

VENGA

Tomographische Bestimmung der Geschwindigkeit von Venting-Gasen mit laserbasierter Absorptionsspektroskopie

Programm / Ausschreibung	FORPA, Dissertaionen 2024, Industrienahe Dissertationen 2025	Status	laufend
Projektstart	01.07.2026	Projektende	31.12.2028
Zeitraum	2026 - 2028	Projektlaufzeit	30 Monate
Keywords	Elektromobilität, Thermal Runaway, Venting Gas, Geschwindigkeit, Tunable Diode Laser Absorptionsspektroskopie		

Projektbeschreibung

Mit steigender Akzeptanz der Elektromobilität und zunehmender Anzahl an zugelassenen Elektrofahrzeugen steigt auch die Wahrscheinlichkeit eines Versagens des Batteriepacks und eines Thermalrunaways. Bei einem Thermalrunaway wird die in der Batterie gespeicherte Energie exotherm freigesetzt und er führt unweigerlich zu einem schwer zu löschenden Fahrzeugbrand. Zell-, Batterie- und Fahrzeughersteller unternehmen daher große Anstrengungen, um die Gefahr eines Thermalrunaways durch bauliche Maßnahmen zu verringern.

Bei einem Versagen einer Zelle tritt heißes Gas bestehend Wasserdampf, Kohlendioxid, unverbrannten Elektrolyten und Fluorwasserstoff aus der Ventgasöffnung einer Zelle aus. Ein wichtiger Parameter ist die Geschwindigkeit des Ventgases. Die Kenntnis der Ventgasgeschwindigkeit ist einerseits notwendig, um geeignete bauliche Maßnahmen zur Verhinderung eines Thermalrunaways ableiten zu können, andererseits ist die Ventgasgeschwindigkeit ein wichtiger Parameter zur Bedatung von Simulationsmodellen.

Die Messung der Ventgasgeschwindigkeit stellt eine große Herausforderung dar: konventionelle Sensoren wie Prandtlrohre oder Hitzdrahtanemometer haben nicht die notwendige Ansprechgeschwindigkeit und werden durch das heiße Gas beschädigt. Da Ultraschallanemometer sind ebenfalls nicht geeignet. Aus diesem Grund muss auf optische oder spektroskopische Verfahren zurückgegriffen werden.

Tunable Diode Laser Absorptionsspektroskopie (TDLAS) ist für die Messung der Ventgasgeschwindigkeit eine vielversprechende Technologie, da sie nicht intrusiv ist und eine Messfrequenz im Kilohertzbereich möglich ist. Das Absorptionsspektrum wird durch den Dopplereffekt der sich bewegenden Moleküle geringfügig verschoben. Diese Frequenzverschiebung korreliert direkt mit der Geschwindigkeit.

Mittels TDLAS ist es nun möglich, die mittlere Geschwindigkeit entlang eines Messpfades zu ermitteln. Um eine lokale Geschwindigkeitsverteilung zu erhalten, muss auf tomographische Methoden zurückgegriffen werden. Dabei werden die mittlere Geschwindigkeit im Ventgas entlang von mehreren Messpfaden gemessen. Mit Tomographie kann dann das inverse Problem gelöst und die lokale Geschwindigkeitsverteilung ermittelt werden.

Im Rahmen des Projekts VENGA wird ein System zur Messung der Geschwindigkeitsverteilung des Ventgases einer Zelle basierend auf TDLAS aufgebaut. Dieses System besteht aus 8 Messpfaden. Es wird die Absorptionsbande von Wasser im nahen infraroten Spektralbereich bei 1.397 μm zur Geschwindigkeitsbestimmung verwendet. Aus den acht mittleren

Geschwindigkeiten wird mittels tomographischer Verfahren eine Geschwindigkeitsverteilung ermittelt.

Abstract

With the increasing acceptance of electromobility and the growing number of registered electric vehicles, the probability of battery pack failure and thermal runaway is also increasing. In the event of thermal runaway, the energy stored in the battery is released exothermically, inevitably leading to a vehicle fire that is difficult to extinguish. Cell, battery, and vehicle manufacturers are therefore making great efforts to reduce the risk of thermal runaway through structural measures. When a cell fails, hot gas consisting of water vapor, carbon dioxide, unburned electrolyte, and hydrogen fluoride escapes from the vent gas opening of a cell. An important parameter is the speed of the vent gas. Knowledge of the vent gas speed is necessary on the one hand to derive suitable structural measures to prevent thermal runaway, and on the other hand, the vent gas speed is an important parameter for data collection for simulation models.

Measuring the vent gas velocity is a major challenge: conventional sensors such as Prandtl tubes or hot-wire anemometers do not have the necessary response speed and are damaged by the hot gas. Ultrasonic anemometers are also unsuitable. For this reason, optical or spectroscopic methods must be used.

Tunable diode laser absorption spectroscopy (TDLAS) is a promising technology for measuring vent gas velocity because it is non-intrusive and allows for a measurement frequency in the kilohertz range. The absorption spectrum is slightly shifted by the Doppler effect of the moving molecules. This frequency shift correlates directly with velocity.

TDLAS can be used to determine the average velocity along a measurement path. To obtain a local velocity distribution, tomographic methods must be used. This involves measuring the average velocity in the vent gas along several measurement paths. Tomography can then be used to solve the inverse problem and determine the local velocity distribution.

As part of the VENGA project, a system for measuring the velocity distribution of the vent gas in a cell based on TDLAS is being developed. This system consists of eight measurement paths. The absorption band of water in the near-infrared spectral range at 1,397 μm is used to determine the velocity. A velocity distribution is determined from the eight average velocities using tomographic methods.

Projektpartner

- Virtual Vehicle Research GmbH