

Pendelgenerator zur Energiegewinnung aus der Fussbewegung beim Gehen

Ende November 2017 konnte das KTI-Projekt zur Entwicklung eines elektromagnetischen "Energy-Harvesting" Generators zur Energiegewinnung aus der Bewegung des Schuhabsatzes beim Gehen abgeschlossen werden. Die Firma TRACKER AG hatte das Projekt angeregt, um mit einem solchen Generator ihre für Schuheinlagen entwickelten Tracking-Systeme (GPS/LORA) speisen zu können. Das Einsatzgebiet ist in erster Linie die Ortung von verschwundenen, dementen Personen.

Hans Gysin

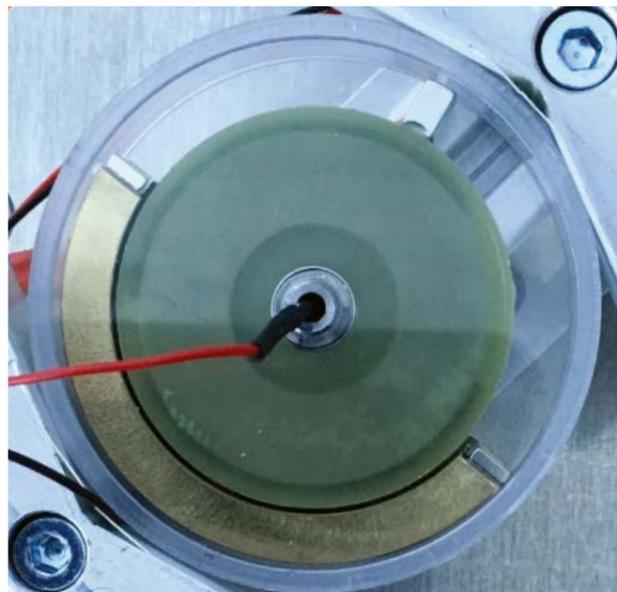


Abbildung 1: Prototyp des Doppelpendel-Generators

Konzeptphase

Bereits im Projektantrag wurde auf Grund umfangreicher Recherchen einem Exzentergenerator (Pendelgenerator) der Vorrang gegeben. Das Prinzip dieser Art der Energiegewinnung kennen wir alle aus dem Bereich der automatischen Armbanduhren. Aus vielfältigen Bewegungen des Generators wird dabei aus einer Pendelbewegung Rotationsenergie gewonnen. Diese erzeugt in unserem Projekt als elektromechanischer Generator "Strom". Erste Überlegungen und Berechnungen haben zudem gezeigt, dass der Generator mit einer hohen Effizienz aus den Fussbewegungen elektrische Energie erzeugen muss, um dem Strombedarf eines Trackers zu decken. Generatoren mit Piezoeffekt, Konstruktionen mit Gestängen und Biegungen oder Getrieben und sogar sämtliche Linearbewegungen mussten aus Gründen des Wirkungsgrades (Reibungsverluste) und der "Spürbarkeit" ausgeschlossen werden.

Realisierungsphase

Die ersten Funktionsmuster wurden in doppelter Grösse realisiert, um etwas einfacher das Prinzip der Ein- und Zweimassenpendel und der Leiterplattenstator zu testen und Messungen durchzuführen. Nach diesen Erkenntnissen wurden die nachfolgenden Prototyp-Generatoren in der echten Grösse von ca. 50 mm Durchmesser realisiert. Dazu wurde ein gekoppeltes Doppelpendel angefertigt, das auch mit einer Blockierung als Einzelpendel getestet werden konnte.

Abbildung 1 zeigt einen Prototyp des Doppelpendel-Generators, eingespannt in den Schrittsimulator. Sichtbar durch das Plexi-Gehäuse ist das Hauptpendel aus Messing und der Rotor aus FR4 Material, der im Innern die Permanentmagnete und Stahlringe trägt. Der Leiterplattenstator im Innern des Rotors ist nicht sichtbar. Lediglich die Kabel in der Achse deuten auf seine Existenz hin.

Die Resultate aus den Messungen zeigten klar, dass auf ein Doppelpendel nicht verzichtet werden kann. Die Geschwindigkeitssteigerung im Rotor (2. Pendel) ist notwendig, um eine höhere Spannung zu erzeugen. Auch bezüglich Stator, Rotorpendel, Magnetsystem und Messing-Aussenpendel musste der Generator in mehreren Stufen optimiert werden.



Abbildung 2: Elektronik zur Zwischenspeicherung der Energie

Trotzdem war die erzeugte Spannung für eine einfache Weiterverwendung zu niedrig. Es musste eine entsprechende Elektronik entwickelt werden, die eine optimale Umwandlung und Zwischenspeicherung der erzeugten elektrischen Energie gewährleistete.

Abbildung 2 zeigt die Elektronik zur Zwischenspeicherung der Energie in einem Supercap und die Spannungswandlung und -stabilisierung für die Tracker-, GPS- und Kommunikationselektronik.

Die Realisierung verschiedener Elektronik Netzteile zur optimalen Energieausnutzung und Zwischen speicherung zeigte aber schonungslos den allgemein schlechten Wirkungsgrad, der bei der Umsetzung von kleinen Spannungen auf Prozessorpegel realisiert werden kann.

Eine weitere Stufe der Optimierung gelang durch den Ersatz des Leiterplattenstators mit einer filigranen Drahtwicklung.



Abbildung 3: Stator-Drahtwicklung

Abbildung 3 zeigt die Stator-Drahtwicklung, die bei gleichem Widerstand mit mehr Windungen eine höhere Spannung induziert und dadurch auch eine höhere Effizienz des Generators erreicht als ein Leiterplattenstator.

Testphase

Die meisten Messungen während der Entwicklung des Generators wurden auf unserem eigens für dieses Projekt gebauten Schrittsimulator durchgeführt. Die nach echten Schritten simulierten Beschleunigungs- und Wegabläufe ergaben Leistungsspitzen, die erwartet hoch ausfielen, das chaotische Verhalten des Exzenters (Doppelpendel) erzeugt aber nur in wenigen Betriebsphasen eine komfortable hohe Spannung im Voltbereich und lässt dadurch den Gesamt-



Abbildung 4: ein Paar Testschuhe

wirkungsgrad und die geerntete Energie unter den Erwartungen.

Abbildung 4 zeigt ein Paar Testschuhe mit einem eingebauten Generator im Absatz und der «aufgeschnallten» Elektronik.

Mit diesen Schuhen wurden vom Forschungs- und Realisierungspartner Tests durchgeführt, indem übliche Gehwege distanzmässig und zeitlich kontrolliert abgelaufen und die geernteten Energien erfasst wurden.

Fazit und Ausblick

Mit dem Abschluss dieser Machbarkeitsstudie konnte gezeigt werden, dass eine Energiegewinnung aus der Fussbewegung mit einem Pendelgenerator prinzipiell möglich ist. Die erreichten Resultate zeigen aber klar die Grenzen der möglichen Energiegewinnung auf. Wichtige Erkenntnisse waren die Problematik der Umsetzung von eher linearer Fussbewegung in Rotationsenergie mit einem überraschend schlechten Wirkungsgrad und die Problematik der erzeugten Spannung. Können auf Grund von langsamen Bewegungen und beschränkten Windungszahlen nur kleine Spannungen erzeugt werden, ist der elektrische Wirkungsgrad miserabel.

Eine weitere Überraschung war, dass auch ein LORA-Tracker für seine erste Verbindungsaufnahme (inkl. GPS) eine Energiemenge benötigt, die bei einem leeren Speicher ein Umherlaufen von dutzenden von Minuten erfordert.

Projektteam

Tracker AG:
Albert Hager (Projektleitung)
Beni Frei (Entwicklung, Test)

FHNW / IA:

Patrick Read, Masterstudent und wissenschaftlicher Assistent (Entwicklung, Test), patrick.read@fhnw.ch
Prof. Hans Gysin, Advisor (Koordination FHNW / Entwicklung), hans.gysin@fhnw.ch