

# ABSTRACT

The photovoltaic (PV) system efficiency is improved in this research work in two steps. First, the power conversion efficiency of the PV interfacing circuits is improved through a novel adaptive control scheme. The latter targets the combined features of high energy efficiency and power quality. The switching frequency of the employed converters is optimally modulated as a function of solar irradiance. A search algorithm is developed to determine the optimal switching frequency step. For a uniform and high power quality, interleaved converter cells are adaptively activated. Experimental results show the high overall system efficiency and power quality.

Second, the PV system control algorithms are improved. Under mismatch, accurate maximum power point (MPP) tracking and efficient output voltage regulation (OVR) are challenging. The novel MPP tracking algorithm proposed here realizes fast and accurate MPP tracking without periodic scanning or oscillations. For OVR, the algorithm reduces the power losses through effective allocation of the PV operating point. The experiments show high tracking efficiencies and efficient voltage regulation with reduced power losses.

For effective integration, the targeted DC microgrid is investigated. A generic form of the DC bus is analyzed. Then, a small signal model of the entire DC microgrid is developed. From the generic model, a closed form sufficient stability condition is determined. Then, a novel stabilization technique utilizing a virtual shunt resistor is developed. Simulation results show the accuracy of the stability condition and the effectiveness of the stabilization technique. Thanks to the developed methodologies, targets of PV system efficiency improvement and smart integration into DC microgrids are fulfilled.

# ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel dieser Forschungsarbeit ist die Verbesserung des Wirkungsgrads vom PV-System. Zuerst werden die Verluste an der leistungselektronischen Schnittstelle zur PV-Quelle durch ein neuartiges Regelungsschema reduziert. Das adaptive Schema erzielt höhere Energieeffizienz und Leistungsqualität. Dies wird durch die Modulation der Schaltfrequenz vom Umrichter in Abhängigkeit der Sonneneinstrahlung realisiert. Ein Algorithmus zur Bestimmung der optimalen Schaltfrequenzen wird entwickelt. Die verbesserte Leistungsqualität wird durch eine neu entwickelte adaptive Topologie vom Umrichter erreicht. Die Experimente zeigen eine verbesserte Gesamteffizienz und Leistungsqualität des PV-Systems.

Anschließend werden zur Verbesserung der Reglereffizienz Steuerungsalgorithmen zur PV-Integration weiterentwickelt. Bei teilweiser Verschattung stellen die Algorithmen von maximalen Leistungspunkt-Suchmodus (MPP tracking) und Ausgangsspannungsregelungsmodus (OVR) eine Herausforderung dar. Es wird ein schnelles und genaues MPP tracking realisiert. Der entwickelte Algorithmus zur OVR berechnet den optimalen Betriebspunkt des PV-Moduls zur Verminderung der Verluste und des Wärmestaus im Umrichter. Die effiziente Spannungsregelung und Verlustminimierung werden durch Experimente nachgewiesen.

Als letztes wird die generische Modellierung eines DC-Netzes analysiert. Es wird eine allgemeine Bedingung zur Stabilität bestimmt. Darauf aufbauend wird eine neuartige Stabilisierungstechnik basierend auf einem virtuellen Widerstand entwickelt. Die Genauigkeit der Stabilitätsbedingung und die Wirksamkeit der Stabilisierungstechnik werden durch Simulationen nachgewiesen. Dank der entwickelten Methoden sind die Ziele verbesserter Effizienz und intelligenter Integration der PV-Systeme in DC-Netzen erfüllt.