os sistemas testes do IEEE de distribuição de energia, sendo tal adaptação uma outra contribuição científica.

Este resumo expandido é organizado da seguinte maneira: após uma breve introdução, a seção 2 é responsável por apresentar o referencial teórico para que a metodologia contida na seção 3 seja entendida. Em seguida, os resultados e conclusões são indicados, respectivamente, nas seções 4 e 5.

2 METODOLOGIA

A metodologia baseou-se em simulações computacionais utilizando o software Open Distribution System Simulator (OPENDSS). Todos os limites operacionais dos sistemas analisados foram considerados.

O primeiro passo da metodologia foi escolher o local de instalação da tomada do carro elétrico. Neste artigo, optou-se por instalar a tomada do carro elétrico no barramento crítico e

nas suas duas primeiras vizinhanças. O barramento crítico é aquele com menor nível de tensão em curvas de máximo carregamento [5, 6 e 7].

Em seguida, curvas QV sem e com a presença da tomada do carro são calculadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As simulações mostram que a potência reativa é maior em todos os casos com a presença da tomada do carro elétrico, conforme ilustrado pela Figura 2. Outro ponto observado refere-se à existência de diferentes valores de margem de potência reativa quando se altera a posição da instalação deste tipo de carga, sendo mais perceptível para os sistemas que apresentam altos valores de impedância conectada entre os barramentos.

Além disso, pode-se notar uma tendência de que a margem de potência reativa da curva QV fique mais positiva após a inserção da tomada de carro. Tal resultado permite afirmar que tal tipo de carga tende a deixar os sistemas de distribuição de energia elétrica mais susceptíveis à instabilidade de tensão transitória.

Figura 2 a) Curva QV 4Bus-DY-Bal Fonte: Autores

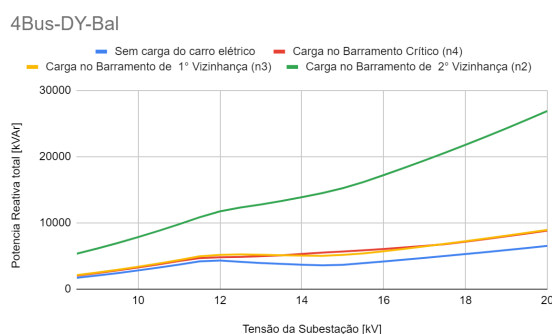


Figura 2 b) Curva QV IEEE13Nodeckt. Fonte: Autores

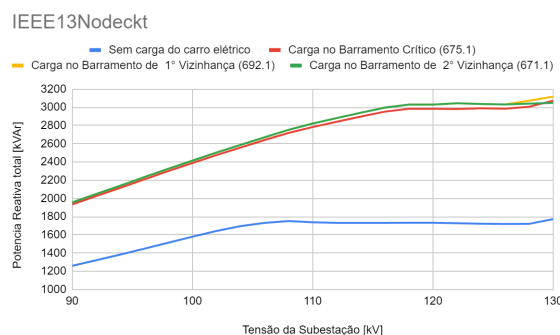
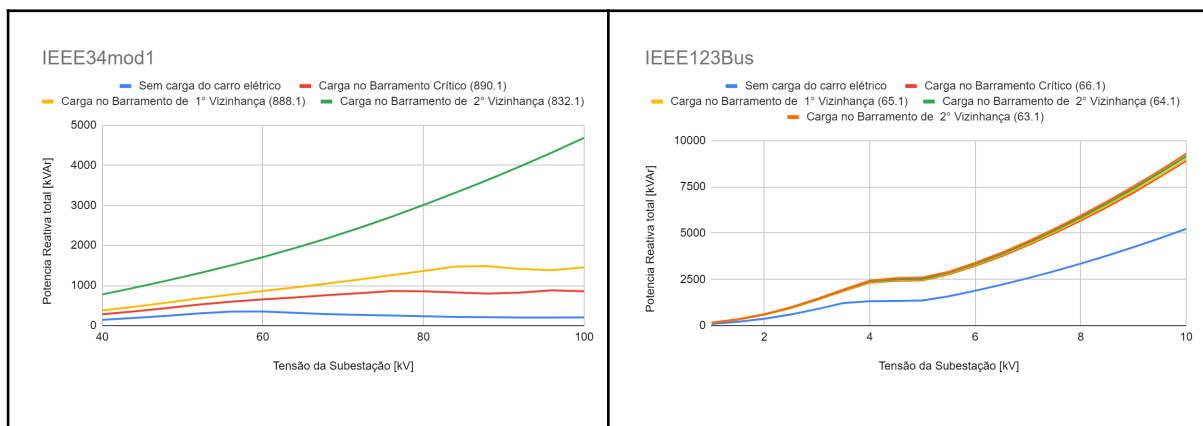


Figura 2 c) Curva QV IEEE34mod1 Fonte: Autores

Figura 2 d) Curva QV IEEE123Bus Fonte: Autores



5 CONCLUSÃO

A posição de instalação da tomada do carro elétrico tem impacto relevante nas análises de sensibilidade de tensão e potência reativa dos sistemas de distribuição analisados. Assim, a escolha do local de instalação da tomada de carro elétrico não pode ser feita de forma aleatória, devendo considerar aspectos técnicos.

Como trabalhos futuros, propõe-se a busca da melhor posição para instalar tomadas de carros elétricos por meio de algoritmos evolutivos.

REFERÊNCIAS

- [1] Ting Chen, Wenhao Zeng, Bifeng Yang, Daisen Bian, Kejie Xuan, **Control strategy for orderly charging of electric vehicles under a three-phase unbalanced distribution network**. 2024 5th International Conference on Computer Engineering and Application (ICCEA), DOI: 10.1109/ICCEA62105.2024.10603532, 12 a 14 de abril de 2024, Hangzhou, China.
- [2] Xiangyu Li, Fengji Luo, Cuo Zhang, Zhao Yang Dong, **Stochastic EV Charging Dispatch in Unbalanced Three-phase Networks Based on Interpretable Fuzzy Representation of User Preferences**. IEEE Transactions on Power Systems, DOI: 10.1109/TPWRS.2024.3428834, 29 de julho de 2024.
- [3] Zhen Rao, Rui Li, Shouhu Zhou, Wei He, Xuan Yuan, Jia Li, **Dynamic reactive power optimization method for active distribution network with new energy and electric**



vehicle charging stations connected to the grid. 2024 IEEE 2nd International Conference on Power Science and Technology (ICPST), DOI: 10.1109/ICPST61417.2024.10601783, 9 a 11 de maio de 2024, Cidade de Dali, China.

[4] Xudong Song, Jinhua Huang, Zhiyong Li, Xinhao Lin, Shuyin Duan, **Influence of Electric Charging Station Access on Distribution Network Protection.** 2024 IEEE 2nd International Conference on Power Science and Technology (ICPST), DOI: 10.1109/ICPST61417.2024.10601942, 9 a 11 de maio de 2024, Cidade de Dali, China.

[5] Fausto Ruiz-Tipán, Carlos Barrera-Singaña, Alex Valenzuela, **Reactive Power Compensation Using Power Flow Sensitivity Analysis and QV Curves.** 2020 IEEE ANDESCON, DOI: 10.1109/ANDESCON50619.2020.9272113, 13 a 16 de outubro de 2020, Quito, Equador.

[6] Diogo Marujo, A. C. Zambroni de Souza, B. Isaías Lima Lopes, Marcos V. Santos, Kwok L. Lo, **On Control Actions Effects by Using QV Curves.** IEEE Transactions on Power Systems, volume 30, número 3, DOI: 10.1109/TPWRS.2014.2340131, 15 de agosto de 2014.

[7] Antonio Zambroni de Souza, Renan Moura, Benedito Lopes, Fritz Mohn, **Effects of QV Curves in the Dynamic Behaviour of Power Systems.** IET Generation, Transmission & Distribution, DOI: 10.1049/iet-gtd.2015.1042, 8 de junho de 2016.

[8] Willian H. Kersting, Robert Kerestes, **Distribution System Modeling and Analysis with MATLAB(R) and WindMil(R).** CRC Press, Quinta Edição, ISBN-10: 1032198362, ISBN-13: 978-1032198361, 19 de agosto de 2022.