

SyndETES

Synergetische dampfbasierte Elektro-Thermische Energie-Speicherung

Programm / Ausschreibung	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschung 7. Ausschreibung	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.12.2021	Projektende	31.05.2023
Zeitraum	2021 - 2023	Projektlaufzeit	18 Monate
Keywords	Thermischer Wärmespeicher; Dampfspeicher; Carnot-Batterie		

Projektbeschreibung

Steigende soziale und gesetzliche Anforderungen, die Energieversorgung und die Prozessindustrie zu dekarbonisieren und nachhaltig zu gestalten, fordern einen starken Ausbau erneuerbarer Energietechnologien wie z.B. Solarthermie, Photovoltaik oder Windkraft. Vor allem für elektrische Energiesysteme entsteht dadurch auch eine zeitliche Varianz der Energieverfügbarkeit, die durch entsprechende Flexibilisierungsmaßnahmen, zu denen Speicher zählen, ausgeglichen werden muss. Derzeit sind wenige Speichersysteme realisiert, die die Synergien kombinierter thermischer und elektrischer Speicherung nutzen.

Im Projekt SyndETES wird ein instationärer offener Wasser-Dampf-Kreisprozess untersucht, der diese Synergien nutzt. Ausgangspunkt ist ein Konzept für Carnot-Batterien, das auf der Speicherung von elektrischer Energie in Form von thermischer Exergie beruht. Dieses wird erweitert, sodass neben elektrischer Energie auch industrielle Abwärme genutzt werden kann. Bei erhöhtem Bedarf im Industrieprozess kann die thermisch gespeicherte Energie flexibel entweder direkt als Prozessdampf oder elektrisch über beispielsweise eine Dampturbine bereitgestellt werden.

Ziel des Projekts SyndETES ist eine wirtschaftliche und technologische Analyse des im Projekt entwickelten Systemdesigns. Mit Unterstützung eines Stakeholder-Expertenpools soll festgestellt werden, unter welchen Rahmenbedingungen ein SyndETES-System in industriellen Prozessen eingebunden werden kann. Neben Aussagen zur Machbarkeit in Form von Betriebscharakteristika und Wirtschaftlichkeit erfolgt eine Gegenüberstellung zu einem Referenzsystem, sowie das Ableiten weiterer Maßnahmen zum Anheben des Technology-Readiness-Levels.

Abstract

Nowadays, energy suppliers and process industries are confronted with challenging social and legal requirements to decarbonize, increase energy efficiency and enhance sustainability measures. This results in a growing expansion of renewable energy technologies like solar thermal, photovoltaic or wind power plants. As a consequence, a temporal mismatch between energy supply and demand has to be addressed with flexible solutions, for example energy storages. Currently only a few storage technologies take advantage of the synergies of combined thermal and electrical energy

storage.

In the project SyndETES a transient open water-steam cycle is proposed as a system that exploits these synergies. Starting point is the Carnot-battery concept, which stores electrical energy as thermal exergy. In SyndETES this concept is further evolved. Thus, aside from electrical energy, industrial waste heat is utilized as energy source. During high demand periods the stored energy is flexibly released either directly as process heat or as electrical energy, e.g. with a steam turbine.

The overarching goal of SyndETES is an economic and technical evaluation of the proposed system designs. Frameworks and frame conditions are developed in cooperation with a stakeholder pool of experts for the integration of SyndETES-systems into industrial processes. Economic feasibility and operational characteristics shall be assessed. Also, a comparison with a reference system is conducted and shall provide further insight. Finally, further steps to increase the technology readiness level are derived.

Endberichtkurzfassung

Kurzfassung

Steigende gesellschaftliche und gesetzliche Anforderungen, die Energieversorgung und die Prozessindustrie zu dekarbonisieren und nachhaltig zu gestalten, fordern einen starken Ausbau von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Primärenergiequellen. Vor allem für elektrische Energiesysteme entsteht dadurch auch eine zeitliche Varianz der Energieverfügbarkeit, die durch entsprechende Flexibilisierungsmaßnahmen, zu denen die Einbindung von Speichern zählen, ausgeglichen werden muss. Derzeit sind wenige Speichersysteme realisiert, die die Synergien kombinierter thermischer und elektrischer Speicherung nutzen.

Im Projekt SyndETES wurde ein instationärer offener Wasser-Dampf-Kreisprozess untersucht, der diese Synergien nutzt. Ausgangspunkt ist das Konzept für Carnot-Batterien, das auf der Speicherung von elektrischer Energie in Form von thermischer Exergie beruht. Dieses Konzept wird erweitert, sodass neben elektrischer Energie auch industrielle Abwärme genutzt werden kann. Bei erhöhtem Bedarf im Industrieprozess kann die thermisch gespeicherte Exergie flexibel entweder direkt als Prozessdampf oder elektrisch durch Verwendung einer Dampfturbine bereitgestellt werden.

Ziel des Projekts SyndETES ist eine wirtschaftliche und technologische Analyse des im Projekt entwickelten Systemdesigns. Zu den Ergebnissen im Projekt SyndETES gehören die erarbeiteten Modelle zur Abbildung des im Projekt definierten detaillierten Systemdesigns sowie die mit den Modellen berechneten Ergebnisse. Dabei wurde zum einen ein mathematisches Optimierungsmodell zur Design- und Betriebsoptimierung, in dem vor allem technisch-ökonomische Kennzahlen bestimmt wurden, erarbeitet. Zum anderen wurde ein Simulationsmodell erstellt, das im Vergleich zum Optimierungsmodell detailliertere technische Studien ermöglicht. In den Modellen konnten Lösungen erarbeitet werden, die für industrienaher Use Cases Leistungszahlen des Systems (=Verhältnis von Wärmebereitstellung zu Stromeinsatz) von 1.5 bis 2.0 ergaben. Die Größe dieses Bereichs ist zum einen durch die verschiedenen Spezifikationen der Use Cases aber auch durch die unterschiedlichen Detailgrade der Modelle (Optimierung vs. Simulation) zu erklären. Darauf aufbauend lässt sich die Relevanz der Koppelung beider Methoden bestärken und auch eine Empfehlung für zukünftig gekoppelte Einsätze ableiten.

Die Wärmegestehungskosten des SyndETES Systems inklusive Berücksichtigung von Investitionen sind aufgrund der

kapitalintensiven Einzelkomponenten erst für lange Betrachtungsperioden (z.B. >10 Jahre) geringer als für die Vergleichstechnologie direkte Elektrifizierung. Aufgrund der erreichten Leistungszahlen ergibt sich jedoch eine deutliche Reduktion des Primärenergieeinsatzes, was vor allem für limitierte Strombezugsmöglichkeiten, beispielsweise durch begrenzte Transformator- oder Leitungskapazitäten, zukünftig ein Entscheidungskriterium darstellen kann.

Eine wirtschaftliche Integration der Rückverstromung wurde im Optimierungsmodell nur für Spezialfälle integriert, wie z.B. bei sehr hohen und häufigen Schwankungen des Strompreises bzw. hohen Spitzen von Überschussstrom. Mit Strom-zu-Strom-Wirkungsgraden von insgesamt etwas unter 50% wird sich SyndETES nicht als reiner elektrischer Speicher durchsetzen können, stellt mit dieser Option aber ein interessantes Energie-Management-System dar.

Abstract

Increasing social and legal requirements to decarbonize the energy supply and the process industry and make them sustainable, require a strong expansion of technologies for the use of renewable primary energy sources. As a consequence, a temporal mismatch between energy supply and demand has to be compensated with flexible solutions, for example energy storages. Currently only a few storage technologies take advantage of the synergies of combined thermal and electrical energy storage.

In the project SyndETES a transient open water-steam cycle is proposed as a system that exploits these synergies. Starting point is the Carnot-battery concept, which stores electrical energy as thermal exergy. In SyndETES this concept is further evolved. Thus, aside from electrical energy, industrial waste heat is utilized as energy source. During high demand periods the stored energy is flexibly released either directly as process heat or as electrical energy, e.g. with a steam turbine.

The overarching goal of SyndETES is an economic and technical evaluation of the proposed system designs. The results of the SyndETES project include the models developed to represent the detailed system design defined in the project and the results obtained from the models. On the one hand, a mathematical optimisation model for design and operation optimisation was developed to determine first and foremost techno-economic key figures. On the other hand, a simulation model was created that enables more detailed technical studies compared to the optimisation model. In the models, solutions were developed that resulted in system performance figures (=ratio of heat provision to electricity input) of 1.5 to 2.0 for industry-related use cases. The size of this range can be explained on the one hand by the different specifications of the use cases, but also by the different levels of detail the models provide (optimisation vs. simulation). Based on this, the relevance of coupling both methods can be confirmed and a recommendation for future coupled applications can be derived.

Due to the capital-intensive individual components, the levelized cost of heat of the SyndETES system, including investments, are only lower for long observation periods (e.g. >10 years) than for the comparative technology of direct electrification. However, due to the achieved performance figures, there is a significant reduction in primary energy use, which can be a decision criterion in the future, especially in cases of limited electricity supply options, for example due to limited transformer or line capacities. With round trip efficiencies of just under 50%, SyndETES is not interesting as a pure electricity storage, but holds the asset to become a viable energy management system.

Projektkoordinator

- Technische Universität Wien

Projektpartner

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH