



→ Im Institut Energie et Systèmes Electriques der FH Yverdon (EIVD) werden seit 1997 Brennstoffzellen unter realen Anwendungsbedingungen getestet. Ein interessantes Beispiel hierfür ist das Elektroboot Hydroxy3000, mit einer 3-kW-Brennstoffzelle. Ziel dieses Projektes ist es, die Brennstoffzellen in der Schifffahrt zu testen und zu untersuchen, ob sie eine realistische Alternative zu den derzeit auf Seen und Kanälen eingesetzten Kraftstoffmotoren darstellen.

Elektroboot mit Brennstoffzellenantrieb

Der Hydroxy3000 ist ein Katamaran von 7 m Länge und einer Breite von 2,5 m; das Leergewicht beträgt 1,5 t. Jeder der beiden Rumpfteile ist mit einem Elektromotor von je 3 kW ausgestattet. Hauptenergiequelle ist die Brennstoffzelle. Es gibt aber auch Batterien, die die Energiezufuhr ausgleichen und bei eventuellen Problemen als Energiereserve dienen. Bei einer Last von 7 Passagieren navigiert das Boot mit einer Geschwindigkeit von ca. 11 km/h.

Die Brennstoffzelle, die von einer 76-Liter (200 bar)-Wasserstoffflasche versorgt wird, treibt die 48-V-Gleichstrommotoren zweier Schrauben an, die von der Brücke aus elektronisch gesteuert werden. Da sich in jedem Rumpf eine solche Steuerung befindet, ist das Boot außergewöhnlich manövrierfähig. Die Wasserstoffflasche ist in einem abgetrennten und natürlich belüfteten Abteil untergebracht, ebenso die Brennstoffzelle. Erschütterungs- und Wasserstoffsensoren können das „Wasserstoff“-System bei Problemen außer Betrieb setzen. In einem solchen Notfall sorgen Zusatzbatterien für Manövrierfähigkeit und Rückkehrmöglichkeit.

Der Kapitän verfügt über eine mit einem GPS-Gerät verbundene Übersicht, auf der Geschwindigkeit, Richtung, Motorleistung sowie die Restenergie angezeigt werden. Das gesamte System wird durch zwei unabhängige Busklemmen Controller BC9000 kontrolliert: Einer steuert die Brennstoffzelle, der andere das Boot. Via Laptop werden alle von den Sensoren kontrollierten Parameter erfasst und detaillierte Messungen durchgeführt.

Die wassergekühlte 3-kW-Brennstoffzelle besteht aus 73 Einzelzellen, die bei einer variablen Spannung zwischen 40 und 60 V ungefähr 60 A liefern. Ein Wärmetauscher leitet die Hitze des primären Kühlsystems über ein sekundäres System zum See. Die Brennstoffzelle liefert die Energie an die Motoren und eine 200 Ah/48-V-Zusatzbatterie. Diese Batterie ist so dimensioniert, dass sie keine Steuerelektronik benötigt. Bei niedriger Beanspruchung der Motoren wird sie aufgeladen; bei Beanspruchung liefert sie zusätzliche Antriebsleistung. Die Batterie allein ermöglicht einen autonomen Betrieb von ca. 2 Stunden (für 360 kg), die Brennstoffzelle mit Wasserstoffflasche von ca. 6 Stunden für etwa 120 kg. Eine Reserveflasche kann innerhalb weniger Minuten in Betrieb genommen werden.

Kleinsteuerung überwacht Bootsparameter und steuert Brennstoffzelle

Für die Steuerung des Bootes und der Brennstoffzelle wird jeweils ein Busklemmen Controller mit entsprechenden I/O-Klemmen eingesetzt. Beide Controller sind über eine Ethernet-Verbindung miteinander vernetzt.

Ein Ethernet-Controller BC9000 überwacht die Bootsparameter und sorgt für Sicherheitsstrategien bei Problemen mit der Elektrik oder Alarmen, die eine Funktionsstörung anzeigen. Darüber hinaus kommuniziert der BC9000 mit der Schiffssteuerung. Gemessen werden: Batteriestrom und -spannung, Motorstrom, Motor- und Batterietemperatur, Geschwindigkeit, Kurs und Position des Bootes (GPS), Wasserstoffkonzentration im Brennstoffzellenabteil, im Flaschenabteil und in der Kabine. Diese Parameter informieren den Kapitän über den Leistungsfluss zwischen Brennstoffzellen, Batterien und Motoren, über die Geschwindigkeit des Bootes, eventuelle Wasserstofflecks usw. Mit der Steuerungsschnittstelle kann der Kapitän via Controller den Leistungsfluss (Brennstoffzelle, Motor) umschalten, Motor oder Positionslichter einschalten usw.

Die Steuerung der Brennstoffzelle erfolgt über den zweiten BC9000, der alle wichtigen Parameter der Brennstoffzelle kontrolliert: Temperatur, Luft- sowie Wasserzu- und -abführung, Feuchtigkeit und Druck der zugeführten Luft, Luft- und Wasserstoffdurchfluss, Wasserstoffdruck in der Flasche und am Eingang zur Brennstoffzelle, Gesamtspannung der Brennstoffzelle, erzeugter Strom, Spannung der einzelnen Zellen. Der Ethernet-Controller legt, in Abhängigkeit von diesen Parametern, die optimalen Betriebsbedingungen für die Brennstoffzelle fest und beeinflusst die verschiedenen Komponenten für den Betrieb der Brennstoffzelle: Luftkompressor, Wasserstoffrückfluss-Kompressor, Kühlwasserventil und Ventil zur Regelung der Feuchtigkeit der zugeführten Luft, Kühlwasserpumpen, Hauptversorgungsventile für den Wasserstoff und Ablassventile für den Wasserstoffkreislauf. Die Steuerspannung der beiden Kompressoren wird mit DC/DC-Wandlern verändert.

Die zukunftsweisende, umweltschonende Technologie der Stromerzeugung durch Brennstoffzellen ist in energetischer Hinsicht und im Hinblick auf Umweltschutz gegenüber den „klassischen“, thermischen Technologien klar im Vorteil. Ein spezielles Interesse besteht bei der Schifffahrt mit kleinen und mittelgroßen Booten auf Binnenseen: Wasser und Luft werden nicht verschmutzt; es entstehen keine üblen Gerüche und es wird nur wenig Lärm erzeugt. Einzige Nachteile dieser Technologie sind der heute noch hohe Anschaffungspreis und das fehlende Verteilernetz.

- FH Yverdon, Institut Energie et Systèmes Electriques www.eivd.ch
- Beckhoff Schweiz www.beckhoff.ch

Brennstoffzelle mit BC9000 für die Prozesssteuerung.

