

Modelos Equivalentes Dinâmicos de Microrrede: uma abordagem para estimação de parâmetros de um modelo gray-box

Antônio Carlos Ferracini Filho
antonio.ferracini@hotmail.com
Tatiane Cristina da Costa Fernandes
tatianefernandes@ufscar.br
Universidade Federal de São Carlos

INTRODUÇÃO: MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

O aumento de recursos energéticos distribuídos (REDs) em média e baixa tensão, especialmente a geração eólica e a fotovoltaica, tem alterado as características dinâmicas dos sistemas de distribuição, exigindo novas estratégias para analisar e planejar a operação desses sistemas. Neste cenário, os modelos concentrados de carga tradicionalmente aplicados no estudo de estabilidade para representar os sistemas de distribuição passam a não ser adequados para avaliação do comportamento dinâmico das redes ativas de distribuição. Por outro lado, um modelo detalhado requer um alto esforço computacional, bem como exige um conhecimento aprofundado da arquitetura e dos dispositivos conectados nos sistemas de distribuição.

Nesse sentido, modelos equivalentes dinâmicos têm sido desenvolvidos para representar e estudar os sistemas de distribuição com microrredes (MILANOVIC; MAT ZALI, 2013), destacando-se o modelo do tipo gray-box. Nesse modelo, a rede real é representada por uma estrutura simplificada, composta por elementos típicos do sistema de potência, como uma unidade geradora síncrona operando em paralelo a um modelo de carga e a fonte de tensão conectada por meio de inversor de frequência (ESPÍN-SARZOSA et al., 2024). Esse modelo simplificado exige um menor conhecimento prévio sobre a rede em análise, além de demandar um menor esforço computacional. Um ponto importante da construção de um modelo do tipo gray-box é o processo de parametrização, que consiste em identificar os valores dos parâmetros desse modelo reduzido que seja capaz de representar o comportamento dinâmico da microrrede a partir de dados mensurados no sistema real. Apesar de diversos trabalhos reportados na literatura, obter um modelo que seja capaz de representar mais de um ponto de operação dada as incertezas das REDs em um sistema de distribuição é uma questão em aberto na literatura.

Com o intuito de contribuir nesta área, neste trabalho uma abordagem baseada em duas etapas será desenvolvida para estimar os parâmetros de um modelo dinâmico do tipo gray-box. Na primeira etapa, determinam-se os conjuntos de parâmetros com maior influência sobre o período transitório e em regime permanente das curvas de resposta do modelo equivalente. Em sequência, esses parâmetros são estimados, a partir dos dados medidos no ponto de acoplamento comum (PAC).

ABORDAGEM PROPOSTA.

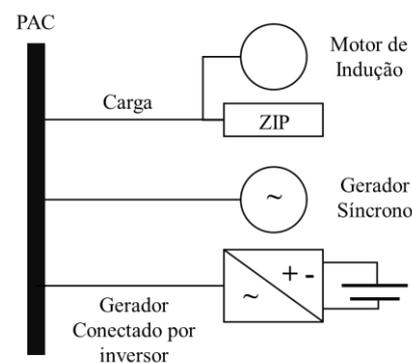
O modelo equivalente dinâmico adotado é o proposto por Ramos et al., (2022). Nele uma microrrede de média tensão é representada por uma conexão em paralelo de um gerador síncrono, uma fonte de tensão e uma carga ZIP conforme Figura 1. O inversor é modelado como um conversor fonte de tensão integrado a uma fonte de tensão CC constante. O gerador síncrono é modelado como um sistema de quarta ordem. A carga é um modelo ZIP, que combina impedância constante e corrente constante.

A análise de sensibilidade é utilizada como primeiro passo, nessa etapa quantifica-se a sensibilidade das saídas aos parâmetros do modelo equivalente, observando as mudanças dos fluxos de potência ativa e reativa no PAC. A partir dessa análise, os parâmetros com maior sensibilidade

são selecionados e para os demais adota-se um valor típico. A colinearidade entre os parâmetros também será avaliada, identificando-se os parâmetros que apresentam uma dependência funcional entre si e separando em grupos distintos (ACILAN E.; GOL M., 2022).

Após a seleção e divisão dos parâmetros em grupos, uma técnica meta-heurística será aplicada para a estimação desses parâmetros, cujo algoritmo evolutivo é um forte candidato. A técnica ajusta uma possível solução para os parâmetros dentro de um espaço de busca e gera a resposta do modelo para esse ajuste. A resposta desse modelo equivalente sintonizado é, então, comparada com os dados reais da Microrrede. O objetivo do algoritmo é identificar uma solução que minimize o erro percentual absoluto médio (MAPE) entre a resposta do modelo sintonizado e do sistema. Na construção desse modelo de otimização, diferentes cenários de operação considerando as incertezas das REDs serão avaliados.

Figura 1 - Modelo Equivalente de Microrrede



Fonte: (Ramos et al., 2022)

RESULTADOS ESPERADOS.

Espera-se que a abordagem proposta seja capaz de determinar um conjunto de parâmetros que consiga representar a microrrede em análise para um dado ponto de operação, quando as incertezas inerentes às REDs são consideradas. Além disso, espera-se que um ranking da sensibilidade das curvas de resposta com relação aos parâmetros possa ser estabelecido, a partir da análise de sensibilidade e colinearidade dos parâmetros.

PALAVRAS-CHAVE: Microrredes, modelos dinâmicos equivalentes, estimação de parâmetros, análise de sensibilidade e colinearidade.

Referências

- ACILAN, E.; GOL, M. Identifiability analysis for power plant parameter calibration in the presence of collinear parameters. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 37, n. 4, p. 2988-2997, jul. 2022.
- ESPÍN-SARZOSA, D. et al. Microgrid modeling for stability analysis. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 15, n. 3, p. 1-1, 1 jan. 2024.
- MILANOVIC, J. V.; MAT ZALI, S. Validation of equivalent dynamic model of active distribution network cell. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 28, n. 3, p. 2101-2110, ago. 2013.
- RAMOS, R. R.; GRILLO-PAVANI, A. P.; PIARDI, A. B.; FERNANDES, T. C. C. Method to build equivalent models of microgrids for RMS dynamic simulation of power systems. In: **11th Bulk Power Systems Dynamics and Control Symposium**, 2022, Banff, Canadá