

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Anwendung von MPPT-Methoden aus der Photovoltaik hinsichtlich ihrer Eignung für zwei unterschiedliche TEG-Module, ein kommerzielles und ein neuartiges, miteinander verglichen und getestet.

Zunächst wurden die beiden Algorithmen „Methode der konstanten Spannung“ und „Methode der Lastsprünge“ durch eine Simulation am TEG-Modul für die Anwendungen am kommerziellen TEG-Modul und am neuartigen oxidkeramischen TEG-Modul optimiert. Hier ist zum einen auf die Dimensionierung der Bauteile zu achten. So wurde für jeweils beide TEG-Module ein Aufwärtswandler konzipiert, der als Stellglied für die Suche des MPP dient. Der Aufwärtswandler wurde dazu zunächst stationär, das heißt ohne den MPPT-Algorithmus und mit einer konstanten Pulsweite, simuliert. Für die TEG-Module wurde hierbei zur Vereinfachung ein Ersatzschaltbild verwendet. Eine weitere Herausforderung war die Wahl des richtigen Algorithmus mit den richtigen Schrittweiten, welche in die Simulation durch Variation bestimmt werden konnten.

Anschließend wurde die Methode der konstanten Spannung als Hardware realisiert, da die Vorteile gegenüber der Methode der Lastsprünge im Anwendungsbereich der Thermoelektrizität überwiegen. So ist beim Algorithmus der konstanten Spannung keine Strommessung erforderlich. Zudem ist ein exaktes Tracking des MPPs möglich, wohingegen bei der Methode der Lastsprünge die Spannung um den MPP oszilliert. Der Aufwärtswandler wurde hierzu auf einer Lochplatine aufgebaut.

In der Schaltung ist es möglich, das Tracking auch bei geringen Spannungen und Strömen durchzuführen, da alle Hardware-Komponenten in dem Sinne ausgewählt wurden, so wenige Verluste wie möglich zu erzeugen. Zudem wurde die Diode im Aufwärtswandler mit einem MOSFET ersetzt, der nun alternierend zum regulären MOSFET schaltet und einen sehr geringen Innenwiderstand besitzt. In dieser Arbeit war es noch nicht machbar, das MPP-Tracking am oxidkeramischen TEG-Modul durchzuführen, da die generierte Spannung der Thermoelemente noch zu gering war. Allerdings zeigen die Simulationen, in denen auch mit Verlustleistungen gerechnet wird, dass eine Leistungsoptimierung nach der Methode der konstanten Spannung am neuartigen TEG-Modul durchaus möglich ist.

Zur Steuerung des Aufwärtswandlers wurde im Hardware-Aufbau das Mikrocontroller-Board Arduino Uno verwendet, welches eine externe Spannungsversorgung von 5 V benötigt. Der Algorithmus der Methode der konstanten Spannung wurde mit der Software Arduino in der Programmiersprache C entwickelt. Mit dem so konzipierten Aufbau war es anschließend möglich, ein verlässliches Tracking des MPP durchzuführen.

Bei der Simulation und der Durchführung des MPP-Trackings mit der Hardware, wurden die Komponenten der Schaltung dimensioniert und der Tracking-Algorithmus optimiert. Neben diesen Zielsetzungen ist es allerdings auch erforderlich, darauf zu achten, dass das TEG-Modul am Ende mehr Energie bereitstellen sollte als zu verbrauchen. Der in der Arbeit verwendete Mikrocontroller benötigt zum Beispiel eine Betriebsspannung von 5 V. Wird nun das Tracking-System für das kommerzielle TEG-Modul verwendet, werden mindestens 35 TEG-Module zur Versorgung des Mikrocontrollers benötigt, wobei dann die gesamte Energie durch das MPP-Tracking verbraucht wird. Ein Ansatz zur Verringerung der benötigten Energie durch das Tracking-System ist die Verwendung eines Low-Power-Mikrocontrollers, der mit einer Spannung im Millivolt-Bereich arbeiten kann.

Spannungsbegrenzend sind in dieser Anwendung allerdings immer die MOSFETs, die eine bestimmte Spannung zum Schalten benötigen.

Eine weitere Anwendung für das TEG-Modul ist, statt der direkten Energieabnahme, das Laden eines Energiespeichers. Anstatt einem Lastwiderstand, an dem die erzeugte Energie abfällt, kann ein TEG zur direkten Ladung einer Batterie dienen. Hierzu kann in einer weiterführenden Arbeit der Ladezyklus einer Batterie modelliert werden und das Verhalten der Tracking-Methode in diesem Anwendungsfall untersucht werden.