

TESIS: Multi-objective Control on Inverter-based Microgrids

DOCTORANDO: Oscar Gonzales Zurita

RESUMEN EN CASTELLANO

El aumento en el uso de combustibles fósiles para la generación de energía ha contribuido significativamente a la crisis del calentamiento global. Diferentes lugares alejados de la infraestructura eléctrica emplean generadores a base de gasolina que aumentan la contaminación ambiental. En este contexto, la introducción masiva de microrredes en la sociedad ha traído oportunidades para la generación de energía de forma distribuida, beneficiando a personas en todo el mundo. Por ejemplo, las microrredes pueden brindar electricidad a poblaciones vulnerables que viven en áreas remotas con acceso limitado a infraestructuras de transmisión y distribución. Además, las microrredes promueven el uso de recursos renovables, reduciendo el impacto ambiental en comparación con los métodos tradicionales de generación de electricidad, como las plantas de energía térmica o las instalaciones nucleares. Además, las microrredes permiten la generación de electricidad a pequeña escala, lo que permite que las familias logren la independencia energética y vendan el exceso de energía a la compañía eléctrica local.

Se han analizado diversos beneficios respecto a la amplia implementación de microrredes. Sin embargo, esta adopción también ha generado algunos problemas asociados. Por ejemplo, una gestión eficiente de la energía es crucial en regiones con recursos energéticos limitados. Las microrredes administran la energía a través de dispositivos llamados inversores, que operan mediante algoritmos tradicionales de regulación en lazo cerrado, como el control proporcional-integral (PI). Se ha demostrado que el control PI tiene varias desventajas en comparación con propuestas de control más recientes. Estos inconvenientes incluyen inestabilidad bajo ciertas condiciones de operación, pérdida de precisión en regiones de trabajo no lineales y dificultades para sintonizar adecuadamente el algoritmo, lo que resulta en mayores retardos en el tiempo de respuesta o una menor precisión en el seguimiento del estado estable de la referencia de operación.

Un enfoque prometedor para abordar los problemas de gestión de energía en lazo cerrado en las microrredes es la utilización de algoritmos de control multiobjetivo. Estos algoritmos permiten la optimización simultánea de múltiples objetivos, como la minimización de pérdidas de potencia, la maximización de la eficiencia y la garantía de la estabilidad de voltaje. La implementación de dichos algoritmos en inversores de microrred puede mejorar significativamente el sistema de gestión de energía. Esta tesis explora cómo los algoritmos de control multiobjetivo implementados en inversores de microrred pueden mejorar los problemas de gestión de energía, garantizando operaciones más eficientes y sostenibles. La aplicación de técnicas multi-objetivo a los inversores de las microrredes puede tener varios beneficios. Por ejemplo, optimizar objetivos conflictivos como la reducción del tiempo de respuesta y la minimización del sobrepico puede mejorar en gran medida la señal de voltaje de salida del inversor. Esta optimización mejora el rendimiento, la estabilidad y la confiabilidad del sistema, contribuyendo en última instancia a una gestión de energía más eficiente en las microrredes.

Cualquier inversor en una microrred necesita un algoritmo de control para realizar una regulación en bucle cerrado. En este contexto, el control por modos deslizantes de segundo orden es una estrategia de control robusta que ha ganado atención en las aplicaciones de inversores de microrredes. Mediante el uso de este enfoque, el inversor puede lograr un control preciso y rápido, incluso en presencia de incertidumbres y perturbaciones. El uso de estrategias

de control robustas mejora la estabilidad y el rendimiento general del sistema de microrredes, asegurando una gestión de energía óptima. El proceso de ajuste es esencial para los algoritmos de control en bucle cerrado, ya que modifica la respuesta del controlador para alcanzar los objetivos de control. La optimización por enjambre de partículas (PSO por sus siglas en inglés) es un eficiente algoritmo de optimización empleado en controladores en lazo cerrado que puede resolver de manera efectiva problemas multi-objetivo formulados en una sola función de costo. Los parámetros de control del inversor de la microrred pueden ser optimizados mediante la utilización de PSO para lograr los objetivos deseados, ajustando de manera eficiente una estrategia de control. Para controladores por modos deslizantes, algunas estrategias de ajuste se basan en técnicas heurísticas. La función de costo única resuelve varios problemas en una microrred, pero existen dificultades cuando diferentes objetivos en un proceso no pueden ser mejorados simultáneamente debido a su relación conflictiva.

Estrategias como Algoritmos Genéticos Multi-Objetivo (MOGA por sus siglas en inglés), Evolución Diferencial Multi-Objetivo (MODE por sus siglas en inglés) y Algoritmo Artificial de Ovejas Multi-Objetivo (MOASA por sus siglas en inglés), han demostrado su capacidad para mejorar el rendimiento del inversor mediante la optimización de objetivos conflictivos. Estos algoritmos pueden equilibrar de manera efectiva objetivos como la reducción del tiempo de respuesta y la minimización del sobreimpulso en la señal de salida del inversor. En consecuencia, el rendimiento general y la eficiencia de los inversores de la microrred pueden mejorar. La integración de algoritmos de control multi-objetivo en los inversores de la microrred tiene un gran potencial para abordar los desafíos de gestión de energía y optimizar el rendimiento. Los inversores de la microrred pueden lograr una mayor estabilidad, eficiencia y confiabilidad utilizando técnicas como el control por modos deslizantes de segundo orden y algoritmos de optimización como PSO, MOGA, MODE y MOASA. Al adoptar estos enfoques, se presenta una nueva metodología para un futuro energético más sostenible y resiliente, al tiempo que se mitigan los efectos adversos del calentamiento global causado por el consumo de combustibles fósiles en la generación convencional de energía.