Thema (Arbeitstitel): Entwicklung und experimentelle Validierung eines hybriden Energiemanagementsystems zur laserunterstützten Verlängerung der Betriebsdauer eines Lasersensors auf der Drohne

Technische Punkte der Aufgabenstellung

Die drahtlose Energieübertragung ist ein vielversprechender Ansatz für Anwendungen, bei denen eine konventionelle Energieversorgung nur eingeschränkt oder schwer realisierbar ist. Gleichzeitig hat die Entwicklung unbemannter Flugsysteme (UAVs) neue Einsatzmöglichkeiten für Sensor- und Messsysteme geschaffen, beispielsweise bei der Überwachung von Bauwerken oder bei Einsätzen in schwer zugänglichen Bereichen.

Eine wesentliche Einschränkung solcher fliegenden Plattformen ist die begrenzte verfügbare Energie. Die Kapazität der mitgeführten Batterie beeinflusst unmittelbar die mögliche Flug-, Mess- und Einsatzdauer. Eine zusätzliche drahtlose Energieversorgung kann daher dazu beitragen, die Hauptbatterie während des Betriebs zu entlasten und die verfügbare Messzeit zu verlängern.

Eine Möglichkeit hierfür ist die optische Energieübertragung mittels Laserstrahlung. Die einfallende Laserleistung wird dabei durch Photovoltaikzellen bzw. ein Photovoltaikmodul in elektrische Energie umgewandelt. Die tatsächlich nutzbare elektrische Leistung hängt unter anderem von der optischen Eingangsleistung, der Bestrahlungsstärke und -verteilung, dem verwendeten Photovoltaikmodul sowie dessen Arbeitspunkt und Wirkungsgrad ab.
Im Rahmen dieser Arbeit soll ein System für den Empfang, die Speicherung und das Management der durch ein Photovoltaikmodul aus Laserstrahlung gewonnenen elektrischen Energie entwickelt und untersucht werden.

Das Speicherkonzept besteht aus zwei Energiespeichern: einem Hauptenergiespeicher und einem sekundären Speicher für die optisch gewonnene Energie. Ein Energiemanagementsystem soll die Versorgung der Last so steuern, dass die aus der Laserenergie gewonnene und gespeicherte Energie möglichst vorrangig genutzt wird. Unterschreitet der sekundäre Speicher einen definierten Energie- bzw. Ladezustand, soll auf den Hauptenergiespeicher umgeschaltet werden. Dabei soll untersucht werden, wie eine möglichst unterbrechungsfreie Versorgung der Last realisiert werden kann.

Anschließend soll die Umwandlung der Laserenergie unter definierten Betriebsbedingungen experimentell untersucht werden. Dabei sollen insbesondere die verfügbare elektrische Leistung, Spannung und Strom sowie der Wirkungsgrad der Energieumwandlung charakterisiert werden.

Ziele des Systems sind die maximale Nutzung der optisch übertragenen Energie, die Entlastung der Hauptbatterie und damit die Verlängerung der verfügbaren Mess- bzw. Betriebszeit.

Aufgabenstellung

1. Literaturrecherche und theoretische Grundlagen

Im Rahmen einer Literaturrecherche soll der aktuelle Stand der Technik zur drahtlosen optischen Energieübertragung sowie zu geeigneten Energiemanagement- und

Speicherkonzepten untersucht werden. Bestehende Verfahren und Veröffentlichungen sollen hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf das vorliegende System bewertet werden.
Darüber hinaus sollen die wesentlichen Zusammenhänge zwischen optischer Eingangsleistung, photovoltaischer Energieumwandlung, elektrischer Ausgangsleistung, Energiespeicherung und Versorgung der Last theoretisch betrachtet werden.

2. Entwurf und Implementierung des Energiemanagementsystems

Auf Grundlage der Systemanforderungen soll eine geeignete Architektur für die Energieumwandlung, Speicherung und Lastversorgung entwickelt werden. Die dafür erforderlichen Komponenten sollen ausgewählt und dimensioniert werden.
Hierzu können unter anderem ein geeigneter MPPT-Regler für das Photovoltaikmodul, ein Batterie-Management-System (BMS), DC/DC-Wandler, Power-Path- bzw. Ideal-Diode-Controller, Strom- und Spannungsmessung sowie ein Mikrocontroller zur Überwachung und Steuerung des Systems gehören.

Besonderes Augenmerk soll auf die priorisierte Nutzung der aus der Laserenergie gewonnenen Energie sowie auf einen möglichst unterbrechungsfreien Wechsel zwischen den beiden Energiequellen gelegt werden.

3. Experimentelle Validierung und quantitative Bewertung

Das entwickelte System soll experimentell aufgebaut, in das Gesamtsystem integriert und unter definierten Betriebsbedingungen untersucht werden.

Dabei sollen insbesondere die optisch eingestrahlte Leistung, die vom Photovoltaikmodul bereitgestellte elektrische Leistung sowie relevante Spannungs- und Stromgrößen erfasst werden. Auf dieser Grundlage sollen der Wirkungsgrad der Energieumwandlung und die tatsächlich für Speicherung bzw. Lastversorgung nutzbare Leistung bestimmt werden.
Das Photovoltaikmodul soll unter den für die Laserenergieübertragung relevanten Betriebsbedingungen charakterisiert werden. Zusätzlich soll das Verhalten des Energiemanagementsystems beim Wechsel zwischen sekundärem Energiespeicher und Hauptbatterie untersucht werden.

Auf Grundlage der experimentellen Ergebnisse sollen die Leistungsfähigkeit, Grenzen und Verluste des entwickelten Systems bestimmt und dessen Potenzial zur Entlastung der Hauptbatterie und Verlängerung der Betriebszeit bewertet werden.

Kontakt:
Rosver Daniel Sando Fogno, M.Sc.
Institut für Elektrische Informationstechnik
Technische Universität Clausthal
Leibnizstraße 10
D-38678 Clausthal-Zellerfeld
Raum: C11-215
Tel: +49 (0) 5323/72-4964
E-Mail: sandofogno@iei.tu-clausthal.de