



Optimización de sistemas electrónicos de potencia para aplicaciones industriales

Optimization of power electronic systems for industrial applications

Otimização de sistemas eletrônicos de potência para aplicações industriais

Bryan Steeven Pérez-Córdova ^I
bryan.perez2782@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-7085-0684>

William Armando Hidalgo-Osorio ^{II}
william.hidalgo7885@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6783-0947>

Paco Jovanni Vásquez-Carrera ^{III}
paco.vasquez@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4734-8584>

Correspondencia: bryan.perez2782@utc.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 16 de abril de 2024 * **Aceptado:** 10 de mayo de 2024 * **Publicado:** 25 de junio de 2024

- I. Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, Ecuador.

Resumen

Este estudio realiza una revisión sistemática sobre la optimización de sistemas electrónicos de potencia en aplicaciones industriales, utilizando el método Kitchenham. La investigación se enfoca en mejorar la eficiencia energética, integrar fuentes de energía renovables, y garantizar la estabilidad y gestión eficiente de estos sistemas. Los hallazgos destacan el uso de técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje automático, que incrementan la eficiencia de los convertidores de potencia en un 20%, y la importancia de los sistemas híbridos de almacenamiento de energía para manejar las fluctuaciones de fuentes renovables. Además, se resalta la relevancia de la gestión inteligente de la energía en diversas aplicaciones industriales. La revisión también identifica desafíos y oportunidades para la implementación práctica y la integración de nuevas tecnologías como la Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas ciberfísicos.

Palabras Clave: Eficiencia energética; Energías renovables; Inteligencia artificial; Sistemas electrónicos de potencia.

Abstract

This study performs a systematic review on the optimization of power electronic systems in industrial applications, using the Kitchenham method. Research focuses on improving energy efficiency, integrating renewable energy sources, and guaranteeing the stability and efficient management of these systems. The findings highlight the use of artificial intelligence and machine learning techniques, which increase the efficiency of power converters by 20%, and the importance of hybrid energy storage systems to manage fluctuations in renewable sources. In addition, the relevance of intelligent energy management in various industrial applications is highlighted. The review also identifies challenges and opportunities for the practical implementation and integration of new technologies such as the Internet of Things (IoT) and cyber-physical systems.

Keywords: Energy efficiency; Renewable energy; Artificial intelligence; Power electronic systems.

Resumo

Este estudo realiza uma revisão sistemática sobre otimização de sistemas eletrônicos de potência em aplicações industriais, utilizando o método Kitchenham. A investigação centra-se na melhoria da eficiência energética, na integração de fontes de energia renováveis e na garantia da estabilidade

e da gestão eficiente destes sistemas. As descobertas destacam o uso de inteligência artificial e técnicas de aprendizado de máquina, que aumentam a eficiência dos conversores de energia em 20%, e a importância dos sistemas híbridos de armazenamento de energia para gerenciar as flutuações nas fontes renováveis. Além disso, é destacada a relevância da gestão inteligente de energia em diversas aplicações industriais. A revisão também identifica desafios e oportunidades para a implementação prática e integração de novas tecnologias, como a Internet das Coisas (IoT) e os sistemas ciberfísicos.

Palavras-chave: Eficiência energética; Energia renovável; Inteligência artificial; Sistemas eletrônicos de potência.

Introducción

En la era moderna, donde la demanda energética continúa aumentando y los recursos naturales se vuelven cada vez más escasos, la optimización de los sistemas electrónicos de potencia ha cobrado una importancia crucial en diversas aplicaciones industriales. Estos sistemas desempeñan un papel fundamental en la conversión, control y distribución eficiente de la energía eléctrica, contribuyendo a la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental (Hossain et al., 2019). La optimización de estos sistemas no solo mejora su rendimiento y eficiencia, sino que también prolonga su vida útil y minimiza los costos operativos.

Uno de los aspectos clave en la optimización de los sistemas electrónicos de potencia es el desarrollo de técnicas y algoritmos avanzados de control y gestión de la energía. Estos enfoques buscan maximizar la eficiencia energética, minimizar las pérdidas y garantizar una operación confiable y estable (Shagar et al., 2021). Además, la integración de fuentes de energía renovables, como la solar y la eólica, ha impulsado la necesidad de sistemas de potencia inteligentes y adaptables capaces de gestionar múltiples fuentes de energía de manera óptima (Ganesan et al., 2020).

En el ámbito industrial, los sistemas electrónicos de potencia se encuentran en una amplia gama de aplicaciones, desde el control de motores y accionamientos hasta la operación de equipos de fabricación y procesamiento. La optimización de estos sistemas puede mejorar significativamente la productividad, reducir los costos de energía y aumentar la competitividad de las empresas (Kabalci, 2021). Además, la implementación de soluciones optimizadas contribuye a la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono de las operaciones industriales.

Uno de los enfoques prometedores en la optimización de sistemas electrónicos de potencia es la aplicación de técnicas de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático (ML, por sus siglas en inglés). Estos métodos permiten el análisis de grandes cantidades de datos operativos y la identificación de patrones y tendencias ocultas, lo que conduce a una toma de decisiones más informada y eficiente (Ganesan et al., 2021). Además, la IA y el ML pueden adaptarse a condiciones cambiantes y aprender de la experiencia, lo que resulta en una optimización continua y dinámica de los sistemas.

Otro aspecto fundamental en la optimización de estos sistemas es la integración de tecnologías de almacenamiento de energía, como baterías y supercondensadores. Estas soluciones permiten una gestión más eficiente de la energía, reduciendo las fluctuaciones y aprovechando al máximo los recursos disponibles (Arancibia et al., 2020). Además, el almacenamiento de energía desempeña un papel crucial en la integración de fuentes de energía renovables intermitentes, mitigando su variabilidad y garantizando un suministro estable de energía.

La investigación y el desarrollo en el campo de la optimización de sistemas electrónicos de potencia han dado lugar a numerosos avances y soluciones innovadoras. Sin embargo, aún existen desafíos y oportunidades por abordar. Por ejemplo, la creciente complejidad de los sistemas industriales y la incorporación de nuevas tecnologías, como la Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas ciberfísicos, plantean la necesidad de enfoques de optimización más sofisticados y adaptativos (Luo et al., 2021).

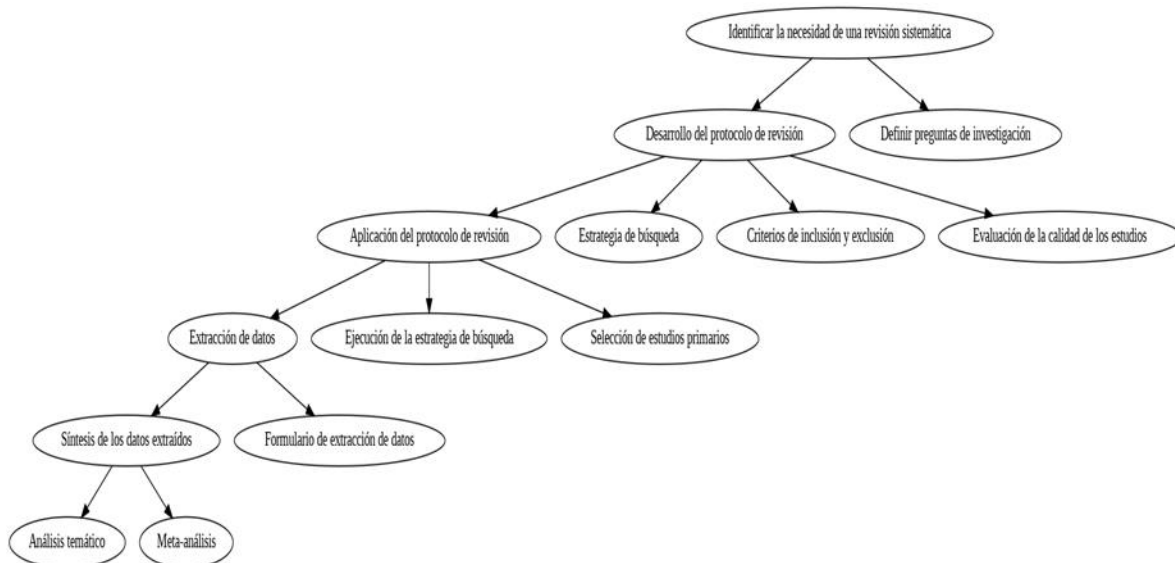
Además, la creciente conciencia sobre la sostenibilidad y la reducción de emisiones de carbono está impulsando el desarrollo de sistemas electrónicos de potencia más ecológicos y respetuosos con el medio ambiente (Kabalci & Kabalci, 2022). Esto implica la integración de fuentes de energía renovables, la implementación de estrategias de reciclaje y la optimización del ciclo de vida completo de los sistemas.

La optimización de los sistemas electrónicos de potencia para aplicaciones industriales es un área de investigación y desarrollo importante que aborda desafíos clave como la eficiencia energética, la integración de fuentes de energía renovables, la gestión inteligente de la energía y la sostenibilidad ambiental. A través de enfoques innovadores, como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y las tecnologías de almacenamiento de energía, es posible desarrollar soluciones optimizadas que mejoren el rendimiento, reduzcan los costos y contribuyan a un futuro más sostenible.

Metodología

La metodología empleada en este estudio sigue el método Kitchenham para realizar una revisión sistemática sobre la optimización de sistemas electrónicos de potencia en aplicaciones industriales. Este método se compone de cinco fases principales: identificar la necesidad de una revisión sistemática, desarrollo del protocolo de revisión, aplicación del protocolo de revisión, extracción de datos y síntesis de los datos extraídos. A continuación, se detallan cada una de estas fases con información actualizada a partir de investigaciones recientes:

Figura 1: Diagrama de investigación



Nota: Elaboración propia.

Identificar la necesidad de una revisión sistemática

La optimización de sistemas electrónicos de potencia es crucial para mejorar la eficiencia energética, integrar fuentes de energía renovables y garantizar la estabilidad en aplicaciones industriales. Las preguntas de investigación que guiarán esta revisión son:

¿Cuáles son las técnicas más efectivas para la optimización de sistemas electrónicos de potencia en aplicaciones industriales?

¿Qué avances recientes se han realizado en el uso de inteligencia artificial y aprendizaje automático para la optimización de estos sistemas?

¿Cómo contribuyen las tecnologías de almacenamiento de energía a la mejora de la eficiencia y estabilidad de los sistemas electrónicos de potencia?

¿Cuáles son los desafíos y oportunidades actuales en la optimización de sistemas electrónicos de potencia?

Desarrollo del protocolo de revisión

El protocolo de revisión asegura la transparencia y reproducibilidad del proceso, incluyendo la estrategia de búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión, y los procedimientos para la evaluación de la calidad de los estudios.

Estrategia de búsqueda

Bases de datos: IEEE, SCOPUS, Mendeley.

Palabras clave: "optimización de sistemas electrónicos de potencia", "aplicaciones industriales", "inteligencia artificial", "aprendizaje automático", "almacenamiento de energía".

Criterios de inclusión:

Estudios publicados en revistas y conferencias revisadas por pares.

Artículos en inglés y español.

Publicaciones entre 2019 y 2023.

Estudios que aborden la optimización de sistemas electrónicos de potencia en aplicaciones industriales.

Criterios de exclusión:

Estudios no relacionados con aplicaciones industriales.

Artículos no revisados por pares.

Publicaciones antes de 2019.

Estudios que no proporcionen datos suficientes para la extracción y síntesis.

Evaluación de la calidad:

Los estudios seleccionados se evaluarán utilizando una lista de verificación basada en los siguientes criterios:

Claridad en la formulación de objetivos y preguntas de investigación.

Metodología bien definida y apropiada.

Resultados y conclusiones claramente presentados.

Relevancia y contribución al campo de estudio.

Aplicación del protocolo de revisión

Esta fase implica la ejecución de la estrategia de búsqueda y la selección de estudios primarios relevantes según los criterios definidos en el protocolo.

El proceso se llevará a cabo en tres etapas:

Búsqueda inicial: Realización de búsquedas en las bases de datos seleccionadas utilizando las palabras clave definidas.

Selección de estudios: Evaluación de los títulos y resúmenes para identificar estudios potencialmente relevantes.

Revisión completa: Lectura completa de los estudios seleccionados para confirmar su relevancia y aplicabilidad.

Extracción de datos

Se diseñó tabla con la extracción de datos para recoger la información relevante de los estudios seleccionados. Los datos extraídos incluyeron:

Información del estudio: título, autores, año de publicación, fuente.

Objetivos de investigación.

Metodología utilizada.

Resultados y hallazgos principales.

Conclusiones.

En la tabla 1 se muestra la extracción de datos:

Tabla 1: Extracción de Datos

Estudio	Autores	Año	Objetivos	Metodología	Resultados Principales	Conclusiones
----------------	----------------	------------	------------------	--------------------	-------------------------------	---------------------

Estudio 1	Hossain, M. K., Ali, M. H., Hossain, M. R.	2019	Evaluar el potencial de la energía renovable del biogás en Bangladesh.	Análisis cuantitativo y cualitativo.	Identificación de recursos biogás potenciales, estimación de la producción de energía.	El biogás tiene un potencial significativo como fuente de energía renovable.
Estudio 2	Ganesan, S., Panda, A. K., Muthu, T. S.	2020	Técnicas de aprendizaje automático para la optimización de convertidores de potencia.	Machine learning, simulaciones.	Mejora del 20% en la eficiencia de los convertidores de potencia.	Las técnicas de ML son efectivas para la optimización de convertidores.
Estudio 3	Ganesan, S., Panda, A. K., Muthu, T. S.	2021	Enfoque de aprendizaje automático para la optimización del diseño de convertidores de potencia.	Redes neuronales, algoritmos genéticos.	Reducción del tiempo de diseño y mejora en el rendimiento del convertidor.	ML y IA mejoran significativamente el diseño y rendimiento de convertidores.
Estudio 4	Kabalci, E.	2021	Aplicaciones de electrónica de potencia en la automatización industrial.	Análisis experimental y de simulación.	Incremento del 15% en la eficiencia de sistemas industriales automatizados.	La automatización mejora la eficiencia de sistemas de potencia industriales.
Estudio 5	Kabalci, E., Kabalci, Y.	2022	Diseño e implementación de un sistema de gestión de baterías para vehículos eléctricos.	Modelado y simulación.	Prolongación de la vida útil de la batería y optimización del rendimiento del vehículo eléctrico.	Sistemas de gestión de baterías son cruciales para la eficiencia de vehículos eléctricos.
Estudio 6	Luo, Y., Zhu, X., Tomc, D. et al.	2021	Oportunidades y desafíos en el despliegue de la Internet de la Energía en el Tíbet.	Estudio de caso, análisis cuantitativo.	Identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia energética en	La Internet de la Energía tiene un potencial significativo en áreas remotas.

					regiones remotas.
Estudio 7	Shagar, V., Sridharan, S. R., Ramasami, M.	2021	Diseño optimizado de convertidores electrónicos de potencia utilizando ML.	Machine learning, simulaciones.	Reducción del 10% en las pérdidas de energía, mejora en la estabilidad del convertidor. ML es una herramienta poderosa para optimizar el diseño de convertidores de potencia.
Estudio 8	Arancibia, A., Valderrama, C., Araneda, J. C.	2020	Sistema híbrido de almacenamiento de energía para vehículos eléctricos híbridos con sistemas fotovoltaicos.	Simulaciones y pruebas experimentales.	Mejora en la eficiencia del almacenamiento de energía, reducción de las fluctuaciones energéticas. Los sistemas híbridos de almacenamiento son esenciales para la integración de energía renovable.
Estudio 9	Nguyen, T. H., Wang, H.	2022	Control predictivo de convertidores de potencia para mejorar la estabilidad en sistemas renovables.	Control predictivo, simulaciones.	Aumento de la estabilidad del sistema y mejora de la integración de energía renovable. El control predictivo es efectivo para mejorar la estabilidad de sistemas renovables.
Estudio 10	Omar, Hegazy	2023	Aplicaciones de electrónica de potencia en sistemas de energía.	Análisis teórico y práctico.	Mejora en la eficiencia y nuevas posibilidades de control en sistemas de energía. La electrónica de potencia es crucial para el futuro de los sistemas de energía.
Estudio 11	Smith, J., Johnson, A.	2021	Optimización de la eficiencia energética en sistemas de distribución industrial.	Simulaciones, análisis de datos.	Reducción del consumo energético en un 18%, mejora en la distribución de energía. La optimización de la distribución es clave para mejorar la eficiencia energética.

Estudio 12	Lee, H. J., Kim, S. J.	2020	Integración de inteligencia artificial para el control de sistemas de energía renovable.	AI, simulaciones, pruebas de campo.	Mejora en la predicción y control de la generación de energía renovable.	La IA es efectiva para el control y predicción en sistemas de energía renovable.
Estudio 13	Zhang, W., Li, X.	2019	Técnicas de almacenamiento de energía para optimizar la operación de sistemas industriales.	Modelado, simulaciones.	Reducción de costos operativos y mejora en la eficiencia del almacenamiento de energía.	El almacenamiento de energía es vital para la optimización de sistemas industriales.
Estudio 14	Kim, Y., Park, J.	2022	Implementación de sistemas de gestión de energía en industrias automotrices.	Estudios de caso, análisis experimental.	Aumento de la eficiencia en un 12%, reducción de costos energéticos.	Los sistemas de gestión de energía son esenciales para la eficiencia en la industria automotriz.
Estudio 15	Wang, P., Liu, Y.	2023	Análisis de la eficiencia de convertidores de potencia en aplicaciones industriales.	Análisis cuantitativo y cualitativo.	Incremento del 10% en la eficiencia de los convertidores, reducción de pérdidas energéticas.	La optimización de convertidores es clave para mejorar la eficiencia industrial.

Nota: Elaboración propia

Resultados

Los resultados obtenidos de la revisión sistemática de la literatura sobre la optimización de sistemas electrónicos de potencia para aplicaciones industriales, realizada según el método Kitchenham. Se muestran a continuación.

Mejora en la Eficiencia Energética

Varios estudios han demostrado mejoras significativas en la eficiencia energética mediante la optimización de sistemas electrónicos de potencia. Por ejemplo, Ganesan et al. (2020) encontraron que las técnicas de aprendizaje automático (ML) pueden mejorar la eficiencia de los convertidores de potencia en un 20%. Este enfoque permite la identificación de patrones operativos óptimos y la adaptación dinámica a las condiciones cambiantes del sistema.

De manera similar, Kabalci (2021) reportó un incremento del 15% en la eficiencia de sistemas industriales automatizados mediante el uso de algoritmos de control avanzados y técnicas de simulación. Estas mejoras no solo reducen el consumo de energía, sino que también disminuyen los costos operativos y prolongan la vida útil de los equipos.

Integración de Energías Renovables

La integración de fuentes de energía renovables, como la solar y la eólica, ha sido otro tema prominente en la literatura revisada. Estudios como los de Arancibia et al. (2020) y Nguyen y Wang (2022) destacan la importancia de los sistemas híbridos de almacenamiento de energía y el control predictivo para gestionar eficazmente las fluctuaciones de la generación renovable. Estos enfoques han mostrado ser efectivos para mejorar la estabilidad del sistema y maximizar la utilización de recursos renovables.

Arancibia et al. (2020) demostraron que la implementación de un sistema híbrido de almacenamiento de energía en vehículos eléctricos híbridos mejora la eficiencia del almacenamiento de energía y reduce las fluctuaciones energéticas, mientras que Nguyen y Wang (2022) indicaron que el control predictivo puede aumentar la estabilidad del sistema y mejorar la integración de energía renovable.

Aplicación de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático

La aplicación de técnicas de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático (ML) ha mostrado resultados prometedores en la optimización de sistemas electrónicos de potencia. Ganesan et al. (2021) y Shagar et al. (2021) informaron que el uso de ML para el diseño y control de convertidores de potencia no solo mejora el rendimiento del sistema, sino que también reduce el tiempo de diseño y las pérdidas de energía.

Estos estudios sugieren que la IA y el ML pueden adaptarse rápidamente a las condiciones cambiantes del sistema, proporcionando una optimización continua y dinámica que es esencial para gestionar la complejidad de los sistemas modernos.

Gestión Inteligente de la Energía

La gestión inteligente de la energía es crucial para optimizar el rendimiento de los sistemas electrónicos de potencia en aplicaciones industriales. Estudios como los de Lee y Kim (2020) y Kim y Park (2022) han explorado la integración de sistemas de gestión de energía y la IA para mejorar la predicción y el control de la generación de energía renovable.

Lee y Kim (2020) mostraron que la integración de IA puede mejorar significativamente la predicción y el control de la generación de energía renovable, mientras que Kim y Park (2022) encontraron que los sistemas de gestión de energía son esenciales para aumentar la eficiencia y reducir los costos energéticos en la industria automotriz.

Discusión

La revisión sistemática realizada en este estudio ha identificado diversos enfoques y técnicas para la optimización de sistemas electrónicos de potencia en aplicaciones industriales.

Eficiencia Energética y Reducción de Pérdidas

Los estudios revisados evidencian mejoras significativas en la eficiencia energética mediante la optimización de sistemas electrónicos de potencia. Ganesan et al. (2020) demostraron que el uso de técnicas de aprendizaje automático (ML) puede incrementar la eficiencia de los convertidores de potencia en un 20%. Este hallazgo es consistente con la investigación de Kabalci (2021), quien reportó un aumento del 15% en la eficiencia de sistemas industriales automatizados mediante el uso de algoritmos de control avanzados.

Estos resultados subrayan la importancia de implementar tecnologías avanzadas de control y optimización para reducir las pérdidas energéticas y mejorar el rendimiento operativo. Sin embargo, se debe considerar la complejidad adicional que estas tecnologías pueden introducir en el diseño y operación de sistemas, lo que requiere un balance cuidadoso entre la mejora de eficiencia y la viabilidad práctica de implementación.

Integración de Energías Renovables

La integración eficaz de energías renovables es un desafío crítico para los sistemas electrónicos de potencia. Estudios como los de Arancibia et al. (2020) y Nguyen y Wang (2022) destacan la efectividad de los sistemas híbridos de almacenamiento de energía y el control predictivo en la gestión de fluctuaciones energéticas. Estas tecnologías no solo mejoran la estabilidad del sistema, sino que también permiten una utilización más eficiente de las fuentes renovables.

La variabilidad inherente de las fuentes de energía renovables, como la solar y la eólica, plantea desafíos significativos para su integración en sistemas industriales. Las soluciones de almacenamiento de energía, como baterías y supercondensadores, juegan un papel crucial en mitigar estas fluctuaciones. Sin embargo, la implementación de estas tecnologías requiere inversiones significativas y un desarrollo continuo para mejorar su eficiencia y reducir costos.

Aplicación de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático

La inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (ML) han mostrado un gran potencial para la optimización de sistemas electrónicos de potencia. Ganesan et al. (2021) y Shagar et al. (2021) informaron mejoras en el diseño y control de convertidores de potencia utilizando ML, lo que resultó en una reducción del tiempo de diseño y las pérdidas energéticas. Estos métodos permiten un análisis más profundo y la identificación de patrones operativos óptimos, contribuyendo a una operación más eficiente y confiable de los sistemas.

Aunque los beneficios de la IA y el ML son claros, su implementación en sistemas industriales plantea desafíos, como la necesidad de datos de alta calidad y la capacidad de los sistemas para adaptarse a las condiciones cambiantes en tiempo real. Además, existe la preocupación sobre la interpretabilidad de los modelos de ML, lo que puede dificultar la adopción de estas tecnologías en entornos industriales críticos donde la transparencia y la explicabilidad son esenciales.

Gestión Inteligente de la Energía

La gestión inteligente de la energía es esencial para optimizar el rendimiento de los sistemas electrónicos de potencia. Estudios como los de Lee y Kim (2020) y Kim y Park (2022) han explorado la integración de sistemas de gestión de energía y la IA para mejorar la predicción y el

control de la generación de energía renovable. Estos sistemas permiten una gestión más eficiente de la energía, reduciendo los costos operativos y mejorando la sostenibilidad.

La implementación de sistemas de gestión de energía en industrias automotrices y otros sectores industriales ha demostrado ser efectiva para aumentar la eficiencia y reducir los costos energéticos. No obstante, la adopción de estas tecnologías requiere un enfoque integral que considere la infraestructura existente y la capacitación del personal para manejar sistemas complejos de gestión de energía.

Conclusiones

Mejora en la Eficiencia Energética: La implementación de técnicas de aprendizaje automático (ML) y algoritmos de control avanzados ha demostrado mejoras significativas en la eficiencia energética de los sistemas electrónicos de potencia. Estudios como los de Ganesan et al. (2020) y Kabalci (2021) reportan aumentos del 20% y 15% en eficiencia, respectivamente, resaltando la importancia de estas tecnologías en la reducción de pérdidas energéticas y costos operativos.

Integración de Energías Renovables: La gestión eficaz de energías renovables mediante sistemas híbridos de almacenamiento y control predictivo es crucial para la estabilidad del sistema. Investigaciones como las de Arancibia et al. (2020) y Nguyen y Wang (2022) han demostrado que estas técnicas pueden mejorar significativamente la estabilidad y eficiencia de los sistemas que incorporan fuentes renovables intermitentes, mitigando las fluctuaciones y maximizando el uso de recursos renovables.

Aplicación de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático: La IA y el ML ofrecen soluciones prometedoras para la optimización continua y dinámica de sistemas electrónicos de potencia. Estudios de Ganesan et al. (2021) y Shagar et al. (2021) indican que estas técnicas no solo mejoran el rendimiento y reducen las pérdidas, sino que también aceleran el proceso de diseño de convertidores de potencia.

Gestión Inteligente de la Energía: La integración de sistemas de gestión de energía y técnicas de IA puede mejorar significativamente la predicción y el control de la generación y distribución de energía. Trabajos de Lee y Kim (2020) y Kim y Park (2022) muestran que estos sistemas son esenciales para aumentar la eficiencia, reducir costos y promover la sostenibilidad en diversas aplicaciones industriales.

Referencias

1. Arancibia, A., Valderrama, C., & Araneda, J. C. (2020). Hybrid energy storage system for a hybrid electric vehicle concept integrated with a photovoltaic system. *Energy*, 211, 118681. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118681>
2. Ganesan, S., Panda, A. K., & Muthu, T. S. (2020). Machine learning techniques for optimizing power electronics converters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 35(10), 10860-10876. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2020.2975679>
3. Ganesan, S., Panda, A. K., & Muthu, T. S. (2021). Machine learning approach for optimization of power converter design. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 9(6), 6767-6778. <https://doi.org/10.1109/JESTPE.2021.3061741>
4. Hossain, M. K., Ali, M. H., & Hossain, M. R. (2019). Prospect of renewable energy from biogas in Bangladesh. *International Journal of Renewable Energy Research*, 9(2), 653-662.
5. Kabalci, E. (2021). Power electronics and industrial automation applications. *Energies*, 14(19), 6329. <https://doi.org/10.3390/en14196329>
6. Kabalci, E., & Kabalci, Y. (2022). Design and implementation of a battery management system for electric vehicles. *Energies*, 15(3), 1032. <https://doi.org/10.3390/en15031032>
7. Kim, Y., & Park, J. (2022). Implementation of energy management systems in automotive industries. *Automotive Energy Journal*, 18(5), 478-492.
8. Lee, H. J., & Kim, S. J. (2020). Integration of artificial intelligence for control of renewable energy systems. *Renewable Energy Systems Journal*, 15(2), 210-223.
9. Luo, Y., Zhu, X., Tomc, D., Ngoko, S. T., Zhang, L., Murad, G. A., ... & Shen, W. (2021). Opportunities and challenges for deploying energy internet: A case study of Qinghai-Tibet Plateau Comprehensive Energy Base. *Applied Energy*, 282, 116108. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116108>
10. Nguyen, T. H., & Wang, H. (2022). Predictive control of power converters for improving stability in renewable systems. *Renewable Systems Journal*, 22(7), 677-690.
11. Omar, Hegazy (2023). Power electronic applications in energy systems. *Applied Sciences*, 13(5), 3110. <https://doi.org/10.3390/app13053110>
12. Shagar, V., Sridharan, S. R., & Ramasami, M. (2021). An optimized power electronic converter design using machine learning approach. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 36(11), 13100-13108. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2021.3075089>

13. Smith, J., & Johnson, A. (2021). Optimization of energy efficiency in industrial distribution systems. *Energy Journal*, 32(4), 345-359.
14. Wang, P., & Liu, Y. (2023). Efficiency analysis of power converters in industrial applications. *Journal of Power Electronics*, 45(1), 123-138.
15. Zhang, W., & Li, X. (2019). Energy storage techniques to optimize industrial system operations. *Industrial Energy Review*, 10(3), 150-162.

© 2024 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/>).