

Impacto das Redes de Distribuição Ativas na Operação e Planejamento do Sistemas de Transmissão

Impact of Active Distribution Networks on Transmission System Operation and Planning

RESUMO

Gian Lucas Zanatta
gianzanatta@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Diogo Marujo
diogomarujo@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

A crescente integração de fontes de geração distribuída resulta em diversas implicações no planejamento, operação e expansão dos sistemas elétricos de potência. Desse modo, em cenários de grande penetração dessas fontes, a geração de energia pode se tornar superior a carga requisitada nos níveis de distribuição, retornando o excedente de potência ao sistema de transmissão, dando origem às redes de distribuição ativas. Nessa perspectiva, este trabalho busca analisar a influência da geração distribuída nos perfis de tensão, com base em estudos de fluxo de potência, a partir de um sistema teste unificado entre transmissão e distribuição, que inclui a presença de fontes distribuídas de energia. Para tais simulações, é utilizada a versão acadêmica do software Anarede®. De modo geral, a conexão de fontes distribuídas possibilita melhorias nos perfis de tensão, auxiliando na operação do sistema elétrico de potência e, conseqüentemente, reduzindo os custos operacionais envolvidos no mesmo.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de energia elétrica - Estabilidade. Geração distribuída de energia elétrica. Simulação (Computadores).

ABSTRACT

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



The increasing integration of distributed generation sources results in several implications in the planning, operation and expansion of the electrical power system. Thus, the energy generation can become higher than the required power, returning the surplus of power to the transmission system, giving rise to the active distribution networks. From this perspective, this work seeks to analyze the distributed generation influence on the voltage profiles, based on power flow studies, from an unified test system which comprises the transmission and distribution system, besides the presence of distributed energy sources. For such simulations, the academic version of the Anarede® software is used. According to the results, the connection of distributed sources enables improvements in voltage profiles, assisting in the operation of the electrical power system and, consequently, reducing the operational costs involved in it.

KEYWORDS: Electric power system stability. Distributed generation of electric power. Computer simulation.

INTRODUÇÃO

A Geração Distribuída (GD) pode ser caracterizada pela presença de fontes geradoras de energia elétrica conectadas diretamente ao Sistema de Distribuição (SD), sendo a grande maioria das fontes provenientes de recursos renováveis, portanto, apresentam um comportamento intermitente ao longo do dia. Como consequência, o montante de potência gerada pode se tornar maior que a demanda requisitada nos níveis de distribuição, durante alguns instantes do dia, retornando o excedente ao Sistema de Transmissão (ST). Essa característica possibilita que o fluxo de potência se torne bidirecional (carga/geração ou geração/carga), dando origem as Redes de Distribuição Ativas (RDAs).

Associado a crescente integração de GDs ao Sistema Elétrico de Potência (SEP) está a possível violação dos níveis de tensão permitidos ao sistema, podendo também congestionar o ST em períodos de alto despacho de geração (BRAGA JUNIOR, 2017; IEEE, 2017). Esse comportamento reforça a necessidade de estudos para melhor compreender os efeitos provocados pela conexão de fontes GD.

Na maioria dos estudos disponíveis na literatura, o ST e SD operam desacoplados, porém, com a inclusão da GD essa abordagem se torna limitada. Por isso em (MARUJO, 2017), um sistema unificado entre transmissão e distribuição é proposto, buscando aproveitar o potencial ofertado pelas GDs para manutenção dos perfis de tensão.

Partindo deste princípio, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência das GDs no comportamento do SEP, de modo que os perfis de tensão do sistema apresentem melhores condições e, dessa forma, aprimorar a condição operativa do SEP. Para tal, foram realizadas simulações computacionais de fluxo de potência, a partir de um modelo de SEP unificado entre o ST e SD que inclui a presença de fontes GD.

MATERIAL E MÉTODOS

Ao longo do estudo quatro possíveis cenários se fizeram presentes, sendo considerado que as fontes geradoras possuem capacidade de fornecer o montante especificado, existindo sempre fonte primária acessível. Portanto:

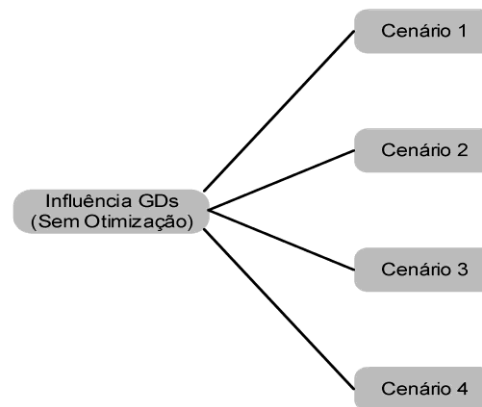
- a) Cenário 1: Sem despacho de potência ativas das GDs;
- b) Cenário 2: Despacho de potência ativas das GDs em 30% da capacidade nominal;
- c) Cenário 3: Despacho de potência ativas das GDs em 60% da capacidade nominal;
- d) Cenário 4: Despacho de potência ativas das GDs em 100% da capacidade nominal.

Com o intuito de verificar a influência das GDs nos perfis de tensão, o sistema teste unificado entre o ST e SD é submetido a estudos de fluxo de potência (método de Newton-Raphson), sendo o software Anarede[®], em sua versão acadêmica, utilizado nas simulações. Nesse estudo, o despacho das fontes GD é realizado de modo desordenado, sem preocupação com as reais necessidades impostas pelo sistema (balanço geração/carga). Além disso, dispositivos de

controle não variam seus parâmetros nas simulações, inviabilizando ações de controle.

A fim de exemplificar as atividades desenvolvidas neste trabalho, a Figura 1 fornece resumidamente as simulações do estudo.

Figura 1 – Sistema teste unificado entre o ST e SD

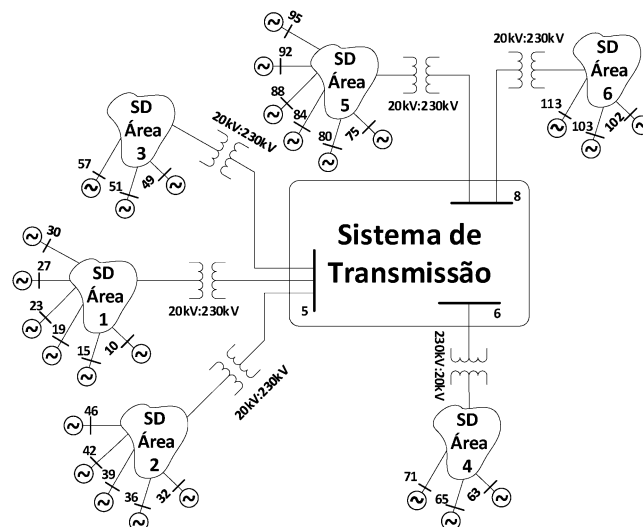


Fonte: Autoria própria (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema teste unificado entre transmissão e distribuição é composto por 118 barramentos, sendo 9 barramentos pertencentes ao ST (ANDERSON; FOUAD, 2013), com níveis de tensão de 230kV. As demais 109 barras fazem parte dos SDs (BIGNUCOLO; CALDON; PRANDONI, 2008; BIGNULO, 2009), apresentando tensão de 20kV, de modo que não se faz necessário a utilização de técnicas específicas de distribuição para convergência do fluxo de potência. A conexão dos SDs no ST é realizada nas barras de carga 5, 6 e 8, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Sistema teste unificado entre o ST e SD



Fonte: Autoria própria (2019).

A Tabela 1 apresenta os barramentos em que as fontes GD estão conectadas e suas respectivas capacidades nominais.

Tabela 1 – Dados das GDs

Barras	Potência Nominal (MVA)
30 e 95	7,500
32, 39, 46, 51 e 65	6,750
10, 15, 75 e 80	6,000
102	5,000
19, 27, 84 e 92	4,000
36, 42, 49, 57, 63 e 71	3,150
23 e 88	2,650
103	2,000
113	0,800

Fonte: Autoria própria (2019).

Os dados de geração/carga referentes aos SDs conectados nas barras do ST são fornecidos pela Tabela 2.

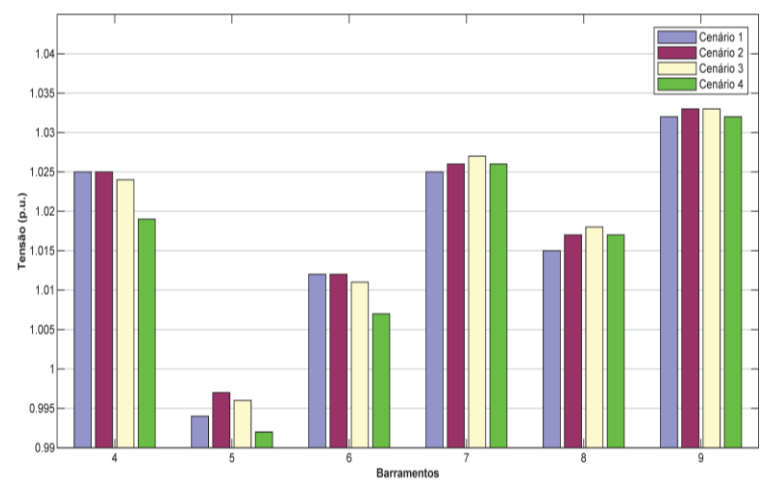
Tabela 2 – Dados de geração/carga dos SDs conectados ao ST

Barra	Geração	Carga	
	S (MVA)	P (MW)	Q (MVAr)
5	69,750	27,270	11,060
6	13,050	5,380	3,062
8	37,950	28,190	9,350

Fonte: Autoria própria (2019).

Para cada um dos cenários definidos anteriormente, foram realizadas simulações de fluxo de potência. A Figura 3 apresenta os perfis de tensão do ST.

Figura 3 – Perfis de tensão das barras de carga do ST

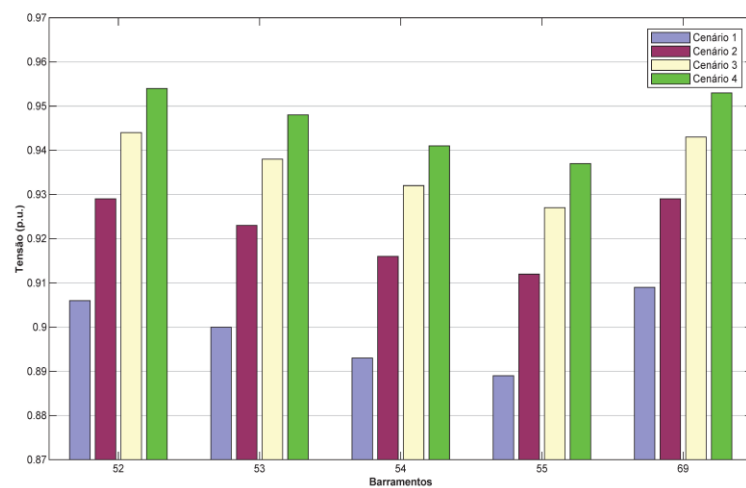


Fonte: Autoria própria (2019).

Note que os perfis de tensão obtidos nas barras de carga do ST não apresentam mudanças significativas nos cenários considerados, indicando que a instalação de GDs, de modo desordenado, não resulta em alterações expressivas, podendo inclusive se deteriorar, como observado na comparação do Cenário 1 com o 4 da Figura 3. Este comportamento ilustra que o excedente de potência das GDs pode congestionar as Linhas de Transmissão (LTs), prejudicando assim os perfis de tensão do ST.

As melhorias nos perfis de tensão do SD são mais perceptíveis frente as do ST. A Figura 4 apresenta os barramentos da distribuição com menores magnitudes de tensão no Cenário 1, bem como a comparação destas barras com os Cenários 2, 3 e 4.

Figura 4 – Perfis de tensão do SD (Comparação do Cenário 1 com os Cenários 2, 3 e 4)



Fonte: Autoria própria (2019).

Os barramentos críticos apresentam em comum a característica de todos estarem localizados no final do ramal de distribuição a que pertencem. Com isso, os perfis de tensão do SD são reduzidos frente ao ST. Esse comportamento retrata uma das maiores dificuldades enfrentadas na operação da distribuição, onde os barramentos afastados do ponto de conexão (subestação ou transformador) possuem menores níveis de tensão, exigindo atuação de dispositivos de controle para manutenção dos níveis de tensão, principalmente em cenários de carga média/pesada, fato esse que geralmente ocorre durante o período diurno.

Observa-se ainda na Figura 4 uma tendência das tensões serem maiores conforme o despacho das GDs aumenta, propiciando melhorias nos perfis de tensão, podendo auxiliar localmente no controle de tensão. Isso ocorre em função do carregamento das linhas de distribuição ser menor, não requisitando tanta potência do ST, trazendo uma menor dependência do SD pelo suprimento das unidades geradoras presentes na transmissão, contudo, sem o devido gerenciamento podem surgir problemas de sobretensão.

CONCLUSÃO

A integração de unidades GD implica em diversos desafios para o planejamento, operação e expansão do SEP. Em cenários de alto despacho das GDs, o montante de potência gerada pode se tornar maior que a demanda requisitada pelo SD, retornando o excedente ao ST, caracterizando as RDAs. Em decorrência disso, abordagens desacopladas entre transmissão e distribuição podem se tornar limitadas e ineficientes, não representando os efeitos da integração das GDs ao SEP.

Nessa perspectiva, o presente trabalho buscou unificar o ST e SD, e verificar qual a influência das GDs no comportamento do SEP, especificamente nos perfis de tensão. De modo geral, as fontes GD possuem potencial em auxiliar na manutenção dos níveis de tensão, atuando de forma semelhante a um controle local de tensão. Porém, é observado que sem o devido gerenciamento das GDs melhorias insignificantes podem ser obtidas ou até mesmo resultar em condições prejudiciais ao sistema.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, P. M.; FOUAD, A. A. **Power Systems Control and Stability**. Piscataway: Wiley-IEEE Press, 2003. 672 p.

BIGNUCOLO, F. **Il Controllo Delle Reti Attive di Distribuzione**. 213 f. Tese de Doutorado (Engenharia Industrial) — Università Degli Studi Di Padova, Pádua, 2009. Disponível em: http://paduaresearch.cab.unipd.it/1387/1/20090122_Tesi_dottorato_Bignucolo_Fabio.pdf. Acesso em: 07 jul. 2019.

BIGNUCOLO, F.; CALDON, R.; PRANDONI, V. Radial MV Networks Voltage Regulation with Distribution Management System Coordinated Controller. **Electric Power Systems Research**, v. 78, p. 634–645, abr. 2008.

BRAGA JUNIOR, M. F. **Impacto da Geração Distribuída na Proteção de Sistema de Distribuição**. 154 f. Tese de Mestrado (Ciências em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017. Disponível em: https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/994/dissertacao_braga_junior_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 07 jul. 2019.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. Contribution to Bulk System Control and Stability by Distributed Energy Resources Connected at Distribution Network - TR22. [S.l.], 2017. 60 p.

MARUJO, D. **Estabilidade de Sistemas Elétricos de Potência com a Presença de Redes de Distribuição Ativa**. 178 f. Tese de Doutorado (Ciências em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017. Disponível em: https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/803/tese_marujo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 07 jul. 2019.