



INVESTIGAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS DE CONTROLE DE TENSÃO E COMPENSAÇÃO DE POTÊNCIA REATIVA PARA APLICAÇÃO EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM MICROGERAÇÃO

Palavras-Chave: MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA, GERAÇÃO FOTOVOLTAICA, CONTROLE DE TENSÃO, COMPENSAÇÃO DE POTÊNCIA REATIVA

Autores/as:

Caio Begossi Franchi, FEEC/Unicamp

Prof.^a Dr.^a Fernanda Caseño Trindade Arioli, FEEC/Unicamp

INTRODUÇÃO:

Nos últimos 10 anos, a geração distribuída de vertente fotovoltaica (GD-FV) teve um crescimento muito expressivo em diversos países, incluindo o Brasil, que contabilizou, até final de janeiro de 2021, 4,7 GW de potência instalada em 395.317 conexões de GD-FV distribuídas por todo território nacional. Vale ressaltar que o aumento dessas conexões ocorreu principalmente após formalização da Resolução Normativa nº482 de 2012 [1] e de sua versão atualizada, a Resolução Normativa nº687 de 2015 [2], ambas retratando a regulamentação das condições de conexão de micro e minigeração distribuída, bem como a do sistema de compensação de energia elétrica.

O nível de penetração de microgeração fotovoltaica em uma rede de distribuição é uma característica muito importante, pois, em casos onde a penetração é considerada de alto nível, problemas técnicos em regime permanente começam a se pronunciar, dificultando o planejamento e o controle da rede, o que acaba por prejudicar os consumidores finais em termos da qualidade da energia entregue. Dentre os impactos técnicos causados pelo alto nível de penetração de GD-FV, destacam-se a sobretensão, o desequilíbrio de tensão, o aumento das perdas técnicas, e também o aumento da frequência de operação de dispositivos de controle (maior número de manutenções e maior custo operacional), como reguladores de tensão e banco de capacitores [3].

Para esses casos de elevada penetração, faz-se necessário aprimorar o controle de tensão e compensação de potência reativa, seja por meio da adaptação do uso dos equipamentos existentes, ou da instalação de novos equipamentos. A instalação de tais equipamentos objetiva, entre outros fatores, obedecer aos limites de transgressão estabelecidos pelo módulo 8 do PRODIST [4], que trata em linhas gerais da qualidade da energia elétrica.

Um dos grandes desafios do uso de novos equipamentos é o ainda baixo volume de literatura, já que algumas das causas dos fenômenos indesejáveis associados à alta penetração são relativamente recentes, dentre os quais, pode-se destacar a reversão de fluxo de potência, imprevisibilidade do fator de potência, e a intermitência de geração causada pela passagem de nuvens na região da instalação dos painéis fotovoltaicos.

Com o intuito de permitir maior penetração de microgeração solar fotovoltaica (MSFV) nas redes de distribuição, é possível utilizar equipamentos convencionais, que são dispositivos de controle muito bem consolidados nas conexões unidirecionais de média tensão (MT) e alta tensão (AT), e que podem ser adaptados para mitigar, por exemplo, problemas relacionados à sobretensão em GD-FV. Outra possibilidade seria o uso de tecnologias mais recentes, capazes de controlar, por exemplo, o fator de potência, aumentando-o para diminuir as perdas técnicas pelo alívio no carregamento da rede.

Ambas as possibilidades de dispositivos citadas acima são objetos de estudo dessa Iniciação Científica (IC), e dentre os dispositivos disponíveis no mercado, os esforços foram voltados para a modelagem dos dispositivos Regulador de Tensão de Baixa Tensão (RTBT) [5] e Compensador Dinâmico de Potência Reativa (CDR) [6], apresentados na Figura 1a) e na Figura 1b), respectivamente. O regulador de tensão é um dispositivo bem consolidado no controle da magnitude da tensão em regime permanente em MT e AT, enquanto que o CDR é uma tecnologia relativamente nova, responsável pelo controle do fator de potência através da variação da tensão elétrica sobre um elemento reativo. Neste contexto, este trabalho objetiva investigar os resultados da implementação de ambos os dispositivos em uma rede de distribuição com alto nível de penetração de MSFV.



(a) RTBT da fabricante RTA. Extraído de [5]



(b) CDR da fabricante ITB. Extraído de [6].

Figura 1 – Equipamentos investigados neste trabalho.

METODOLOGIA:

Os estudos realizados neste trabalho são baseados em simulação de fluxo de potência da rede base através do software OpenDSS [7], que é indiretamente comandado por um algoritmo escrito em Python na plataforma Pycharm [8]. O OpenDSS é um simulador de código aberto

dedicado a sistemas de distribuição de energia elétrica e projetado para apoiar a modernização e a integração da rede de recursos de energia distribuída. Ele permite que engenheiros(as) realizem análises complexas usando uma plataforma flexível, personalizável e de fácil manuseio, destinada a atender aos desafios atuais e futuros do sistema de distribuição. O software tem sido usado desde 1997 no apoio a vários projetos de pesquisa e consultoria que requerem análise do sistema de distribuição. A grande vantagem de comandar o OpenDSS através da plataforma PyCharm por intermédio da interface *py-dss* está na facilidade em armazenar e manipular dados das grandezas elétricas e dos aspectos físicos da rede simulada, de tal forma que a investigação e a exposição dos resultados se tornem mais eficazes e menos limitadas ao software de resolução de cálculo de fluxo de potência.

A principal rede base de simulação utilizada para o desenvolvimento desta IC é uma rede secundária trifásica constituída de 69 barras com 101 cargas diversificadas nominalmente em potência, fator de potência e tensão, dentre as quais encontram-se cargas monofásicas e bifásicas. A Figura 2 mostra o diagrama unifilar que leva em consideração apenas as barras existentes, ocultando as conexões com as cargas. É importante ressaltar que embora o circuito a ser apresentado seja chamado de base, as modelagens dos dispositivos foram validadas em circuitos mais simples.

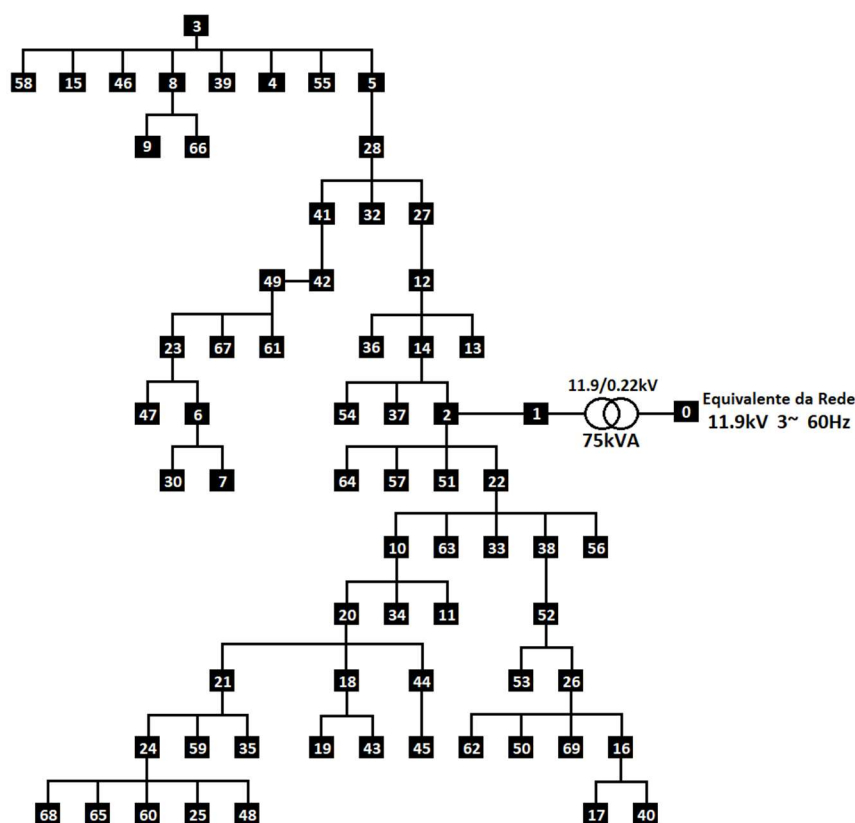


Figura 2 – Rede base para a simulação dos dispositivos previamente modelados.

A alocação dos dispositivos é feita imediatamente após o transformador, isto é, na barra 2, o que permite verificar o comportamento dos dispositivos modelados quando os mesmos são

submetidos aos impactos gerados pela alta penetração de MSFV. Dentre os principais impactos, destacam-se a elevação da tensão em certos instantes devido à existência do fluxo reverso, e também a variação no fator de potência a montante da barra 2 devido à redução da potência ativa – também em certos instantes – demandada do equivalente da rede.

RESULTADOS:

Em termos de resultados do que já foi desenvolvido, obteve-se sucesso na modelagem de ambos os dispositivos, dentre os quais apenas o RTBT foi simulado na rede base (representada pela figura 3) com alta penetração de MSFV, cujos resultados foram mais detalhadamente discutidos no relatório parcial. Embora o CDR já tenha sido modelado e validado em uma rede mais simples do que a que foi apresentada, a simulação na rede base ainda está por ser realizada, e os resultados dessa futura simulação constarão no relatório final desta IC.

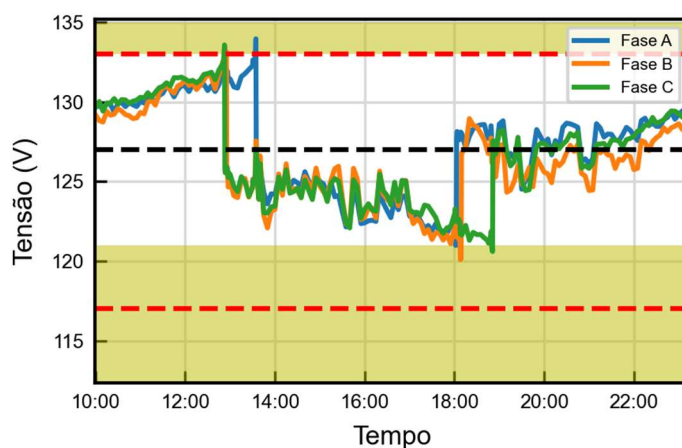


Figura 3 – RTBT atuando no controle da regulação da tensão das fases do sistema na rede base com alta penetração de MSFV.

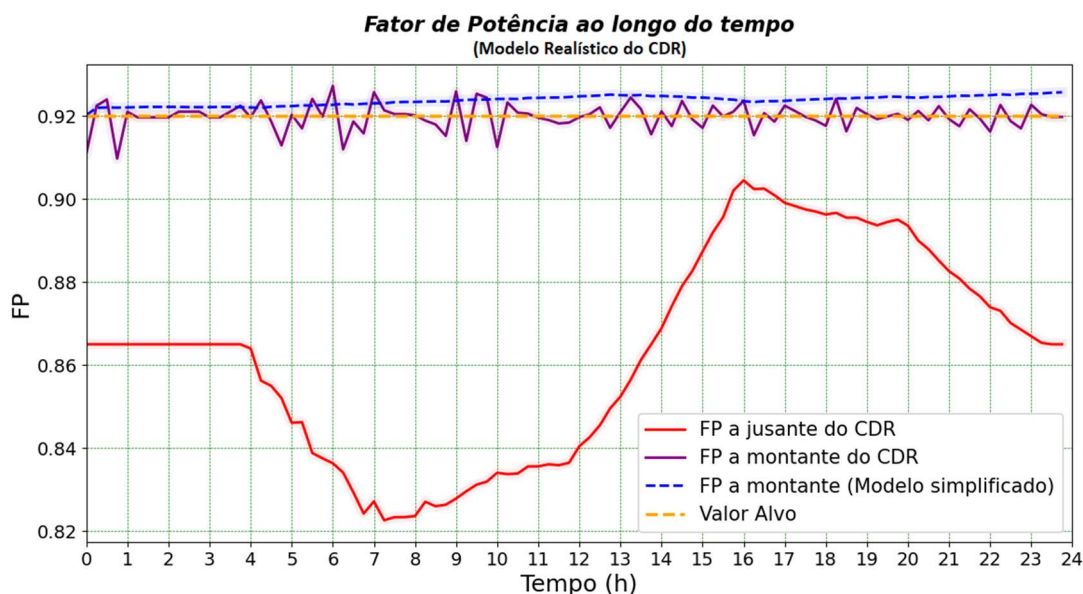


Figura 4 – CDR atuando no controle do fator de potência de uma única fase na simulação de validação do modelo.

CONCLUSÕES:

O objetivo desta IC foi investigar computacionalmente a utilização de novas tecnologias de controle de tensão e de compensação de potência reativa, representadas respectivamente pelo regulador de tensão de baixa tensão (RTBT) e pelo Compensador Dinâmico de Potência Reativa (CDR). Até o momento, a modelagem do RTBT revelou que o dispositivo tem o potencial de sanar problemas de sub e sobretensão locais causados pela alta penetração de MSFV em redes de distribuição secundária de energia elétrica. Em relação à modelagem do CDR, constatou-se que, em redes de distribuição primária sem geração distribuída, o dispositivo tem o potencial de controlar o fator de potência, o que validou o modelo computacional desenvolvido. A verificação do potencial de correção do fator de potência em redes com alto nível de penetração de MSFV ocorrerá mediante a realização das próximas etapas deste trabalho, em que a rede secundária estiver sendo plenamente simulada pela plataforma PyCharm através do uso da interface *py-dss*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), “Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012”, [Online]. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acessado em: outubro de 2020.
- [2] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), “Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015”, [Online]. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acessado em: outubro de 2020.
- [3] F. Katiraei e J. Agüero, “Solar PV integration challenges”, IEEE Power and Energy Magazine, vol. 9, pp. 62-71, 2011.
- [4] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), “Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) - Módulo 8: Qualidade da Energia Elétrica”, [Online]. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>
- [5] Rede de Tecnologia Avançada Ltda, “RTBT - Regulador de tensão de baixa tensão trifásico 45 kVA transformador a seco”, [Online]. Disponível em: <https://www.rta.com.br/produtos/rtbt/>. Acessado em: novembro de 2020.
- [6] ITB Equipamentos Elétricos, “Regulador reativo monofásico tipo transformador CAQ-1 com controle CTX-1”, [Online]. Disponível em: <https://itb.ind.br/produtos/compensadores-dinamicos-de-potencia-reativa/>
- [7] EPRI, “The open distribution system simulator (OpenDSS)”, Disponível em: <https://www.epri.com/#/pages/sa/opendss?lang=en>. Acessado em: junho de 2020.
- [8] JetBrains, “PyCharm Community”, Disponível em: <https://www.jetbrains.com/pt-br/pycharm>. Acessado em: junho de 2020.