

Experimentelle Untersuchung der Regenerator-Speichermatrix eines Freikolben Stirlingmotors

Studiengang: BSc in Automobil - und Fahrzeugtechnik
Vertiefung: Antrieb und Energie
Betreuer: Prof. Danilo Engelmann

Die Regeneratorspeichermatrix eines Freikolben-Stirlingmotors (FPSE) ist eine zentrale Systemkomponente. Sie fungiert als temporärer thermischer Energiespeicher und beeinflusst die Effizienz des Gesamtsystems wesentlich. Ziel dieser Arbeit ist es, verschiedene Aufbauarten von Speichermatrizen experimentell hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die axiale Wärmeleitfähigkeit sowie den Strömungswiderstand zu untersuchen.

Relevanz

In der Schweiz gehen jährlich tausende Gigawattstunden ungenutzter Prozesswärme verloren. Erste Rückgewinnungsverfahren mittels thermoelektrischer Elemente oder Organic-Rankine-Anlagen sind bereits verfügbar. Eine weitere Rückgewinnungsmöglichkeit der Abwärmeenergie bieten FPSE. Sie folgen dem Carnot-Kreisprozess und wandeln Wärme in mechanische Energie um, die mittels Lineargenerator als elektrischer Strom abgeführt wird.

Regenerator in FPSE

Die Effizienz der FPSE hängt wesentlich von der Leistungsfähigkeit des Regenerators ab. Dieser speichert beim Gaswechsel Wärme temporär und gibt sie zeitlich versetzt wieder ab. Die zentrale Komponente ist die Speichermatrix – ein gepresstes Stahlgewebe. Deren Wirkung wird durch Faktoren wie Leervolumen, Strömungsgeschwindigkeit und Strömungswiderstand bestimmt. Da diese Parameter teils gegensätzlich wirken, erfordert die Auslegung einen gezielten Trade-Off.

Methodik

Zur Untersuchung der eigens hergestellten Proben werden zwei Messmethoden eingesetzt. Der Strömungswiderstand wird über Druckverlustmessungen bei variierendem Volumenstrom bestimmt. Dabei

dient der gemittelte Eingangsdruck zur Berechnung der Druckdifferenz Δp ; darauf basierend werden die Verlustbeiwerte ermittelt.

Die axiale Wärmeübertragung wird durch Temperaturmessungen am Ein- und Auslass der Probe erfasst. Zwei Auswertemethoden kommen zum Einsatz: der Temperaturanstieg am Probenende sowie die Temperaturdifferenz $\Delta T(t)$. Beide Verfahren werden normiert und erlauben Rückschlüsse auf die Wärmehemmung der Speichermatrix.

Zu Vergleichszwecken der Proben wird ein Nutzwert gebildet, der das Verhältnis von Wärmeübertragung zu Strömungswiderstand beschreibt.

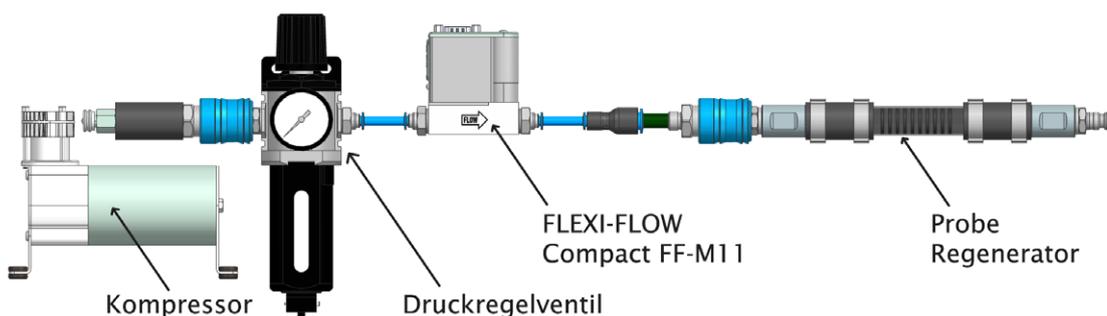
Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen einen klaren Zielkonflikt zwischen Strömungswiderstand und Wärmehemmung. Proben mit ausgewogenem Verhältnis beider Eigenschaften schneiden in der Nutzwertbetrachtung am besten ab.

Es konnte experimentell nachgewiesen werden, dass eine geringe axiale Wärmeleitung und ein niedriger Strömungswiderstand nur bedingt miteinander vereinbar sind, da eine effektive Wärmespeicherung ein geringes Leervolumen erfordert, das wiederum den Volumenstrom hemmt und zu grösseren Druckverlusten führt. Dabei erweist sich der Aufbau der Speichermatrix als entscheidender Einflussfaktor.



Noah Sasek
noah.sasek@gmx.ch



Messkonzept zur Ermittlung der Druckdifferenz Δp verschiedener Proben in Abhängigkeit des Luftdurchflusses