

ORC-Anlage – Entwicklung einer kostengünstigen Membranmotor-Klein-ORC-Anlage im Leistungsbereich bis 15 kW (elektrisch)

Ausgangssituation

ORC-Anlagen (Organic Rankine Cycle) werden in vielen Bereichen zur Umwandlung von vorhandener oder anfallender thermischer Energie in elektrischer Energie eingesetzt. Die bestehenden Kraftwerke auf ORC-Basis nutzen Geo-, Solar- oder Abwärme von industriellen Prozessen und arbeiten in Leistungsbereichen von 200 kW bis 2 MW bei Temperaturen der Wärmequellen von 100°C bis 450°C. Ein Einsatz unterhalb dieser Leistungen war bisher auf Grund des Einsatzes von Turbinen als Arbeitsmaschinen, die nur für relativ schmale Geschwindigkeitsbereiche eine optimale Effektivität erreichen, nicht relevant. Es ist aber auch ein breiter Anwendungsmarkt für Leistungen unterhalb von 200 kW durch eine Vielzahl von Abwärmeprozessen in der Industrie, in kleineren Blockheizkraftwerken oder bei der Nutzung regenerativer Energien, z.B. Biogasanlagen, gegeben. Mehrere Hersteller von ORC-Anlagen arbeiten an der Entwicklung alternativer Antriebslösungen für die integrierten Generatoren.

Zielstellung

Ausgehend von der dargelegten Ausgangssituation bestand im Rahmen eines Verbundprojektes das Ziel in der Entwicklung einer Anlage zur wirtschaftlichen Nutzung von Abwärme mit einer abgegebenen elektrischen Leistung bis zu 15 kW. Dies sollte durch den Einsatz eines zu entwickelnden Membran-Druckgasmotors mit den systemspezifischen Vorteilen wie geringe Investitionskosten, breiter Drehzahlbereich und geringer Schmiermittelbedarf für die ORC-Anlage erreicht werden.

Für die GFE galt es, die Voraussetzungen für die Realisierung der Entwicklungsaufgaben durch die Generierung angepasster Prüf- und Messverfahren, den Aufbau von entsprechenden Prüfständen zur Validierung der

erreichten Fortschritte sowie durch die Analyse der Messergebnisse zu schaffen.

Die im Laufe des Projektzeitraumes konstruierten und gefertigten Varianten des Expansionsantriebs und deren Komponenten wurden auf den realisierten Prüfständen hinsichtlich der erreichten und zielführenden Leistungskenngrößen verifiziert und daraus die weiteren abgeleiteten Entwicklungsschwerpunkte festgelegt. Der für die Wirtschaftlichkeit der ORC-Anlage erforderliche hohe Wirkungsgrad stand dabei im Fokus der Entwicklungen der GFE.

Ergebnisse

Im Rahmen des zugrundeliegenden FuE-Projektes wurden zwei Ausführungen eines Druckluft-Membranmotors mit einer Drehschieber-Zu- und Abluftsteuerung entwickelt und gebaut. In Bild 1 ist ein Membranmotor (Variante 1) schematisch dargestellt.

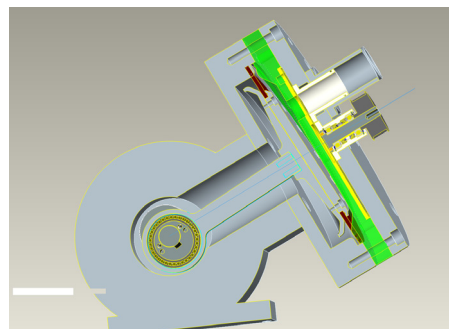


Bild 1: Schematische Darstellung des Membranmotors (Zylinder und Gehäuse mit Drehschieber, Variante 1)

Auf einem Prüfstand (Bild 2) mit geregelter Druckluftversorgung, Generator, Steuerung, Sensorik und elektronischer Datenerfassung wurden die Antriebe getestet.

Vergleichend wurden alternative Expanderlösungen, z.B. Scrollexpander, zur Bewertung der erreichten Entwicklungsergebnisse herangezogen. Bei der konstruktiven Ausführung der Ein- und Auslassventile, die als Drehschiebersteuerung ausgeführt wurden, wurden im Hinblick auf die

Realisierung eines effektiven Membranmotors Entwicklungsgrenzen aufgezeigt (Überstrom- und Reibungsverluste).

Die Gestaltung und die Größe des Membranmotors und der Ventile basierten auf einem numerischen Simulationsmodell der Bewegungsabläufe und Strömungsverhältnisse mit Hilfe der Finiten Elemente Methode (FEM). Die Diskrepanz zwischen Modellrechnung und Ergebnisse auf dem Prüfstand ergab sich aus den oben beschriebenen, Eingangs nicht berücksichtigten Verlusten.

Eine Erhöhung der abgegebenen Leistung des Membranmotors erfordert eine Vergrößerung des Hubraumes durch Veränderung der Membranfläche oder des Hubweges. Aus den daraus folgenden Belastungserhöhungen auf die Konstruktionselemente und die Membran werden die oberen Grenzen der Dimensionierung bestimmt. Der Verschleiß der Membran nimmt auf Grund von Walkbewegungen, erhöhter Zugbelastung, verringerten Biegeradius und besonders erhöhter Temperatur überproportional zu. Nachteilig beeinflusst ein vergrößerter Totraum die Effektivität des Antriebes und damit auch den Wirkungsgrad. Mögliche weitere Entwicklungsperspektiven können sich hinsichtlich der Auswahl geeigneter Materialpaarungen für das Drehschieberventil, temperaturbeständigere Membrane und der getrennten Steuerung der Ein- und Auslassventile für die Zukunft ergeben.



Bild 2: Realisierte Variante 2 des Membranmotors auf dem Prüfstand

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



GFE - Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e.V.

Näherstillter Str. 10 • 98574 Schmalkalden

Tel.: +49 3683 6900-22 • Fax: +49 3683 6900-16 • e-mail: hw.lahmann@gfe-net.de

Ansprechpartner:

Dipl.-Phys. Heinz-Wolfgang Lahmann