ESTRATÉGIAS DE USO DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Eduarda Lazzeri Kottwitz [1]

Rodolfo Pilar Londero [2]

Ana Paula Carboni De Mello [3]

Resumo:

A implementação de sistemas de Geração Distribuída (GD) teve um aumento nos últimos anos devido ao aumento das taxas de energia. Diante desse cenário há uma preocupação por parte das concessionárias devido aos problemas que a alta penetração de GD pode causar na rede de distribuição. Contudo, estudos vêm sendo realizados a fim de implementar Sistemas de Armazenamento de Energia (SAE) para solucioná-los. Desta forma, realizou-se uma revisão bibliográfica em relação ao uso de SAE em conjunto com os sistemas de GD, onde são apresentados os cenários da GD no Brasil, bem como os incentivos que estão sendo dispostos aos consumidores em relação à implementação da energia renovável. São expostos os problemas decorrentes da alta inserção de sistema de GD na rede de distribuição e uma provável solução através do uso de SAEs. A tecnologia para os SAE's escolhida pelos autores estudados foi através do uso de baterias. Sendo assim, são expostos alguns trabalhos onde os autores propõem o uso destas a fim de corrigir um dos principais problemas decorrentes da GD, que é a ultrapassagem dos limites de tensão. Por fim, o trabalho avalia os estudos já realizados através de uma tabela comparativa, a qual indica os métodos e objetivos de cada estudo.

Palavras-chave: Sistemas de Armazenamento de Energia, Geração Distribuída, injeção de energia, rede de distribuição

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

ESTRATÉGIAS DE USO DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO

[1] Aluno de graduação. dudakott@gmail.com. Autor principal

[2] Aluno de Graduação. rodolfopl@gmail.com. Co-autor

[3] Docente. anamello@unipampa.edu.br. Orientador

ESTRATÉGIAS DE USO DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica vem tornando-se descentralizada, devido a inserção de sistemas de geração distribuída (GD) na rede elétrica, ou seja, a produção de energia vem deixando de ser realizada apenas pelos grandes centros geradores e passa a ter diversos pontos de geração espalhados por meio da geração de energia através de painéis fotovoltaicos e sistemas eólicos residenciais ou industriais (BUENO; BRANDÃO, 2016).

A viabilidade na implantação de sistemas de GD vem aumentando devido aos aumentos na fatura de energia e a redução dos custos de painéis fotovoltaicos. Um incentivo foi a instituição pela Resolução Normativa nº 482 do Sistema de Compensação de Energia Elétrica para Micro e Minigeração Distribuída que permite que os consumidores injetem energia provinda de sistemas GD na rede com descontos sob a taxa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD). Além disso, os bancos nacionais vêm oferecendo incentivos como melhores condições de financiamentos.

A grande inserção de sistemas de GD no entanto pode prejudicar a rede de distribuição se ocorrer de forma desordenada. Perante este cenário a utilização de Sistemas de Armazenamento de Energia (SAE) pode trazer além de maior segurança, maior qualidade e estabilidade às redes de distribuição. O SAE pode ser utilizado com o intuito de realizar o deslocamento de pico de tensão, redução de custos de operação, regulação de tensão, redução de perdas, entre outros.

Com isto este trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão teórica sobre os benefícios que o SAE pode trazer para a rede de distribuição além de demonstrar alguns estudos já realizados sob o tema.

2 SAE NO CONTEXTO DE SISTEMAS DE GD

A inserção de GD na rede elétrica brasileira começa a tomar maiores proporções, uma vez que segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no ano de 2017 existiam instalados no Brasil 15.480 sistemas de geração fotovoltaica e eólica, enquanto que em agosto de 2018 há aproximadamente 36.700 sistemas instalados (ANEEL, 2018).

O sistema de distribuição nacional foi projetado de uma forma a operar com um fluxo unidirecional. Porém conforme Latheef et al. (2008), com a inserção de sistemas de GD diretamente no sistema, este passa a tornar-se ativo, ou seja, o consumidor passa gerar parte da energia que consome.

De acordo com Guan et al. (2009), a inserção de poucos sistemas de GD não afeta tanto o sistema de distribuição. Porém de acordo com Bittencourt Arruda et al. (2016), o comportamento intermitente e a alta penetração desses sistemas na rede de distribuição podem acarretar problemas como a elevação da tensão e flutuações do fluxo de potência.

2.1 Flutuações no fluxo de Potência

Devido a energia fotovoltaica ser dependente da radiação solar, esta é considerada uma fonte intermitente de energia. Sua disponibilidade é variável e depende de fatores como o movimento do sol, presença de nuvens e mudanças climáticas.

Essas variações influenciam diretamente na curva de demanda de modo que podem existir períodos em que a potência injetada pode ser do maior que a consumida, fazendo com que haja uma mudança do fluxo de potência no ponto de conexão do sistema. A mudança de fluxo de potência segundo Paludo (2014), pode acarretar em um aumento do perfil de tensão ocasionando problemas ao sistema.

2.2 Elevação da tensão

No Brasil a ANEEL estabelece através dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) limites de tensão ao sistema elétrico que podem variar de 0,92 pu à 1,05 pu. Dessa forma o número de sistemas GD conectados à rede podem fazer com que esses limites sejam violados devido a variabilidade da irradiância solar (MOURAD, 2016).

A variação de tensão, quando há grande inserção de sistemas de GD no sistema pode ocasionar a atuação indevida dos dispositivos reguladores de tensão e prejudicar a qualidade de energia fornecida.

Diante dos problemas que a inserção de fontes renováveis pode trazer ao sistema de distribuição, o uso de SAE em conjunto com GD vem sendo exaustivamente estudado por diversos autores afim de encontrar possíveis soluções para a correção dos problemas apresentados.

3. SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA (SAE)

Os SAEs são sistemas de armazenamento cuja função é converter a energia elétrica para uma forma de energia que possa ser armazenada (química, térmica ou mecânica) e depois novamente convertida para energia elétrica se necessária. Dentre as tecnologias encontradas para o armazenamento de energia, tem-se um destaque maior para os sistemas que utilizam baterias (ALHAMALI et al., 2016).

O uso de baterias no SAE em conjunto com o sistema de GD trazem benefícios ao sistema de distribuição como melhoria do perfil de tensão, alívio do sistema em períodos de grande demanda e possível armazenamento do excesso de energia quando há uma alta geração da GD (BARTON; INFIELD, 2004).

Sendo assim os SAEs são capazes de absorver parte da energia gerada em períodos de baixa demanda ou baixo custo de geração e disponibilizá-la em momentos de alto custo de geração e alta demanda.

3.1 Vantagem do Uso do SAE em conjunto com a GD

De acordo com Campos et al. (2018), os SAEs em conjunto com a GD podem melhorar a qualidade de energia elétrica do sistema de distribuição, principalmente diante das interrupções e afundamentos de tensão. Além disso, segundo Alhamali et al. (2016), o SAE

pode trazer benefícios quanto à regulação de tensão e frequência, flutuações da geração e melhoria na confiabilidade do sistema de distribuição.

4. DISCUSSÃO E ANÁLISE

Diante dos problemas expostos no decorrer do presente trabalho em relação a penetração de sistemas de GD na rede de distribuição e as possíveis soluções para minimizá-los através do uso de SAEs, foram selecionados alguns trabalhos listados na Tabela 1 os quais demonstram as estratégias e objetivos abordados por alguns autores.

Tabela 1 – Tabela demonstrativa de estudos realizados sob o uso de SAEs em conjunto com GD.

Autor, Ano	Objetivo	Estratégia
(MACEDO; ORTEGA-VAZQUEZ; ROMERO, 2018)	Otimização de SAEs	Modelagem Matemática com Software AMPL com solver Gurobi
(MONTEIRO et al., 2018)	Previsão de injeção de potência por fontes renováveis	Modelagem Matemática /Softwares MATLAB e OpenDSS
(CAMPOS et al., 2018)	Adequação dos níveis de tensão com SAE em conjunto com GD	Simulador Digital em tempo real - RTDS
(OLIVEIRA et al., 2018)	Alocação ótima de baterias afim de reduzir perdas de energia	Análise Quase Static Time Series - QSTS
(BITTENCOURT ARRUDA et al., 2016)	Verificação do impacto da alta penetração de sistemas fotovoltaicos com SAE	Software MATLAB/SIMULINK
(DE MORAIS FILHO; DIAS; DE MELO VIEIRA, 2018)	Controle dos sinais das baterias afim de minimizar ruídos na forma de onda da tensão	Redes Neurais Artificiais
(CHUA et al., 2012)	Estudos do desequilíbrio e perdas causados na rede em relação ao SAE	Software PSCAD/EMTCD
(MACHIAVELLI, 2018)	Gerenciamento da curva de carga em redes de distribuição utilizando SAE	Software MATLAB/OpenDSS
(POZO; POZO, 2017)	Controle de carga e descarga das baterias de um SAE	Lógica *Fuzzy*

Fonte: do autor, 2018.

Conforme a Tabela 1, nota-se que são utilizados diversos métodos e softwares afim de buscar possíveis soluções e estudar os problemas referentes ao uso dos SAEs em conjunto com sistemas de GD.

De acordo com os estudos realizados por Macedo; Ortega-Vazequez; Romero (2018), torna-se viável o uso de SAE com uma previsão apenas para 2026, considerando o custo final do sistema. Considerando um estudo diretamente sobre as baterias de um SAE, De Morais Filho; Dias; De Melo Vieira (2018) propõem uma estratégia de carga e descarga da bateria de acordo com a necessidade do consumidor.

Em um estudo em tempo real feito por Campos et al. (2018), é possível analisar o momento em que ocorrem violações de tensão de energia. Já Bittencourt Arruda et al. (2016) fazem uso dos SAEs a fim de reduzir o pico de demanda dos transformadores bem como aumentar o nível de penetração de GD sem exceder os limites de tensão.

4. CONCLUSÃO

Devido ao significativo aumento das taxas de energia e as mudanças nas normativas que incentivam a produção de energia própria, a busca por fontes de energias renováveis vem sendo cada vez maior, fazendo com que a geração de energia distribuída tome um impulso. No entanto, a alta penetração desses sistemas pode ocasionar problemas na rede de distribuição, tais como flutuação de fluxo de potência, distorção da forma de onda da tensão, distorções harmônicas, ruídos e violação dos limites de tensão.

Diante da revisão bibliográfica realizada pode-se perceber que há vários estudos em relação ao armazenamento da energia, que buscam corrigir os erros causados pela alta injeção de potência diretamente na rede através dos sistemas de GD.

Por fim, tendo em vista a relação entre os trabalhos analisados nota-se que a melhor alternativa para a implementação do SAE é com o uso de baterias, bem como sua utilização com o objetivo de corrigir os níveis de tensão da rede. Apesar do elevado custo das baterias nos SAEs, essa alternativa demonstra-se eficiente nos estudos realizados para possíveis soluções dos problemas apresentados.

Este trabalho de pesquisa ainda está em andamento tendo como próximos passos o desenvolvimento de uma metodologia para o uso de SAEs no controle de tensão e potência reativa em redes de distribuição de baixa e média tensão com GD.

REFERÊNCIAS

ALHAMALI, A. et al. Review of Energy Storage Systems in electric grid and their potential in distribution networks. **2016 Eighteenth International Middle East Power Systems Conference (MEPCON)**, p. 546–551, 2016.

ANEEL. **Unidades Consumidoras com Geração Distribuída**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp>.

BARTON, J. P.; INFIELD, D. G. Energy storage and its use with intermittent renewable energy. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, v. 19, n. 2, p. 441–448, 2004.

BITTENCOURT ARRUDA, L. et al. Maximum PV Penetration under Voltage Constraints Considering Optimal Sizing of BESS on Brazilian Secondary Distribution Network. **IEEE Latin America Transactions**, v. 14, n. 9, p. 4063–4069, 2016.

BUENO, A. F. M.; BRANDÃO, C. A. L. Visão Geral de Tecnologia e Mercado para os Sistemas de Armazenamento de Energia Elétrica no Brasil. **Abaque**, p. 62, 2016.

CAMPOS, G. P. et al. Energy storage system specification and allocation for a distribution system with distributed generation. **SBSE 2018 - 7th Brazilian Electrical Systems Symposium**, p. 1–6, 2018.

CHUA, K. H. et al. Energy storage system for mitigating voltage unbalance on low-voltage networks with photovoltaic systems. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 27, n. 4, p. 1783–1790, 2012.

DE MORAIS FILHO, S. A.; DIAS, L. R.; DE MELO VIEIRA, J. C. Mitigation of voltage variations during cloud transients by using energy storage systems. **SBSE 2018 - 7th Brazilian Electrical Systems Symposium**, p. 1–6, 2018.

GUAN, F. H. et al. Research on distributed generation technologies and its impacts on power system. **1st International Conference on Sustainable Power Generation and Supply, SUPERGEN '09**, p. 1–6, 2009.

LATHEEF, A. et al. Present Understanding of the Impact of Distributed Generation of Power Quality Present Understanding of the Impact of Distributed Generation on Power Quality. p. 1–6, 2008.

MACEDO, L. H.; ORTEGA-VAZQUEZ, M. A.; ROMERO, R. Optimal operation of storage systems in distribution networks considering battery degradation. **2018 Simposio Brasileiro de Sistemas Eletricos (SBSE)**, p. 1–6, 2018.

MACHIAVELLI, J. A. **Sistemas de Armazenamento de Energia em Redes de Distribuição para o Gerenciamento da Curva de Carga**. Alegrete: Universidade Federal do Pampa, 2018.

MONTEIRO, F. M. D. S. et al. Sizing of battery energy storage system in distribution systems for voltage profile improvement. **SBSE 2018 - 7th Brazilian Electrical Systems Symposium**, 2018.

MOURAD, N. Impact of Increased Distributed Photovoltaic Generation on Radial Distribution Networks. **International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)**, p. 292–295, 2016.

OLIVEIRA, T. T. et al. Optimal Allocation and Battery Operations for Voltage Constraint and Loss Reduction. **IEEE Latin America Transactions**, v. 16, n. 7, p. 1985–1992, 2018.

PALUDO, J. A. Avaliação dos Impactos de Elevados Níveis de Penetração da Geração Fotovoltaica no Desempenho de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica em Regime Permanente. p. 186, 2014.

POZO, N.; POZO, M. Battery Energy Storage System for a Hybrid Generation System Grid Connected using Fuzzy Controllers. 2017.