

# Mitigación de los problemas de tensión en redes de distribución con alta penetración GD-FV

Leonardo F. León  
Instituto de Energía Eléctrica  
UNSJ-CONICET  
San Juan, Argentina  
ORCID: 0000-0002-6702-6032

Maximiliano Martínez  
Instituto de Energía Eléctrica  
UNSJ-CONICET  
San Juan, Argentina  
ORCID: 0000-0002-5702-6469

Leonardo J. Ontiveros  
Instituto de Energía Eléctrica  
UNSJ-CONICET  
San Juan, Argentina  
ORCID: 0000-0003-1949-6934

Pedro E. Mercado  
Instituto de Energía Eléctrica  
UNSJ-CONICET  
San Juan, Argentina  
ORCID: 0000-0001-7107-091X

**Resumen**—En este artículo se presenta un algoritmo para la búsqueda manual del tap del transformador de distribución y la búsqueda de los valores óptimos para la configuración de los inversores inteligentes de la generación distribuida fotovoltaica (GD-FV). Mediante esta configuración óptima se logra mitigar los problemas de tensión que se producen debido a una alta penetración de GD-FV en redes de distribución. Los inversores inteligentes tienen la capacidad de gestionar la potencia activa y reactiva usando curvas configurables con valores por defecto y mediante un rango de valores establecidos en la norma IEEE 1547-2018. El algoritmo de optimización está basado en el algoritmo genético y permite realizar la búsqueda del óptimo de entre el rango de valores establecidos en la norma. De las simulaciones obtenidas se muestra que el uso de valores optimizados juntamente con una selección adecuada del tap pueden llegar a reducir a cero los problemas de tensión frente al uso de los valores por defecto que recomienda la norma IEEE1547-2018.

**Palabras Claves**—generación distribuida, generación fotovoltaica, regulación de tensión, inversores, optimización.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, debido a la creciente preocupación sobre el cuidado del medioambiente, muchos gobiernos y organizaciones no gubernamentales han dado un fuerte impulso a la utilización de fuentes de energía renovables. Una fuente de energía renovable que está disponible en todos los lugares del planeta es la proveniente del sol, la cual es transformada en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico, principio en el cual funcionan los paneles fotovoltaicos [1]. Estos antecedentes motivan a los usuarios residenciales a conectar paneles fotovoltaicos en sus hogares, a lo que se denomina generadores distribuidos (GD-FV), ya que están ubicados cercanos al área de consumo. Una alta penetración de la GD-FV ocasiona desafíos técnicos en la operación de los sistemas de distribución, ya que estos fueron diseñados para transportar el flujo de potencia desde las subestaciones eléctricas hacia los clientes residenciales. La GD-FV modifica este comportamiento ya que inyecta un flujo de potencia en los lugares donde tradicionalmente es un punto de consumo. El exceso de esta inyección ocasiona flujos de potencia en sentido contrario al convencional, que alteran el funcionamiento de los dispositivos de regulación y protección [2].

La GD-FV tiene una característica de funcionamiento que hace que su alta producción de potencia sea coincidente con

periodos de baja demanda, causando principalmente problemas de sobretensión que a nivel de redes secundarias de distribución no pueden ser corregidas de manera inmediata, ya que el único dispositivo de regulación es el tap del transformador de distribución y este está configurado de manera fija y no tiene una capacidad de actuación automática. Este tap fijo se configura en función de las condiciones esperadas de demanda y por tanto ante la presencia de la GD-FV su configuración fija debe ser revisada.

Debido a que el tap del transformador de distribución es fijo, las variaciones de tensión podrían impactar en niveles de tensión superior; por ejemplo, en la subestación, en donde el tap automático del transformador es el dispositivo encargado de realizar las correcciones correspondientes. Dichas correcciones de este tap no solo impactan al alimentador con problemas de tensión, sino también a otros alimentadores que pueden o no tener instalados GD-FV. Además, el Tap del transformador de la subestación es automático y ante la variabilidad de la potencia inyectada por la GD-FV (variabilidad del recurso primario), incrementa el número de actuaciones, ocasionando problemas de fatiga de los componentes mecánicos del tap [3].

Existen dos soluciones principales para mitigar los problemas de tensión, una de ellas es limitar la producción de la potencia activa generada por la GD-FV (*Power Curtailment*) y la otra es mediante un esquema de control, autónomo o centralizado, que mantenga las tensiones dentro de la banda establecida [4][5]. En el caso de un esquema de control autónomo, la regulación de tensión es realizada por la propia GD-FV mediante la gestión de la potencia activa y reactiva en el punto de conexión. En el caso del control centralizado, la regulación se logra mediante el trabajo coordinado entre los dispositivos de regulación existentes (taps automáticos, condensadores, inversores) utilizando un algoritmo de control y sistemas de comunicación [6]. El control autónomo de la GD-FV, lo gestionan los inversores denominados inteligentes, los cuales entre otras funciones, pueden limitar la potencia activa o inyectar/absorber la potencia reactiva en función de la tensión medida en su punto de conexión [7]. Esto viene definido mediante modos configurables que son funciones lineales a trazos que relacionan la potencia reactiva en función de la tensión,  $Q(V)$ , y la potencia activa en función de la tensión  $P(V)$ . La norma IEE1547-2018, *Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces* recomienda los valores por defecto y también recomienda el rango de valores

This work was supported in part by CYTED (through the network 718RT0564).

- IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng.*, vol. 14, no. 1, pp. 75–84, Jan. 2019, doi: 10.1002/tee.22766.
- [13] M. Jafari, T. O. Olowu, and A. I. Sarwat, “Optimal Smart Inverters Volt-VAR Curve Selection with a Multi-Objective Volt-VAR Optimization using Evolutionary Algorithm Approach,” in *2018 North American Power Symposium (NAPS)*, Sep. 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/NAPS.2018.8600542.
- [14] M. Bello, D. Montenegro, B. York, and J. Smith, “Optimal Settings for Multiple Groups of Smart Inverters on Secondary Systems Using Autonomous Control,” in *2017 IEEE Rural Electric Power Conference (REPC)*, Apr. 2017, pp. 89–94, doi: 10.1109/REPC.2017.18.
- [15] I. The MathWorks, “How the Genetic Algorithm Works.” <https://la.mathworks.com/help/releases/R2022a/gads>.
- [16] D. J. Murray-Smith, “Experimental modelling: system identification, parameter estimation and model optimisation techniques,” *Model. Simul. Integr. Syst. Eng.*, pp. 165–214, Jan. 2012, doi: 10.1533/9780857096050.165.
- [17] Meghasai, S. Monger, R. Vega, and H. Krishnaswami, “Simulation of smart functionalities of photovoltaic inverters by interfacing OpenDSS and Matlab,” *2015 IEEE 16th Work. Control Model. Power Electron. COMPEL 2015*, no. Lv, 2015, doi: 10.1109/COMPEL.2015.7236443.