

Resumen

Las microrredes (MGs) son sistemas energéticos locales capaces de funcionar en isla y conectados a la red. Su capacidad para integrar generación, almacenamiento y gestión de la energía beneficia su implantación y progreso. Sin embargo, la integración a gran escala de energías renovables introduce retos como la intermitencia, la previsión limitada y las capacidades de almacenamiento. Estos factores afectan al equilibrio entre la oferta y la demanda de energía, requiriendo estrategias avanzadas de control y gestión para garantizar la calidad y continuidad del suministro eléctrico.

El objetivo de esta investigación es diseñar, desarrollar y validar una metodología de gestión óptima de la energía para las MG híbridas renovables, con el fin de reducir los costes netos de intercambio de energía con la red principal, maximizar el uso de la energía renovable y mejorar el rendimiento general del sistema. El enfoque propuesto aborda los niveles de control terciario y primario. En el nivel de control terciario, se emplean Algoritmos Genéticos (GAs) para optimizar las transacciones de energía entre la MG y la red eléctrica, aprovechando la adaptabilidad de las técnicas bioinspiradas en condiciones dinámicas de mercado y de operación. Además, se utilizan Redes Neuronales Artificiales (ANNs) para anticipar el comportamiento del sistema y obtener predicciones precisas, mejorando la capacidad de respuesta de la optimización. A nivel de control primario, se aplican la Optimización por Enjambre de Partículas (PSO) y el Optimizador de Lobo Gris (GWO) mediante estrategias de metaoptimización para mejorar el ajuste de los hiperparámetros del modelo de control, mejorando así el rendimiento. Además, las principales herramientas empleadas durante la tesis doctoral han sido el software MATLAB y el Laboratorio de Recursos Energéticos Distribuidos (LabDER).

Los resultados muestran que la estrategia propuesta cumple los objetivos establecidos. El autoconsumo alcanzó valores de hasta el 99%, con reducciones de costes asociados a la red del 47% y disminuciones del 70% en los costes de importación de energía. En términos horarios, se observaron reducciones de costes del 44% y 59% bajo diferentes escenarios de variabilidad meteorológica, disponibilidad de energía, curvas de consumo y tarifas, así como diferentes circunstancias externas que afectan a la toma de decisiones operativas de la MG. Además, en lo que respecta al control primario, el mecanismo de seguimiento de energía implementado mostró una mejora del 21,62% en comparación con los métodos clásicos de Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT). Por otra parte, en cuanto a la predicción de variables en las MGs, el modelo predictivo para generación Fotovoltaica (PV) alcanzó un Error Cuadrático Medio (RMSE) de 24.17 W y un coeficiente de correlación de hasta 0.9985, mostrando un fuerte desempeño frente a variaciones de irradiancia.

Considerando lo expuesto, la integración de algoritmos bioinspirados y técnicas de Inteligencia Artificial (AI) predictiva proporcionan un marco eficaz para la gestión inteligente de las MGs renovables híbridas. Los resultados de las diferentes etapas de esta investigación se reflejan en cinco publicaciones científicas diferentes que se detallan en el Capítulo 2 de este documento, donde se explica la metodología y los principales resultados y conclusiones de cada una de ellas.