

Ladezustandssensor für thermische Latent-Speicher

Technische Information

Im ILK Dresden wurde eine Methode zur Bestimmung des Ladezustandes eines Latent-Wärme-/Kälte-Speichers entwickelt. Insbesondere für den intelligenten Betrieb eines thermischen Speichers (z.B. Steuerung nach Energieangebot, smart grid) ist die Kenntnis der gespeicherten Wärmemenge (Ladezustand = **state of charge** = SOC) erforderlich. Aussagen aus der thermischen Bilanzierung sind aber (zumindest nach einer Anzahl von Lade-/Entladezyklen) relativ ungenau. Für Latentspeicher mit Phasenwechsel ist die Temperatur des Phasenwechselmaterials (**phase change material** = PCM) keine geeignete energetische Kenngröße, da die Speicherung bei nahezu konstanter Temperatur (des Phasenübergangs des PCM) erfolgt. Auch direkte Messungen elektrischer (resistiver oder kapazitiver) Kenngrößen des PCM lassen keinen exakten Rückschluss auf den SOC zu, da diese Größen lokale Eigenschaften des PCM abbilden, jedoch nicht den integralen Zustand des gesamten Speichers erfassen.

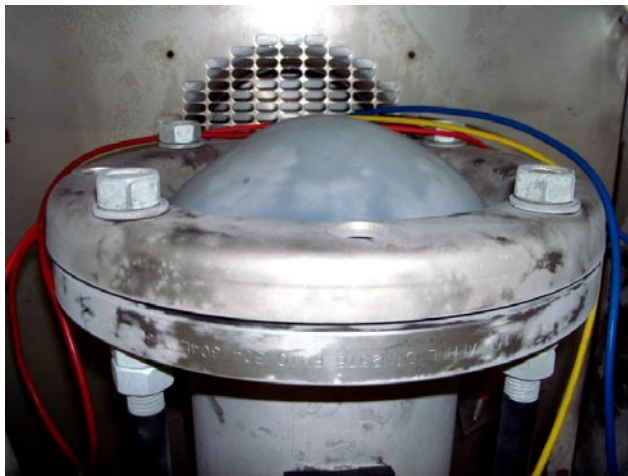
Das Wesen der technischen Lösung des ILK besteht darin, einen geeigneten physikalischen Zustandsparameter des Speichersystems zu finden, der den SOC möglichst eindeutig und integral beschreibt, und diesen Zusammenhang in eine praktische Messmethode umzusetzen. Als SOC-Sensor findet eine elektrisch leitfähige Elastomermembran Anwendung, die gleichzeitig als Volumenausgleich des hinlänglich starren Speicherbehälters funktioniert. Bei dieser volumetrischen Methode der Bestimmung des SOC wird der Dichteunterschied des PCM zwischen der festen und flüssigen Phase genutzt, der bei den meisten Phasenwechselmaterialien zwischen 5 % und 15 % beträgt (bei Wasser ca. 9 %).

Wird der Latentwärmespeicher beispielsweise mit einem PCM auf Basis einer wässrigen Sole betrieben, erhöht sich das PCM-Volumen beim Gefrieren. Wird der Speicher mit einer Elastomermembran verschlossen, bildet sich beim Erstarren des PCM (Einspeichern von „Kälte“) aus der Membran eine Blase, deren Volumen mit der entzogenen Wärmemenge wächst, wobei die Membran eine Dehnung erfährt. Dabei ändert sich der elektrische Widerstand der Membran (z. B. rußgefüllter Gummi/Silikon) mit der Dehnung und ist somit ein Maß für den SOC des Speichers.

Die Widerstandsmessung erfolgt mit Hilfe zwei- oder mehrseitiger Kontaktierungen der Membran. Bei der Verwendung eines im flüssigen oder festen Zustand elektrisch gut leitfähigen PCM muss sich zwischen Speichermedium und Elastomermembran eine flexible, nicht leitfähige Trennschicht befinden. Das Widerstandssignal ist mit dem latenten Wärmegehalt des Speichers monoton verknüpft. Eine auftretende Hysterese des Widerstandssignals zwischen den Fällen des sich ausdehnenden oder schrumpfenden Elastomers (Speicherbe- bzw. Entladung) oder eine Langzeitdrift des Elastomers können durch elektronische Signalbearbeitung korrigiert werden.

Die SOC-Bestimmung nach der Methode des ILK zeichnet sich durch folgende Vorteile aus:

- Integrale SOC-Bestimmung ohne Multisensorsysteme,
- Vereinigung der Funktionen des elastischen Verschlusses des Behälters ohne Totvolumen und des Sensors nach dem Dehnmessstreifenprinzip bei hoher Dehnung/Empfindlichkeit,
- materiell wenig aufwändige und messtechnisch einfach zu realisierende Methode,
- Einsatz sowohl für elektrisch leitfähige, als auch für nichtleitende PCM möglich,
- Einsatz sowohl in Latentwärme-, als auch in Latentkältespeichern möglich,
- Einsatz sowohl für PCM mit Volumenzunahme beim Schmelzen (z. B. Wachse), als auch bei solchen mit Volumenabnahme (Wasser, Solen auf Wasserbasis),
- anpassbar an viele Applikationen (Hysterese, Langzeitdrift, Dämmung, Abdichtung ...),
- Messverfahren zum Patent angemeldet.



Oben links: vollständig durchgefrorener Eisspeicherbehälter mit Elastomerblase im Ringflansch

Oben rechts: Latentspeicherverdampfer in einem Haushaltskühlschrank. Die prall gefüllte Blase entspricht einem hohen SOC.

Unten links: Set-Top-Box: MSR-Einheit mit SOC-Anzeige einer Kühlschrankssteuerung

Kontakt:

Dr. rer. nat Jörg Waschull
 Institut für Luft- und Kältetechnik
 Gemeinnützige Gesellschaft mbH
 Hauptbereich Angewandte Werkstofftechnik
 Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden
 Tel.: +49 351 4081-771
 Fax.: +49 351 4081-755
joerg.waschull@ilkdresden.de

Dr. rer. nat. Roland Müller
 Institut für Luft- und Kältetechnik
 Gemeinnützige Gesellschaft mbH
 Hauptbereich Angewandte Werkstofftechnik
 Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden
 Tel.: +49 351 4081-771
 Fax.: +49 351 4081-755
roland.mueller@ilkdresden.de