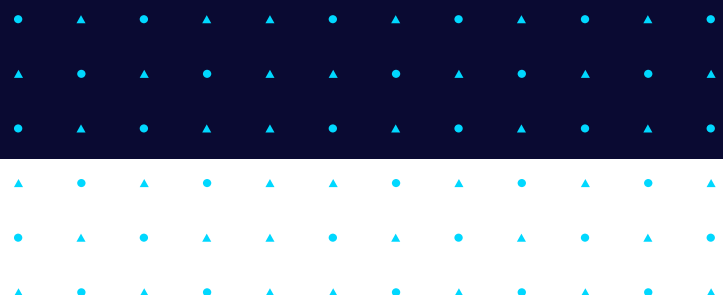


HYSTAR AS

SERIENREIFES CELL VOLTAGE MONITORING FÜR PEM-ELEKTROLYSEURE

„Entscheidend war für uns, dass sich das Cell Voltage Monitoring nahtlos in unser Stack-Design integrieren lässt. Mit SMART TESTSOLUTIONS haben wir eine Lösung realisiert, die zellgenaue Transparenz bietet und gleichzeitig für die Serienfertigung ausgelegt ist.“

Jan Schmidt, Product Manager



DER KUNDE

Hystar AS ist ein norwegischer Technologieanbieter für PEM-Elektrolyseure und entwickelt innovative Stack-Konzepte für die industrielle Wasserstoffproduktion. Das Unternehmen verfolgt einen konsequent modularen Ansatz mit dem Ziel, Elektrolyseure aus standardisierten und industriell skalierbaren Komponenten aufzubauen. Damit adressiert Hystar eine der zentralen Herausforderungen des Marktes: den Übergang von projektspezifischen Einzelanfertigungen hin zu reproduzierbaren Serienprodukten.

Der technologische Fokus liegt auf besonders kompakten und effizienten PEM-Stacks, die für den Einsatz in großskaligen Wasserstoffanlagen ausgelegt sind. Aktuell baut Hystar eine hochautomatisierte Produktionslinie mit einer Kapazität im Gigawatt-Maßstab auf. Damit schafft das Unternehmen die Voraussetzungen, Elektrolyseure nicht nur technologisch, sondern auch wirtschaftlich in den industriellen Einsatz zu bringen. Eine hohe Effizienz, eine lange Lebensdauer sowie die konsequente Ausrichtung auf Serienfertigung stehen dabei im Mittelpunkt der Entwicklungsarbeit.



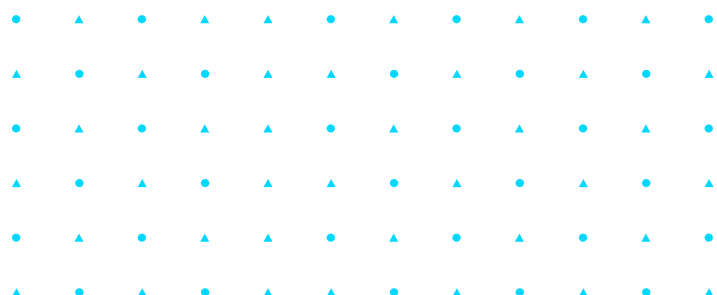
Hystar Produktmanager Jan Schmidt mit den Stack-Modulen

DIE HERAUSFORDERUNG

Der elektrochemische Prozess in PEM-Elektrolyseuren ist unmittelbar an die Stabilität und Homogenität der Zellspannung gekoppelt. Abweichungen einzelner Zellen wirken sich direkt auf Effizienz, Alterungsverhalten und Betriebssicherheit des gesamten Stacks aus. Ursachen hierfür liegen unter anderem in der Degradation der Membran, in Veränderungen der katalytisch aktiven Schichten, in lokalen Verunreinigungen oder in mechanischen Defekten wie Mikrorissen und Pinholes. Diese Effekte erhöhen den elektrochemischen Widerstand einzelner Zellen und machen sich unmittelbar in einer veränderten Zellspannung bemerkbar.

In der Entwicklungsphase werden Zellspannungen daher hochauflösend erfasst, um elektrochemische Prozesse zu analysieren und Stack-Designs gezielt zu optimieren. In Serienanlagen fehlt diese Transparenz bislang häufig. Dort wird meist ausschließlich die Gesamtspannung des Stacks gemessen oder es kommen stichprobenartige Messungen einzelner Zellen zum Einsatz. Solche aggregierten Messwerte erlauben jedoch keine belastbaren Aussagen über den Zustand einzelner Zellen, sodass kritische Abweichungen trotz vorhandener Frühindikatoren oft unentdeckt bleiben.

Für Hystar ergab sich daraus eine zentrale systemtechnische Herausforderung. Die PEM-Stacks des Unternehmens sind auf maximale Leistungsdichte und minimale Baugröße ausgelegt und zugleich konsequent für eine automatisierte Serienfertigung im Gigawatt-Maßstab konzipiert. Klassische Cell-Voltage-Monitoring-Ansätze mit Einzeladern, voluminöser Kontaktierung und hohem manuellem Montageaufwand ließen sich unter diesen Rahmenbedingungen nicht realisieren. Gefordert war ein zellgenaues Monitoring-Konzept, das sich vollständig in das Stack-Design integrieren lässt, ohne Bauraum, Fertigungsprozesse oder die Systemrobustheit zu beeinträchtigen.



DIE LÖSUNG

Ausgangspunkt der Umsetzung war die Systemanforderung, zellgenaue Spannungsdaten nicht nur als Entwicklungs- und Laborinstrument zu nutzen, sondern als serienfähige Funktion im Elektrolyseur verfügbar zu machen. Hystar verfolgt dabei explizit das Ziel, die Zellspannungsmessung in die Gigawatt-Fertigung zu integrieren und als Bestandteil eines modularen Baukastensystems zu skalieren. Das Cell Voltage Monitoring (CVM) wurde daher von Beginn an als durchgängige Mess- und Integrationsarchitektur konzipiert und nicht als nachträgliches Add-on.

Das System umfasst die Messelektronik zur Erfassung der Einzelzellspannungen sowie die komplette Peripherie für eine industriegerechte Integration. Dazu zählen die Zellkontaktierung, die Mechanik zur Platzierung am Stack sowie die elektrische Anbindung. Ein zentraler Engineering-Fokus lag auf der Kontaktierung, da die Qualität der Zellspannungsmessung unmittelbar vom Spannungsabgriff abhängt und stark vom jeweiligen Zell- und Stack-Design beeinflusst wird.

Ein wesentlicher Projektbestandteil war daher die Auslegung des Zellspannungsabgriffs an der Bipolarplatte beziehungsweise am stacknahen Interface. SMART TESTSOLUTIONS brachte hier jahrzehntelange Erfahrung aus dem Cell Voltage Monitoring in Brennstoffzellen ein und übertrug diese gezielt auf die Anforderungen eines PEM-Elektrolyseur-Stacks. Das Ergebnis sind kompakte Zellkontakte, die trotz sehr begrenztem Bauraum eine elektrisch und mechanisch stabile Verbindung gewährleisten und eine reproduzierbare Erfassung der Einzelzellspannungen mit Millivolt-Genauigkeit ermöglichen.

Auch die elektrische Anbindung wurde konsequent auf Serienfertigung ausgelegt. Statt klassischer Einzelverdra-

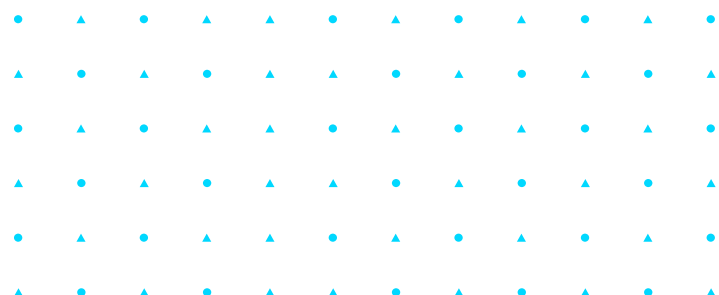
htung mit hohem manuellem Aufwand setzt das CVM-Konzept auf flexible Leiterkarten. Diese reduzieren Bauraum und Komplexität, sind auf eine hohe Lebensdauer ausgelegt und ermöglichen eine reproduzierbare, automatisierbare Montage. Damit adressiert die Lösung genau den Punkt, an dem viele Zell-Monitoring-Ansätze beim Übergang in die Serie scheitern: nicht an der Messgenauigkeit, sondern an Integration und Industrialisierbarkeit.

Der Nutzen dieses Ansatzes liegt in der konsequenten Durchgängigkeit. Hystar erhält ein CVM-Setup, das zellgenaue Messdaten liefert und sich gleichzeitig nahtlos in die Skalierungsstrategie und das modulare Baukastensystem einfügt. Ziel ist es, Cell Voltage Monitoring für jede einzelne Zelle auch in Serien-Elektrolyseuren praktikabel umzusetzen.

Im konkreten Projektkontext ist die Lösung für die Überwachung eines containerisierten 5-MW-PEM-Systems vorgesehen. Zwei Stack-Module mit jeweils 4 Stacks werden hierfür mit einem CVM von SMART TESTSOLUTIONS ausgestattet. Der Lieferumfang umfasst Messtechnik, Zellkontaktierung, Verdrahtung und Ex-Housing als integriertes Gesamtsystem.

KUNDENVORTEILE

Durch die Integration des CVM erhält Hystar eine bislang nicht verfügbare Transparenz über den Zustand jeder einzelnen Zelle – nicht nur in der Entwicklungsphase, sondern auch im späteren Betrieb der Anlagen. Abweichungen in der Zellspannung lassen sich frühzeitig erkennen und gezielt analysieren. Damit entsteht die Grundlage für eine vorausschauende Wartung sowie für optimierte Betriebsstrategien über den gesamten Lebenszyklus des Elektrolyseurs hinweg.



FAZIT

Die enge Zusammenarbeit zwischen Hystar und SMART TESTSOLUTIONS ermöglichte es, das Cell Voltage Monitoring konsequent vom Entwicklungswerkzeug zur serienreifen Systemkomponente weiterzuentwickeln. Die Lösung verbindet präzise Messtechnik mit einer kompakten, industrietauglichen Integration und fügt sich nahtlos in Hystars Stack- und Produktionskonzept ein. Damit schafft das CVM die Grundlage für effiziente, sichere und skalierbare PEM-Elektrolyseure und unterstützt den Übergang von der Einzelanlage zur industriellen Wasserstoffproduktion.

VORTEILE AUF EINEN BLICK

- ▶ Volle Transparenz auf Zellebene - über den gesamten Lebenszyklus
- ▶ Frühzeitige Erkennung von Alterungs- und Abweichungsprozessen
- ▶ Ultrakompakte Integration ohne Einfluss auf das Stack-Design
- ▶ Serienfähiges Konzept für automatisierte Fertigung
- ▶ Grundlage für Zustandsüberwachung und Servicekonzepte

GELIEFERTE PRODUKTE UND SERVICES

- ▶ CVM-System zur Millivolt-genauen Zellspannungsmessung
- ▶ Cell Voltage Pickups (CVP) inklusive Mechanik zur Stack-Integration
- ▶ Integration in Stack-Design und Produktionskonzept
- ▶ Gemeinsame Integration in die Serienproduktion von Hystar (Baukastenkonzept, Skalierung).

**BE SMARTER
AND CONTACT US.**

T +49 711 25521-10
F +49 711 25521-10
M info@smart-ts.de

SMART TESTSOLUTIONS GmbH
Rötestraße 17 | D-70197 Stuttgart
www.smart-testsolutions.de

