NERO

NExt geneRatiOn turbo compressor heat pump

Programm / Ausschreibung	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschung 7. Ausschreibung	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.10.2021	**Projektende**	31.03.2023
Zeitraum	2021 - 2023	**Projektlaufzeit**	18 Monate
Keywords	Abwärmevalorisierung; Hochtemperaturwärmepumpe; Turboverdichter;		

Projektbeschreibung

Die Bereitstellung industrieller Prozesswärme durch fossile Energieträger wird immer unattraktiver während gleichzeitig die Abwärmerückgewinnung zum Erreichen der Klimaziele an Bedeutung gewinnt. Allerdings stellen hohe Nutzungstemperaturen im Bereich von 150°C - 250°C eine Herausforderung für die Valorisierung industrieller Abwärme und damit CO2 Einsparung dar. Technische Lösungen in Form von Hochtemperaturwärmepumpen sind kommerziell nicht verfügbar und derzeit nur Gegenstand von zukünftigen Forschungsausschreibungen wie Horizon Europe. Im Cluster 5 "Klima, Energie und Mobilität" im Call „HORIZON-CL5-2022-D4-01-04: Development and pilot demonstration of heat upgrade technologies with supply temperature in the range 150-250°C“ wird eine Entwicklung auf TRL 5 angestrebt. Weil aber manche Technologieansätze im TRL noch nicht weit genug entwickelt sind, soll das Projekt NERO auf TRL 2 die prinzipielle Machbarkeit von Hochtemperaturindustriewärmepumpen (HTIWP) für Prozesswärme zwischen 150°C und 250°C bei einer an die industrielle Umgebung angepassten Leistungsgröße von ca. 1MWth untersuchen. Die Machbarkeit derartiger Wärmepumpen hängt an dem Zusammenwirken der drei Hauptbestandteile (Kältemittel, Verdichter und Kreislaufdesign). Bis zu einer Nutzungstemperatur von etwa 150°C werden heute vorwiegend Verdrängerverdichter eingesetzt, welche bei höheren Temperaturen klar im Nachteil sind, da sehr hohe Anforderungen an die notwendigen Schmiermittel gestellt werden. Aus diesem Grund ist es das Ziel von NERO einen Turboverdichter, welcher ohne Schmiermittel auskommt, einzusetzen, um diese Barriere bei der Weiterentwicklung von HTIWP zu durchbrechen. Beim Einsatz eines Turboverdichters sind neben dessen Wirkung im Wärmepumpenkreislauf auch maschinenbauliche Aspekte zu klären. Die notwendigen hohen Drehzahlen stellen Herausforderungen an Lagerung und Dichtung und auch der Einfluss von schwankenden Betriebsbedingungen auf das Teillastverhalten des Verdichters ist zu betrachten.
Die Gesamteffizienz und die Leistungsdichte des NERO Konzepts ist von der Auswahl von geeigneten Kältemitteln und einem innovativen Kreislaufdesign beeinflusst. Die Komplexität des Kreislaufs soll mit lediglich zwei Verdichtungsstufen geringgehalten werden.
Um die Entwicklung auf den zukünftigen Markt abzustimmen, begleitet ein Beirat die Arbeiten von NERO, um in weiterer Folge die Anforderungen der Industrie gut durch das Konzept abgedeckt zu haben und eine Verdichterentwicklung mit einem Verdichterhersteller starten zu können. Ein Verdichterhersteller befindet sich bewusst nicht im Konsortium, um keinen Einschränkungen durch einen Hersteller zu unterliegen.

Abstract

The generation of industrial process heat from fossil fuels is becoming increasingly unattractive, while at the same time waste heat recovery is gaining in importance for achieving climate targets. However, high utilization temperatures in the range of 150°C - 250°C represent a challenge for the valorization of industrial waste heat and thus CO2 reduction. Technical solutions in the form of high temperature heat pumps are not commercially available and currently only subject to future research calls such as Horizon Europe. In Cluster 5 "Climate, Energy and Mobility" in the call "HORIZON-CL5-2022-D4-01-04: Development and pilot demonstration of heat upgrade technologies with supply temperature in the range 150-250°C" a development to TRL 5 is addressed. To close the gap between those research calls (TRL 5) and the NERO concept (TRL 2) the project will investigate the feasibility of high-temperature industrial heat pumps (HTIWP) for process heat between 150°C and 250°C. The capacity scale of about 1MWth is adapted to the industrial environment. The feasibility of such heat pumps depends on the interaction of its three main components (refrigerant, compressor and cycle design). Up to a utilization temperature of about 150°C, mainly positive displacement compressors are used today. However, they have a clear disadvantage at higher temperatures, based on very high requirements on the necessary lubricants. For this reason, NERO's goal is to use a lubricant-free turbocompressor in order to achieve a breakthrough in the further development of HTIWP. Furthermore, using a turbocompressor in the heat pump cycle results in some engineering challenges which need to be addressed. The high rotational speed is tough to handle for bearings and seals. Moreover, the effect of varying operating conditions on the part-load behavior of the compressor must be considered.
The overall efficiency and power density of the NERO concept is influenced by the selection of appropriate refrigerants and the interaction with the cycle design. The complexity of the cycle is to be kept low with only two compression stages.
In order to adapt the development to the future market, an advisory board supervises the work of NERO. This is essential to strengthen the band to the industry and to keep track on the path of developing not only but also for the Austrian heat pump industry. A compressor manufacturer is deliberately not in the consortium in order not to be subject to any restrictions by a manufacturer

Endberichtkurzfassung

Im Projekt NERO war es das Ziel die technische und ökonomische Machbarkeit von industrieller Abwärmerückgewinnung durch geschlossene Wärmepumpeinkreisläufe für erhöhte Nuttemperaturen bis etwa 250°C zu untersuchen. Dabei war die Leistungsgröße von ca. 1MW th und die Ölfrieheit mit Turboverdichtern im Anforderungsprofiel bereits festgesetzt. Aus der Arbeit geht hervor, dass ein Verdichter mit dem HFO R1233zd(E) oder den natürlichen Kältemitteln Pentan oder unter Umständen Cyclopentan sich hervorragend eignen würde. Die ersten beiden Kältemittel würden eine transkritsche Prozessführung vorraussetzen. Beim Kältekreis würde man entweder auf das Zwischendruckexpansion-Design oder auf die Lösung mit einem überfluteten Rieselfilmverdampfer zurückgreifen. Eine erste Kostenschätzung für einen Prototypen zeigt, dass man sich mit dem Produkt durchaus im Bereich die Kongurenzprodukts für hohe Temperaturen, der Sterling Wermepumpe, befindet. DIe Errechneten ca. 1000€/kW könnten sich durch etwaige Skalierungseffekte in einer Serienproduktion noch deutlich verringern. Um also höhere Temperaturen für die Kompressionswärmepumpe zu erschließen, stellt die sondierte Technologie daher eine gute Möglichkeit da.

Da die Leistungsgröße (1MW th) der Wärmepumpe und damit des Verdichters entscheidend ist kann ein Laborversuch nicht sinnvoll durchgeführt werden. Es müsste also gleich nach Funktionstests der Verdichterbaugruppe der Schritt zur Pilot- bzw. Demonstrationsanalage gewagt werden. Es haben im Rahmen des Projekts bereits Gespräche mit zwei in der EU ansässigen Verdichterherstellern stattgefunden, allerdings ohne Einigung auf weiteres konkretes Vorgehen. Die relativ unübliche

Baugröße für einen Radial Verdichter im Zusammenhang mit dem neuen Anwendungsgebiet wirkt ohne augenscheinlich großes Marktpotential für Hersteller, welche mit ihrem Kerngeschäft in der heutigen guten wirtschaftlichen Lage sind, abschreckend. Es sind allerding weitere Gespräche geplant, um einen möglichen Hersteller für eine Prototypen finden zu können.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- Technische Universität Wien