

Entwicklung eines programmierbaren PV-Kennliniengenerators

Studiengang: BSc in Elektrotechnik und Informationstechnologie
Vertiefung: Embedded Systems
Betreuer: Prof. Dr. Christof Bucher

Der entwickelte Photovoltaik-Modul-Simulator (PVMS) ist eine flexibel einsetzbare Testplattform zur Nachbildung des elektrischen Verhaltens von Solarmodulen unter kontrollierten Bedingungen. Durch die Kombination aus leistungsfähiger Hardware und netzwerkbasierter Fernsteuerung ermöglicht das System die realitätsnahe Simulation verschiedenster Szenarien, etwa für die Entwicklung und Prüfung von MPPT-Algorithmen oder Wechselrichtern, unabhängig von Wetter oder Tageszeit.

Ausgangslage

In der Entwicklung moderner Photovoltaiksysteme, insbesondere von Wechselrichtern und MPPT-Regelungen (Maximum Power Point Tracking), besteht ein wachsender Bedarf an zuverlässigen Testbedingungen. Herkömmliche Freifeldtests unterliegen natürlichen Schwankungen wie Witterung, Sonnenstand oder Verschattung, was die Vergleichbarkeit von Messergebnissen stark einschränkt. Um reproduzierbare, präzise und unabhängig von Umwelteinflüssen durchführbare Tests zu ermöglichen, ist eine Laborumgebung erforderlich.

Ziel

In diesem Projekt wird ein lokal und remote steuerbarer Photovoltaik-Modul-Simulator (PVMS) entwickelt, der das Verhalten realer Solarmodule unter variablen Bedingungen präzise nachbildet. Vergleichbare Geräte sind am Markt erhältlich, nutzen jedoch meist getaktete Endstufen und erreichen nicht die hier erzielte Dynamik und Genauigkeit.



PVMS (Photovoltaik-Modul-Simulator)

Vorgehen

Die Architektur des PVMS basiert auf einer leistungsstarken Steuerplatine mit einem STM32H757BIT6-Mikrocontroller und einem Raspberry Pi Zero 2, ergänzt durch eine präzise regelbare lineare Stromquelle. Die Kommunikation erfolgt über eine robuste SPI-Schnittstelle. Die IV-Kennlinien von Solarmodulen werden im NOR-Flash-Speicher abgelegt und über einen 25-Bit-Adressraum dynamisch adressiert. Durch die digitalisierte Eingangsspannung wird eine direkte Spannungs-Strom-Zuordnung generiert, die Echtzeitbedingungen ermöglicht. Die Daten werden über einen DAC an einen geschlossenen Regelkreis ausgegeben, der die Stromquelle entsprechend anpasst. Zudem wird ein hybrides Bussystem mit umschaltbarer Speicheradressierung entwickelt, das sowohl schnellen Kennlinienwechsel als auch effiziente Speicherbeschriftung erlaubt. Die Systemüberwachung erfolgt über interne ADCs, die kontinuierlich Spannungs- und Stromwerte erfassen und visualisieren.

Ergebnisse

Der entwickelte PVMS bietet eine maximale Ausgangsspannung von 60 V und eine Stromabgabe bis 20 A, ausreichend für ein breites Spektrum an Test- und Entwicklungsanwendungen. Bis zu 8'192 IV-Kennlinien können gespeichert und sowohl unter statischen als auch dynamischen Bedingungen, wie z. B. veränderlicher Einstrahlung oder teilweiser Verschattung, simuliert werden. Durch die lineare Stromquelle wird ein extrem schnelles Ansprechverhalten mit minimalem Ripple erreicht, ideal für empfindliche Prüfobjekte. Die Bedienung erfolgt sowohl manuell über die Frontschnittstelle als auch fernbedient über ein grafisches Interface. Damit stellt der PVMS eine hochpräzise, flexibel konfigurierbare und robust aufgebaute Testplattform dar.



Nicola Borgna



Simon Remo Fiechter