



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i41.2506>

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de revisión

Técnicas para la ubicación óptima de generación distribuida en redes de distribución de energía eléctrica

Techniques for the optimal location of distributed generation in electric power distribution networks

Técnicas para a localização ótima da geração distribuída em redes de distribuição de energia elétrica

Alejandro Javier Martínez-Peralta ^I

amartinez8875@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1176-5001>

Yolanda Eugenia Llosas-Albuerne ^{II}

yolanda.llosas@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5713-0565>

Correspondencia: amartinez8875@utm.edu.ec

***Recibido:** 18 de enero de 2022 ***Aceptado:** 20 de enero de 2022 * **Publicado:** 24 de enero de 2022

- I. Ingeniero Eléctrico, Instituto de Posgrado, Maestría en Investigación en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia en la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Doctor en Ciencias Técnicas, Ingeniero Electricista, Instituto de Posgrado, Coordinadora de la Maestría en Investigación en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia en la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

La generación distribuida se muestra como una solución al incremento del consumo de energía, y se caracterizan por ser unidades de pequeña y mediana potencia conectadas al sistema de distribución en los puntos más cercanos a las cargas, para lo cual se deben tener en cuenta los puntos óptimos al conectarse y la máxima capacidad de generación de la red de distribución sin afectar el funcionamiento del sistema. El presente artículo presenta técnicas para la ubicación óptima de generación distribuida en redes de distribución de energía eléctrica, con el objetivo de conseguir el correcto funcionamiento y minimización de pérdidas del sistema, además de mejorar los perfiles de tensión, fiabilidad, estabilidad y cargabilidad del sistema, etc. La metodología se basó en una investigación cualitativa de carácter documental. La técnica empleada fue de análisis documental de fuentes bibliográficas con énfasis en el análisis de contenido y análisis crítico. Este documento presenta los fundamentos de GD y las tecnologías, revisa los enfoques clásicos y heurísticos para la ubicación óptima de las unidades GD en las redes de distribución y estudia sus impactos en los servicios públicos y los del usuario.

Se concluye que el Algoritmo Genético (GA) y la Optimización del enjambre de partículas (PSO) se encuentran entre las técnicas de optimización más prometedoras para resolver el problema de optimización de planificación de GD. Sin embargo, las técnicas analíticas todavía se están utilizando en investigaciones recientes, lo que les da la ventaja de explicar la física y los mecanismos detrás de los modelos matemáticos.

Palabras clave: Generación distribuida; pérdidas del sistema; redes de distribución; optimización.

Abstract

Distributed generation is shown as a solution to the increase in energy consumption, and they are characterized by being small and medium power units connected to the distribution system at the points closest to the loads, for which the following points must be taken into account. optimal when connecting and the maximum generation capacity of the distribution network without affecting the operation of the system. This article presents techniques for the optimal location of distributed generation in electric power distribution networks, with the aim of achieving the correct operation and minimization of system losses, as well as better voltage profiles, reliability, stability and chargeability of the system, etc. The methodology was based on a qualitative documentary

research. The technique used was documentary analysis of bibliographic sources with emphasis on content analysis and critical analysis. This paper introduces DG fundamentals and technologies, reviews classical and heuristic approaches for optimal placement of DG units in distribution networks, and studies their impacts on utilities and users. It is concluded that Genetic Algorithm (GA) and Particle Swarm Optimization (PSO) are among the most promising optimization techniques to solve the GD planning optimization problem. However, analytical techniques are still being used in recent research, giving them the advantage of explaining the physics and mechanisms behind mathematical models.

Keywords: Distributed generation; system losses; distribution networks; optimization.

Resumo

A geração distribuída se mostra como uma solução para o aumento do consumo de energia, e se caracteriza por serem pequenas e médias unidades de potência conectadas ao sistema de distribuição nos pontos mais próximos das cargas, para os quais devem ser considerados os seguintes pontos. na conexão e a capacidade máxima de geração da rede de distribuição sem afetar a operação do sistema. Este artigo apresenta técnicas para a localização ótima da geração distribuída em redes de distribuição de energia elétrica, com o objetivo de alcançar o correto funcionamento e minimização das perdas do sistema, bem como melhores perfis de tensão, confiabilidade, estabilidade e exigibilidade do sistema. , etc. A metodologia foi baseada em uma pesquisa documental qualitativa. A técnica utilizada foi a análise documental de fontes bibliográficas com ênfase na análise de conteúdo e análise crítica. Este artigo apresenta os fundamentos e tecnologias de GD, revisa abordagens clássicas e heurísticas para o posicionamento ideal de unidades de GD em redes de distribuição e estuda seus impactos nas concessionárias e usuários. Conclui-se que o Algoritmo Genético (AG) e a Otimização por Enxame de Partículas (PSO) estão entre as técnicas de otimização mais promissoras para resolver o problema de otimização de planejamento GD. No entanto, técnicas analíticas ainda estão sendo usadas em pesquisas recentes, dando-lhes a vantagem de explicar a física e os mecanismos por trás dos modelos matemáticos.

Palavras-chave: Geração distribuída; perdas no sistema; redes de distribuição; otimização.

Introducción

La generación distribuida (GD) se refiere a la producción de energía cerca o en el lugar de consumo, donde los recursos de generación distribuida son las unidades de cogeneración (cogeneración de calor y electricidad - CHP) y las fuentes de energía renovables (RES)(Dulău, 2016). Teniendo presente el caso actual de la economía, el constante incremento del costo de la electricidad que ha localizado a las compañías eléctricas en el ojo de la tormenta y el valor de ahorrar energía para eludir el consumo de recursos naturales extras; es hora de hacer ciertos cambios para optimizar el modelo presente (Domínguez, 2017). La integración de los GD en las redes de distribución ha sido cada vez más importante en los últimos años. Después del comienzo de Energía Renovable (RES) para producir la electricidad a escala de servicios públicos, la investigación relacionada con la instalación de GD se ha convertido en uno de los temas de importancia en el campo de la planificación del sistema de energía.

La mayoría de los beneficios de emplear unidades dg en las redes de distribución existentes tienen implicaciones económicas y técnicas y están interrelacionados. Los principales beneficios técnicos incluyen:

- Reducción de pérdidas de línea.
- Mejora del perfil de voltaje.
- Aumento de la eficiencia energética general.
- Fiabilidad y seguridad mejoradas del sistema.
- Alivio de la congestión de T&D.

Los principales beneficios económicos incluyen:

- Inversiones diferidas para mejoras de instalaciones.
- Reducción de los costes de O&M de algunas tecnologías GD.
- Reducción de los costos de combustible debido al aumento de la eficiencia general.
- Menores costos operativos debido al afeitado máximo y 3/4 de mayor seguridad para cargas críticas (Prasanna et al., 2017).

Las instalaciones de GD pueden mejorar el rendimiento de la red de distribución en términos de perfil de voltaje, flujo de energía y pérdidas del sistema, lo que en última instancia mejora la calidad de la energía y la confiabilidad del suministro.

Sin embargo, estos beneficios técnicos para las redes de distribución se ven muy afectados por el tamaño de GD y sus ubicaciones. La instalación de GD en lugares inapropiados aumentaría las pérdidas de energía, la inversión total de capital y también los costos operativos.

Desarrollo

Generación Distribuida

La Generación Distribuida surge como una alternativa importante para la prestación del servicio de energía eléctrica, ya que aumenta la confiabilidad y seguridad en el suministro a corto, mediano y largo plazo. En otros países se considera que la Generación Distribuida se encontraría asociada a tecnologías de pequeña escala y/o se vería limitado a redes de baja tensión (Soares, 2019).

La generación distribuida se la puede describir en tres diferentes puntos: es aquella en donde la conexión se encuentra cercana a la carga, también es aquella que permite una generación a pequeña, mediana y gran escala y por último es aquella que tiene la posibilidad de estar conectada como también de no estar conectada a la red de distribución (Grisales et al., 2017).

Técnicas de objetivos

El problema objetivo, puede ser de un solo objetivo o multiobjetivo (las funciones de un solo objetivo son tales como minimizar las pérdidas de potencia del sistema, mejora del rendimiento del sistema, minimización de costos, mejora de la fiabilidad del sistema, etc. y la función multiobjetivo sería la combinación de dos o más funciones objetivas únicas) considerando parámetros adecuados y constituyendo la función objetivo, la función objetiva puede ser la siguiente:

Función objetiva

En primer lugar, se decidirá si la función objetiva debe minimizarse o maximizarse. Posteriormente, después de formular la función objetivo considerando todos los parámetros asociados a ella, se optimiza la función objetivo:

$$y = x_1 + x_2 + x_3 + \dots \dots \dots x_n = \sum_{k=1}^n x_k \quad (1)$$

donde 'n' es el número de parámetros de los que depende la función objetiva, aquí hay que considerar cuatro parámetros.

1) **Pérdidas de potencia del sistema:** las pérdidas del sistema se pueden determinar cómo:

$$x_1 = x(P_L) = P_L \quad (2)$$

donde P_L es todo el sistema pierde, ajustando el P_L tomando factor de peso, por lo tanto, la final será:

$$x_1 = \beta_j \frac{P_L^{after GD}}{P_L^{beforeGD}} \quad (3)$$

donde β es el factor de ponderación y 'j' es el número de nodos, donde se va a instalar GD.

- 2) **Factor de perfil de voltaje:** el perfil de voltaje depende del voltaje de los bus (nodos), se puede escribir como voltaje después de la ubicación GD y voltaje antes de la ubicación GD como 1.0 p.u:

$$x_2 = \mu_j \left(V_{bus_j}^{after GD} \right)^2 \quad (4)$$

- 3) **Factor de corriente de cortocircuito:** este parámetro se relaciona con el problema de seguridad y se puede definir como:

$$SCL_j = \left(\frac{i_{SCL_j}^{after GD} - i_{SCL_j}^{beforeGD}}{i_{SCL_j}^{after GD}} \right) \quad (5)$$

$$x_3 = \eta_j (SCL_j)^2 \quad (6)$$

Restricciones

La restricción son parámetros extremadamente importantes. La función objetivo debe satisfacer todas las restricciones dadas. restricciones no satisfechas y cualquier desajuste, el tamaño y la ubicación, en consecuencia, obtenidos no podrían servir para el propósito y pueden conducir a un mal funcionamiento del sistema. principales restricciones utilizadas (Keihan Asl et al., 2020)(Farh et al., 2021).

- **Voltaje del bus Restricción:** el voltaje del bus debe variar dentro del límite prescrito:

$$V_{MIN} < V_{bus_j}^{after GD} < V_{MAX} \quad (7)$$

En este 75% de tolerancia de voltaje de bus está permitido, eso es V_{MIN} sube a (0.95pu) y V_{MAX} sube a (1.05p.u).

- **Restricción de corriente de cortocircuito:** nivel de corriente de cortocircuito debe ser un límite permitido, si aumenta más allá del rango sería peligroso, este factor funciona como una salvaguarda para el sistema.

$$i_{SCL_j}^{after GD} < \text{nivel de corriente de cortocircuito dispositivos de protección instalados.}$$

- **Restricciones del factor de potencia:** el factor de potencia de GD que se instalará debe variar dentro del rango especificado, las empresas de servicios públicos también están interesadas en operar en factores de potencia superiores, este factor se considera principalmente en el momento del dimensionamiento.

$$0.8 \leq pf_{GDj} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, \text{No. of GD}$$

- **Factor de ponderación:** el factor de ponderación se debe seleccionar de tal manera que la suma de todos los factores ponderados debe ser igual a 1 como:

$$\beta + \mu + \eta + \lambda = 1 \quad (8)$$

Los factores de ponderación se pueden calcular de la siguiente manera

- **Factor de ponderación β :** se puede calcular como:

$$\beta = \frac{P_L^{before GD}}{P_L^{after GD}} \quad (9)$$

- **Factor de ponderación μ :** esto se puede evaluar como:

$$\mu_j = \frac{1}{\left(V_{bus_j}^{after GD} - 1\right)^2} \quad (10)$$

- **Factor de ponderación η :** esto se puede evaluar como:

$$\eta_j = \left(\frac{i_{SCLj}^{after GD}}{i_{SCLj}^{after GD} - i_{SCLj}^{before GD}} \right)^2 \quad (11)$$

- **Factor de ponderación λ :** se puede evaluar como:

$$\lambda_j = \frac{S_{base}}{CP_j} \quad (12)$$

Evaluando todos estos factores de ponderación, normalizando posteriormente ellos multiplicando el factor común adecuado de modo que su suma debe ser igual a 1.

Índices requeridos

Los índices tienen una posición significativa en la estimación de la eficiencia del sistema. Los índices aquí presentados ofrecen información sobre la desviación de los parámetros. Además, pueden detectar si los parámetros están en rango tolerable o no (Agajie et al., 2019).

- **Índice de mejora del perfil de voltaje:** estima la desviación en voltaje después de la ubicación de las unidades GD en distribución red, se puede ilustrar como:

$$VP_{II} = \left(\frac{Vp_{after\ GD}}{Vp_{before\ GD}} - 1 \right) \times 100 \% \quad (13)$$

donde $Vp_{before\ GD}$ sería como:

$$Vp_{before\ GD} = \sum_{k=1}^N V_k \quad (14)$$

y

$$r = \begin{cases} 1, & (0.95 < V_k < 1.05) \\ 0, & (V_k < 0.95 \text{ or } V_k > 1.05) \end{cases} \quad k = 1, 2, \dots \dots N \quad (15)$$

El valor más alto de VP_{II} , da como resultado una mayor mejora en el voltaje perfil.

- **Índice de nivel de corriente de cortocircuito:** este índice se puede evaluar como:

$$I_{scl} = \left(\frac{I_{SCL}^{after\ GD}}{I_{SCL}^{before\ GD}} - 1 \right) \times 100 \% \quad (16)$$

donde I_{scl} índice de nivel de corriente de cortocircuito y

$$I_{scl} = \sum_{k=1}^N I_{scl}^k \quad (17)$$

Para diagnosticar, si el nivel de corriente de cortocircuito es mayor que la de la magnitud admisible de los disyuntores o no, por lo tanto, debe decidirse por ρ , y ρ se puede definir como:

$$\rho = \begin{cases} 1, & (I^k < I_{switch}^k) \\ 0, & (I^k > I_{switch}^k) \end{cases} \quad k = 1, 2, \dots \dots N \quad (18)$$

Suponiendo que el nivel de corriente de cortocircuito en los autobuses rango permitido de los cortacircuitos, entonces ρ sería 1 de lo contrario 0

- **Nivel de penetración:** el nivel de penetración de las unidades GD en el sistema se puede estimar en la penetración promedio de las unidades GD (Jordehi, 2019).

$$\sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^N x_4 \cdot P_{GD_{tj}} \leq r \cdot \sum_{t=1}^N P_{Dj} \quad (19)$$

donde N es el número total de autobuses, m es el número total de GD unidades a colocar, x_4 es el factor de capacidad $P_{GD_{tj}}$ potencia nominal del t^{th} GD unidad y " r " es el nivel máximo de penetración como la fracción de la carga máxima activa y la carga activa máxima de P_{Dj} en el bus 'j'. Las ventajas de este proceso pueden expresarse como la desviación el modus operandi explicado

anteriormente puede conducir a pérdidas no deseadas del sistema, perfil de voltaje reducido, confiabilidad deficiente del sistema, eficiencia y rendimiento general del sistema se reducirá, etc.

Algoritmo generalizado para la ubicación de GD

El método de barrido hacia atrás y hacia adelante se aplicará para sistema de distribución equilibrado, monofásico y radial para flujo de carga. El algoritmo generalizado para la ubicación óptimos de GD es ilustrado como sigue (Jordehi, 2019).

Paso 1: lee los datos del sistema. Configuración del sistema como, línea resistencia, impedancia de línea, número de bus desde el extremo de envío al extremo receptor, carga activa y reactiva en un bus particular.

Paso 2: ejecute el flujo de carga.

Paso 2 (a): determine el voltaje del bus.

Paso 2 (b): determine las pérdidas del sistema.

Paso 2 (c): determine la corriente de cortocircuito del bus.

Paso 3: restricciones presentes o no.

Paso 4: si existen restricciones, estime el factor de ponderación inicial y luego la función objetivo.

Paso 5: si no hay restricciones, vaya al paso 2.

Paso 6: aplique la técnica de optimización adecuada para estimar la función objetivo.

Paso 7: ¿la función objetivo calculada es la función objetivo que mejor se ajusta?

Paso 8: calcula los índices requeridos.

Paso 9: analice el factor de ponderación si los factores de ponderación son apropiados, luego muestre el resultado y el final, si los factores de ponderación no lo son apropiado, luego vaya al paso 6.

Paso 10: la función objetivo calculada no se ajusta mejor, entonces vaya a paso (2) para una nueva ubicación óptima del diagrama de flujo del algoritmo generalizado aplicado para la ubicación de GD ilustrado en figura 1.

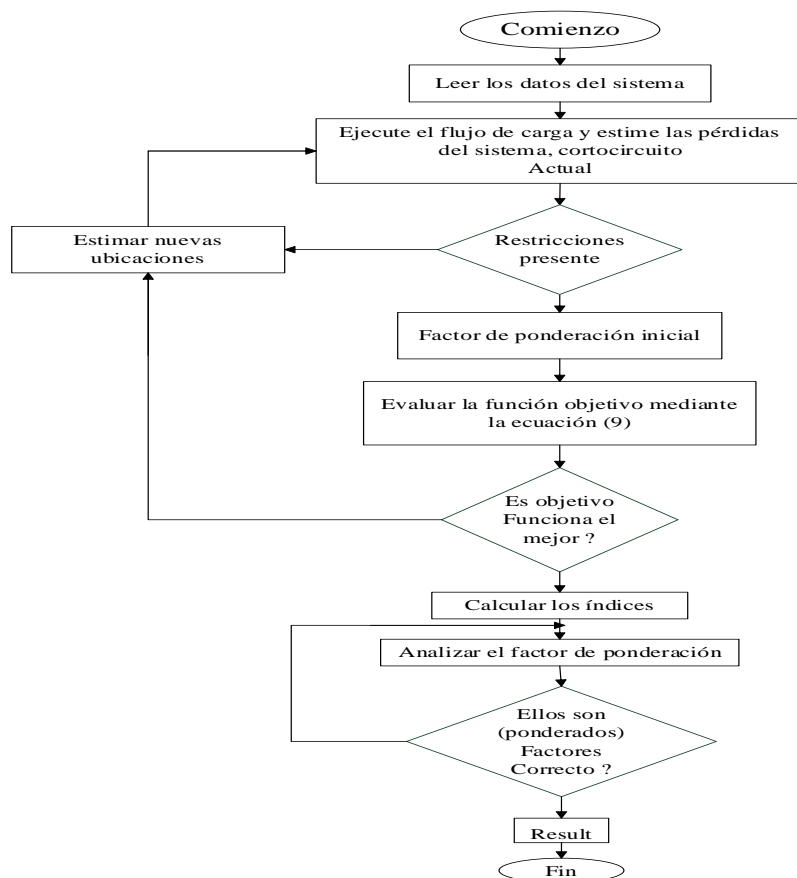


Figura 1. Diagrama de flujo del algoritmo generalizado para la ubicación de DG.

Materiales y métodos

Métodos para la ubicación óptima de GD en el sistema de distribución

Las principales técnicas y métodos que se utilizan para la ubicación de DG se pueden clasificar de la siguiente manera (Schweickardt, 2019).

- (1) Técnicas analíticas.
- (2) Técnicas clásicas de optimización.
- (3) Técnicas de inteligencia artificial (metaheurística).

Las técnicas analíticas

Las técnicas analíticas representan el sistema mediante un método matemático. Modelar y calcular su solución numérica directa. Tales técnicas son adecuadas para sistemas pequeños y simplistas donde el número de variables de estado involucradas son pequeños en número. Sin embargo, para

sistemas grandes y complejos, las técnicas analíticas funcionan adversamente en respeto de la eficiencia computacional (Abd El-salam et al., 2018)(Karunarathne et al., 2021).

1. Análisis basado en valores propios (EVA)

EVA tiene características extraordinarias para investigar la estabilidad del sistema de energía. La estabilidad se convierte en un factor crucial para el funcionamiento exitoso de los componentes del sistema de energía en ese momento, cuando la carga no queda estática sugerida por (Singh et al., 2015).

2. Método de índice (IMA)

El método de índice basado en el concepto de desviación de cualquier parámetro de su valor real. Además, los índices se miden en términos de desviación relativa o cambio. El análisis basado en índices se ha utilizado principalmente para la evaluación de la confiabilidad según lo propuesto por (Das et al., 2019).

3. Método basado en la sensibilidad (SBM)

La técnica se basa en el concepto de que la variación en una variable influirá en la variable objetivo. El objetivo básico del método consiste en reducir el espacio de búsqueda. métodos basados comúnmente utilizados para ubicar condensadores y unidades GD en el sistema de distribución (Singh et al., 2015)

4. Método de estimación puntual (PEM)

El método es muy eficaz para la ubicación óptima de GD no despachable para la potencia de salida incierta. Este método es el más decisivo para la gestión de la incertidumbre y proporciona los resultados aceptables. Además, el PEM requería funciones de densidad de probabilidad para las variables de entrada que suelen ser de naturaleza incierta sugerida por (Rodríguez Salazar, 2020).

Técnica de optimización clásica

Estas técnicas de optimización se aplican para maximizar o minimizar la formulación desarrollada según el requisito bajo ciertas condiciones y dentro de los límites de las restricciones. Posteriormente, aplique la técnica de optimización adecuada que proporcionará el valor optimizado de las funciones objetivo. Son técnicas ampliamente clasificadas como.

1. Programación lineal (LP)

La técnica es relevante para optimizar las funciones cuyas las funciones objetivo son lineales junto con sus restricciones. La propiedad convergente del foco es excelente. (LP) es que puede manejar funciones objetivas lineales y restricciones propuestas por (Singh et al., 2015).

2. Programación no lineal mixta (MINLP)

El método es una combinación de LP, programación no lineal (NLP) y programación de enteros mixtos (MIP). La técnica es aplicable tanto para variables continuas como discretas y funciones no lineales. Dado que la formulación de flujo de potencia no es lineal en naturaleza. Además, el método basado en MINLP es capaz de proporcionar soluciones precisas, eficientes y confiables para formulaciones multiobjetivo implementadas por (Sambaiah, 2018).

3. Programación dinámica (DP)

DP es una técnica de optimización secuencial de tipo multietapa, competente para manejar el cambio de problemas complejos y en tiempo real manera eficiente y confiable. En estas aplicaciones secuenciales, el método procederá en un dominio de tiempo diferente para resolver un problema dividiéndolo en varios subproblemas. mucho menos tiempo para producir el resultado óptimo propuesto por (Ramírez, 2020)

4. Programación secuencial cuadrática (SQP)

El método es un tipo iterativo y más capaz de manejar aquellas formulaciones que son altamente no lineales con desigualdad limitaciones. Dado que muchas formulaciones no lineales y desigualdades restricciones involucradas en las ecuaciones de flujo de carga, por lo tanto, el método es capaz de manejar el tamaño óptimo de las unidades GD de manera eficiente. Además, el algoritmo SQP basado en la investigación de zonas en reactivo optimización de energía (Kaur et al., 2014).

5. Flujo de potencia óptimo (OPF)

La herramienta de resolución de flujo de energía óptima es muy crucial para la próxima estrategia de extensión de los sistemas de energía, a fin de encontrar el rendimiento óptimo de los sistemas de energía actuales. También ayude a obtener la información en respuesta a la magnitud del voltaje del bus y la potencia reactiva que fluye junto con el ángulo de fase de cada línea propuesta por (Aman et al., 2013)(Guan et al., 2017).

Técnicas artificiales inteligentes (meta-heurísticas)

Estas técnicas son lo suficientemente capaces como para obtener soluciones efectivas, precisas y óptimas de manera inteligente llamadas métodos inteligentes. La hipótesis evolucionaria a partir de la técnica inteligente artificial es la más reciente y agradable técnica de búsqueda meta-heurística. Algunos de los algoritmos de la familia que se han adoptado en meta-heurística, como el algoritmo genético (GA), la optimización del enjambre de partículas (PSO), la lógica difusa (FL), la optimización del apareamiento de las abejas melíferas (HBMO), el recocido simulado (SA) y la red neuronal artificial (ANN), la optimización de colonias de hormigas (ACO), la colonia de abejas artificiales (ABC), etc. implementado y sugerido por (Rama Prabha & Jayabarathi, 2016)(Zanin et al., 2021).

1. Lógica difusa (FL)

Este método fue introducido por Lotfi A. Zadeh en 1965 teniendo variables lingüísticas aproximadas en lugar de una función valorada exactamente. Además de las variables lingüísticas tienen el grado de pertenencia a la función resaltada por (Singh et al., 2015).

2. Algoritmo genético (AG)

AG es un tipo adaptativo de algoritmo de búsqueda heurística basado en el concepto de selección natural y genética. El algoritmo está inspirado en la evolución natural como la herencia, la mutación, la selección y el cruce. El algoritmo genético es muy simple y fácil de entender y no requiere el conocimiento de matemáticas complejas. El algoritmo sufre de más tiempo computacional ya que asocia muchos parámetros. AG comienza con su búsqueda a partir de una población generada aleatoriamente propuesta por (Vinicio et al., 2017).

3. Optimización del enjambre de partículas (PSO)

El PSO se creó por primera vez en 1995 por Kennedy y Eberhart, inspirados en la capacidad de agrupamiento de las aves, la doctrina de los peces en busca de alimento. En PSO, un conjunto de soluciones provocadas arbitrariamente se mueve en el campo del diseño favoreciendo la mejor solución sobre el número de repeticiones resaltadas por (Balamurugan et al., 2018).

4. Algoritmo de búsqueda de colonias de hormigas (ACS)

La técnica basada en el comportamiento de forrajeo de hormigas reales en busca de establecer caminos más cortos desde su nido hasta la fuente de alimento. Cada hormiga toma una decisión utilizando trazas de feromonas como mecanismo de comunicación. La fuerza de la feromona

depositada en el suelo depende de la calidad de la solución (alimento fuente) encontrado incorporado por (Sambaiah, 2018).

5. Algoritmo de colonia de abejas artificiales (ABC)

En el algoritmo ABC, tenga tres grupos de abejas, abejas empleadas, espectadores y exploradores. Este algoritmo de optimización basado en el hecho de que, la fuente de alimento exhibe la explicación factible del problema de elaboración y la cantidad de ambrosía de una fuente de alimento se asemeja al aspecto de la solución implementada por (Sambaiah, 2018)(Al-Ammar et al., 2021).

Conclusiones

Este artículo explica la necesidad de técnicas de optimización aplicadas para la integración eficiente de las GD, especialmente de Fuentes de Energía Renovable. Presenta el contexto global que alentó tanto el desarrollo de las Energía Renovable como la descentralización de las unidades de generación a través de las GD.

Además, ofrece una revisión de los trabajos publicados sobre la aplicación de diferentes técnicas de optimización para resolver la ubicación óptima y el tamaño del problema GD en los sistemas de distribución.

Muestra la variedad de las técnicas de optimización existentes, especialmente con Técnicas de inteligencia artificial (metaheurística).

La ubicación óptima de la GD es un factor crucial en la aplicación de la GD para la minimización de pérdidas.

Las Técnicas de inteligencia artificial (metaheurística) ofrecen más flexibilidad para resolver el problema, especialmente con la optimización multiobjetivo. Sin embargo, la mayoría de los métodos heurísticos a pesar de ser en general fáciles de implementar presentan algunas desventajas comunes como estar atrapado en un mínimo local. Se ha observado que Algoritmo Genético (GA) y Optimización del enjambre de partículas (PSO) se encuentran entre las técnicas de optimización más prometedoras para resolver el problema de optimización de planificación de GD. Sin embargo, las técnicas analíticas todavía se están utilizando en investigaciones recientes, lo que les da la ventaja de explicar la física y los mecanismos detrás de los modelos matemáticos.

Referencias

1. Abd El-salam, M., Beshr, E., & Eteiba, M. (2018). A New Hybrid Technique for Minimizing Power Losses in a Distribution System by Optimal Sizing and Siting of Distributed Generators with Network Reconfiguration. *Energies*, 11(12), 3351. <https://doi.org/10.3390/en11123351>
2. Agajie, T. F., Salau, A. O., Hailu, E. A., Sood, M., & Jain, S. (2019). Optimal Sizing and Siting of Distributed Generators for Minimization of Power Losses and Voltage Deviation. *Proceedings of IEEE International Conference on Signal Processing, Computing and Control, 2019-October*, 292–297. <https://doi.org/10.1109/ISPC48220.2019.8988401>
3. Al-Ammar, E. A., Farzana, K., Waqar, A., Aamir, M., Saifullah, Ul Haq, A., Zahid, M., & Batool, M. (2021). ABC algorithm based optimal sizing and placement of DGs in distribution networks considering multiple objectives. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 697–708. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.05.002>
4. Aman, M. M., Jasmon, G. B., Bakar, A. H. A., & Mokhlis, H. (2013). A new approach for optimum DG placement and sizing based on voltage stability maximization and minimization of power losses. *Energy Conversion and Management*, 70, 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.02.015>
5. Balamurugan, P., Yuvaraj, T., & Muthukannan, P. (2018). Optimal Allocation of DSTATCOM in Distribution Network Using Whale Optimization Algorithm. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 8(5), 3445–3449. <https://doi.org/10.48084/etasr.2302>
6. Das, C. K., Bass, O., Mahmoud, T. S., Kothapalli, G., Masoum, M. A. S., & Mousavi, N. (2019). An optimal allocation and sizing strategy of distributed energy storage systems to improve performance of distribution networks. *Journal of Energy Storage*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100847>
7. Domínguez, A. G. (2017). *Optimal Location Of Distributed Generators In Electrical Grids* (Vol. 1, Issue 10). Escola Tecnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i ports UPC BARCELONATECH.
8. Dulău, L. I. (2016). Optimal power flow analysis of IEEE 14 system with distributed generators. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 9(1), 9–12.

9. Farh, H. M. H., Eltamaly, A. M., Al-Shaalan, A. M., & Al-Shamma'a, A. A. (2021). A novel sizing inherits allocation strategy of renewable distributed generations using crow search combined with particle swarm optimization algorithm. *IET Renewable Power Generation*, 15(7), 1436–1450. <https://doi.org/10.1049/rpg2.12107>
10. Grisales, L. F., Restrepo Cuestas, B. J., & Jaramillo, F. E. (2017). Ubicación y dimensionamiento de generación distribuida: una revisión TT - Location and sizing of distributed generation: a review. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 157–176.
11. Guan, W., Guo, N., Yu, C., Chen, X., Yu, H., Liu, Z., & Cui, J. (2017). Optimal placement and sizing of wind / solar based DG sources in distribution system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 207(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/207/1/012096>
12. Jordehi, A. R. (2019). Optimisation of demand response in electric power systems, a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103(September 2017), 308–319. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.054>
13. Karunarathne, E., Pasupuleti, J., Ekanayake, J., & Almeida, D. (2021). The optimal placement and sizing of distributed generation in an active distribution network with several soft open points. *Energies*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/en14041084>
14. Kaur, S., Kumbhar, G., & Sharma, J. (2014). A MINLP technique for optimal placement of multiple DG units in distribution systems. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 63, 609–617. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.06.023>
15. Keihan Asl, D., Seifi, A. R., Rastegar, M., & Mohammadi, M. (2020). Optimal energy flow in integrated energy distribution systems considering unbalanced operation of power distribution systems. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 121(1). <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106132>
16. Prasanna, H. A. M., Kumar, M. V. L., & Ananthapadmanabha, T. (2017). Genetic algorithm based optimal allocation of a distributed generator in a radial distribution feeder. *2014 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies, ICCPCT 2014*, 184–190. <https://doi.org/10.1109/ICCPCT.2014.7054964>
17. Rama Prabha, D., & Jayabarathi, T. (2016). Optimal placement and sizing of multiple distributed generating units in distribution networks by invasive weed optimization

- algorithm. *Ain Shams Engineering Journal*, 7(2), 683–694.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.05.014>
18. Ramírez, V. S. R. (2020). *Mejoramiento de redes eléctricas de distribución por medio de generación distribuida utilizando una metodología probabilística bivariada*. Escuela politécnica nacional.
19. Rodríguez Salazar, J. R. (2020). “Ubicación Óptima De Generación Distribuida En Redes De Distribución. *Journal of Tropical Ecology*, 19–25.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5311/1/T-UTEQ-0093.PDF>
20. Sambaiah, K. S. (2018). A review on optimal allocation and sizing techniques for DG in distribution systems. *International Journal of Renewable Energy Research*, 8(3), 1236–1256.
21. Schweickardt, G. A. (2019). *Generación distribuida basada en fuentes primarias de energía renovable análisis técnico-económico y regulatorio* (Energía de).
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/133783>
22. Singh, B., Mukherjee, V., & Tiwari, P. (2015). A survey on impact assessment of DG and FACTS controllers in power systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 846–882. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.057>
23. Soares, A. E. (2019). *Otimização da injeção de potência pela geração distribuída através da técnica de algoritmos genéticos*. July, 1–23.
24. Vinicio, M., Le, G., Ectricos, S. E. L., López Lezama, J. M., Hernández, M., Trujillo, J. A., Alexander, A., Poten-, C. D. E. L. F. D. E., Newton-raphson, P. O. R. E. L. M., Se, R., Gutiérrez Mata, G., Villaroel M., M., Carter F., S., Radosavljevic, J., Velasco, É. R. M., Balaguera, C. A. L., Valencia, D. A. L., Edmundo, E., Carballo, R., ... Valencia, L. (2017). Ubicación de generación distribuida para minimización de pérdidas usando un algoritmo genético híbrido location of distributed generation for power losses reduction using a hybrid genetic algorithm. *Tecnología En Marcha*, 1(4), 297–335.
https://doi.org/10.1049/pbpo131e_ch9
25. Zanin, P. S., Negrete, L. P. G., Brigatto, G. A. A., & López-Lezama, J. M. (2021). A multi-objective hybrid genetic algorithm for sizing and siting of renewable distributed generation. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(16). <https://doi.org/10.3390/app11167442>
-

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).