

Zuverlässige Stromversorgung für grünen Wasserstoff

Modulare AC/DC-Wandler steigern Elektrolyseurverfügbarkeit



Keywords

- *Wasserelektrolyse*
- *Gleichrichter*
- *Modulbauweise*

Modulare Gleichrichterkonzepte vereinfachen die Skalierung und Wartung in Elektrolyseanwendungen.

Grüner Strom aus Windkraft und Solarenergie – es gibt ihn mal im Überfluss und mal gar nicht. Power-to-X-Technologien helfen, ihn zu speichern: in Form von elektrochemisch erzeugtem Wasserstoff, der bei Bedarf z.B. in Brennstoffzellen rückverstromt wird. Um die Elektrolysezellen mit Gleichstrom zu versorgen, bietet sich eine modulare Lösung aus AC/DC-Wandlern an, die den Aufbau unterschiedlichster Topologien erlaubt. Das Konzept erleichtert die Wartung und wirkt sich auf die Verfügbarkeit sowie die Lebensdauer der Elektrolysestacks vorteilhaft aus.

Als Grundlage für das Zukunftsbild einer All Electric Society dient regenerativ erzeugte Energie, die ausreichend und bezahlbar zur Verfügung steht. Im Energiemix nehmen Windkraft und Solarenergie einen immer größeren Stellenwert ein. Doch ihre Volatilität birgt Herausforderungen und Speicherlösungen spielen daher im Energienetz der Zukunft eine große Rolle. Pumpspeicherkraftwerke sowie ein Netz aus Batteriespeichern werden künftig die Discrepanzen zwischen der Menge an regenerativ erzeugter Energie und dem aktuellen Verbrauch kurzzeitig abpuffern. Als Langzeitspeicher großer Mengen überschüssigem Strom eignen sie sich jedoch kaum.

Um elektrische Energie langfristig zu speichern, bieten sich Power-to-X-Technologien an. Überschüssiger Strom wird dabei dazu verwendet, Wasser elektrolytisch in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen. Diese können weiter zu Chemikalien oder Kraftstoffen umgesetzt werden. Der entstandene Wasserstoff kann jedoch auch über Monate gespeichert und bei Bedarf rückverstromt werden: in Gaskraftwerken oder – mit höherem Wirkungsgrad – in Brennstoffzellen.

Modulare Konzepte für Elektrolysezellen und Stromversorgung

Heutige Elektrolyseure sind in der Regel modular aufgebaut. Einzelne Elektrolysezellen werden in Stacks gestapelt, wodurch Nennleistungen von typischerweise 10 kW bis hin zu einigen MW entstehen. Aber auch 100-MW- bis hin zu Gigawatt-Elektrolyseanlagen, für die man Dutzende oder sogar Hunderte von Elektrolyseuren zusammenschaltet, entstehen derzeit.

Die modulare Bauweise bietet zahlreiche Vorteile, allem voran die einfache Skalierbarkeit. Zudem erleichtert die Modularität die Massenfertigung der Elektrolyseanlagen. Was liegt näher, als auch die Stromversorgung für die Elektrolyseure modular zu gestalten?

Skalierbare Alternative zum monolithischen Großkonverter

Allen Elektrolyseuren gemein ist der Bedarf an Gleichstrom. Wechselstrom aus dem öffentlichen Stromnetz muss also zunächst durch AC/DC-Wandler gleichgerichtet werden. Damit der elektrolytische Prozess ablaufen kann, muss zudem die Differenz der Elektrodenpotenziale erreicht und als Zellspannung gehalten werden (ca. 1,6 – 2 V). Häufig werden hierzu noch monolithische Großumrichter eingesetzt, die individuell für die jeweilige Elektrolyseanlage errichtet werden. Eine Alternative bietet ein modulares Versorgungskonzept auf Basis der AC/DC-Wandler des Charx-Power-Systems von Phoenix Contact. Die Charx-AC/DC-Wandler im 19-Zoll-Rack-Format wandeln Wechselstrom in Gleichstrom und speisen ihn mit der nötigen Zersetzungsspannung ein. Darüber hinaus sorgen sie für eine hohe Qualität der elektrischen Energie. So reduzieren sie bspw. den Oberschwingungsgehalt auf der Netzseite. Überlagerter Wechselstrom wirkt sich negativ auf die Lebensdauer der Elektrolysezellen aus. Bei Charx-Wandlern beträgt der DC-Ripple lediglich maximal 1,5 %. Sie verhindern zudem kurzzeitige Spannungseinbrüche oder -spitzen.

Modulares Versorgungskonzept überzeugt Hersteller von Megawatt-Elektrolyseur

Mit diesem Konzept hat Phoenix Contact bereits Erfahrung in einer Reihe von Elektrolyseprojekten gesammelt. Hierbei wurden containerisierte Elektrolyseeinheiten mit Anschlussleistungen von einigen 10 kW bis in den Megawattbereich mit modular aufgebauten Gleichrichtereinheiten

basierend auf den AC/DC-Konvertern ausgestattet. Der modularisierte Ansatz ermöglicht den Aufbau von standardisierten Schaltschränken, welche optimal an den Leistungsbedarf der jeweiligen Elektrolysemodule angepasst werden können. Neben dem modularen Ansatz für die Stromversorgung überzeugten die Hersteller der Elektrolyseure technische Details wie integriertes Condition Monitoring, hohe Lebensdauer und einfache Wartbarkeit sowie die hohe Effizienz der Wandler.

Hoher Wirkungsgrad und leicht einzu-bindende Zustandsüberwachung

Für die Gleichstromversorgung von Elektrolyseuren werden in der Regel Charx AC/DC-Wandler mit einer Leistung von 30 kW, basierend auf IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)-Technik eingesetzt. Mit einem Wirkungsgrad von bis zu 96 % sind sie monolithischen Umrichtern deutlich überlegen. Dank eines regelbaren DC-Ausgangsspannungsbereichs von 30 bis 1.000 V lassen sie sich auf die Betriebsspannung unterschiedlicher Elektrolysestacks anpassen. Über eine Rampenfunktion kann man sowohl die Betriebsspannung als auch den Ausgangsstrom langsam hochfahren. Die Gleichrichter verfügen über eine interne galvanische Trennung zwischen AC- und DC-Netz, was für das Design der Energieversorgung vieler Elektrolyseure von zentraler Bedeutung ist. Darüber hinaus sind die Wandler mit 20 kW Leistung verfügbar. Bei ihnen sorgen Siliciumcarbid (SiC)-Leistungshalbleiter sogar für einen Wirkungsgrad von 97 %. Damit reduziert sich die Abwärme nochmals.

Für die Ansteuerung bieten sich die PLCnext Control von Phoenix Contact an. Für diese sind Bibliothekselemente verfügbar, die die Programmierung erleichtern. Spannung und Strom lassen sich flexibel ausregeln und Datenpunkte für die Zustandsüberwachung einfach einbinden. Darüber hinaus sind die Charx-Wandler aber auch mit einem offen zugänglichen Bussystem ausgestattet.

Die Vorteile des modularen Ansatzes der Stromversorgung machen sich bei Anlagenbauern von Elektrolyseuren unterschiedlicher Größenordnung schnell bezahlt. Durch die Kombination der Wandlermodule lassen sich unterschiedlichste Topologien verwirklichen. So können Anlagen für die Produktion von grünem Wasserstoff einfach skaliert werden: von der Pilotanlage bis zur Megawatt-Anlage.

Höhere Verfügbarkeit von Wandler und Elektrolyseur

Auch im Betrieb spricht vieles für die Stromversorgung über die Charx-Gleichrichter. Beispielsweise optimieren die Module den Teillastbetrieb, da man parallel arbeitende Wandler teilweise abschalten und damit die übrigen immer im optimalen Arbeitspunkt fahren kann. Dies wirkt sich positiv auf den Wirkungsgrad aus. Die Betriebsstunden jedes einzelnen Moduls

können so gleichmäßig reduziert werden, was ihre Lebensdauer erhöht. Durch alternierendes Abschalten kann man zusätzlich die Betriebsstunden der Geräte aneinander angleichen. Dies unterstützt die Wartungsplanung und vermeidet eine ungleichmäßige Belastung.

Bezahlt macht sich das Konzept zudem bei Wartung und Instandhaltung. Zum einen, weil die kleinformigen Module unproblematisch

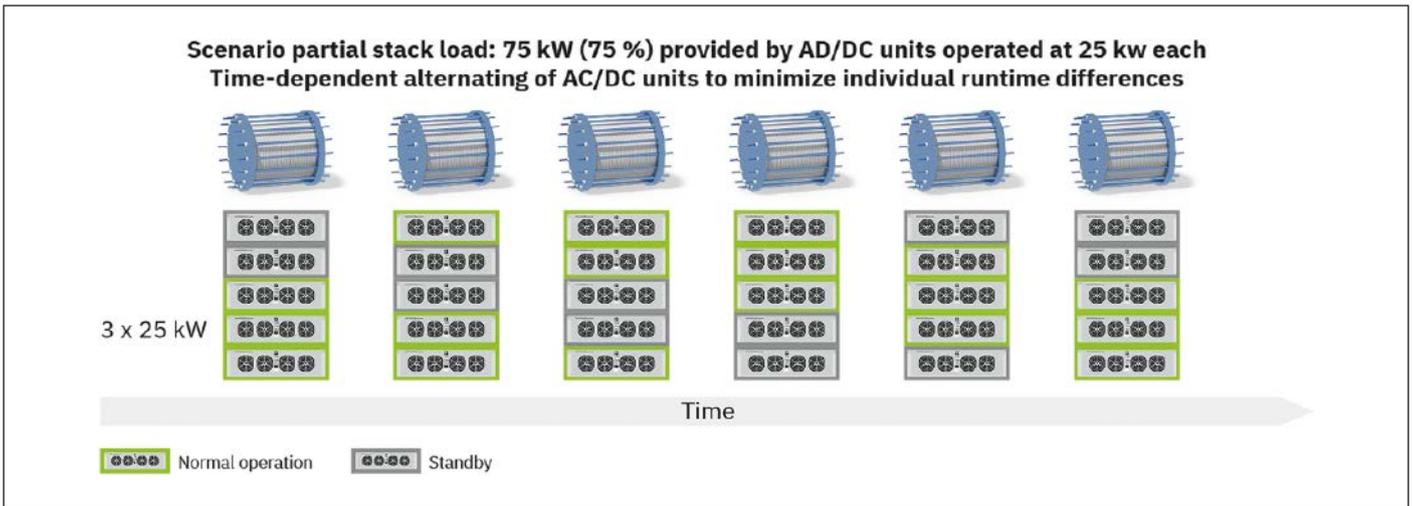


Standardisierter 19-Zoll-Schaltschrank zur Versorgung eines Elektrolysemoduls

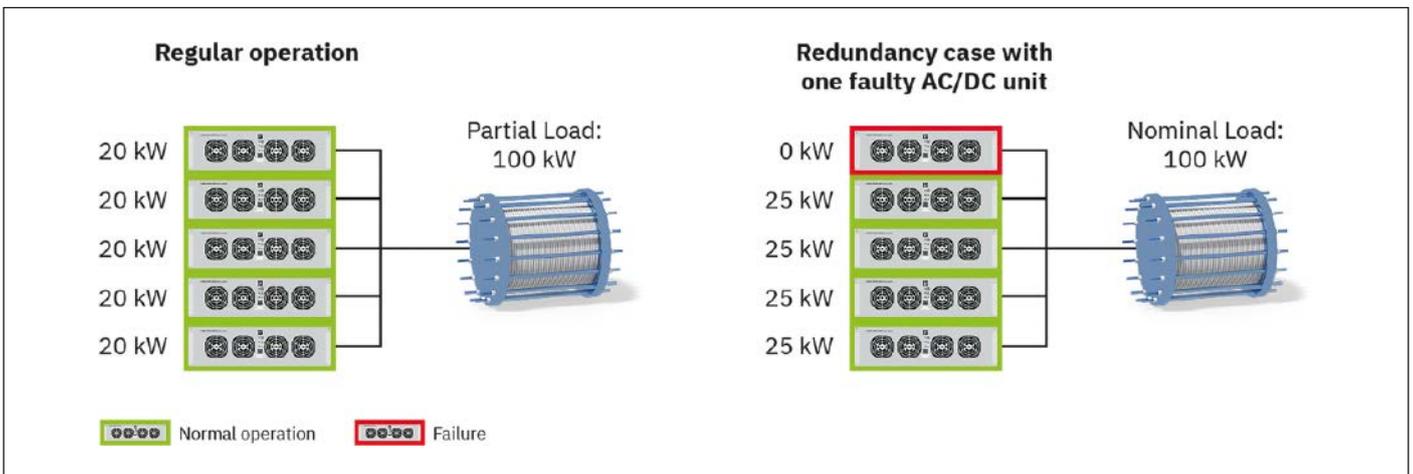
als Ersatzteil vorgehalten werden können. Zum anderen, weil der Betreiber durch die integrierte Zustandsüberwachung rechtzeitig erkennen kann, ob und wann eines der Module ausgetauscht werden muss. Dies geschieht mit Standardwerkzeug, während die restlichen Module den Elektrolyseur weiter versorgen. Damit erhöht sich die Verfügbarkeit der gesamten Anlage. Lediglich im Vollastbetrieb macht sich der Austausch eines Moduls kurzfristig durch eine leicht reduzierte Versorgung eines einzelnen Stacks bemerkbar.

Tritt jedoch in einem monolithischen Großkonverter ein Defekt auf, dann fällt die gesamte hiervon versorgte Elektrolyseanlage aus. In aller Regel muss der Ersatzkonverter individuell gefertigt werden. Bis er geliefert ist, steht die gesamte Elektrolyseanlage still – und das möglicherweise mehrere Wochen – was entsprechend hohe Ertragsverluste verursacht.

Der Einsatz von großen Megawatt-Umrichtern birgt eine weitere Gefahr. Er versorgt zahlreiche Elektrolysestacks mit der gleichen Spannung. Der Gleichstrom verteilt sich unregelmäßig auf die Stacks, die sich jedoch durch leichte Variation im Materialaufbau, unterschiedliche Alterung, Erwärmung etc. unterscheiden. Bei einem elektrochemischen Problem in einem der Stacks ist es nicht möglich, darauf selektiv zu reagieren. Nicht nur einzelne Stacks, sondern



Alternierender Betrieb von Gleichrichtermodulen im Teillastbetrieb reduziert die individuellen Laufzeitunterschiede der Einzelwandler.



Durch modulare Gleichrichterkonzepte wird die Verfügbarkeit in Elektrolyseanwendungen erhöht. Während es bei monolithischen Gleichrichtern im Falle eines Fehlers zu einem Komplettausfall der Anlage kommt, fällt bei einem modularen Ansatz nur der Anteil des betroffenen Leistungsmoduls weg. Je nach Anlagenauslegung kann sogar der Ausfall eines Leistungsmoduls komplett kompensiert werden.

sogar das gesamte System könnte geschädigt werden. Versorgt man dagegen bspw. zehn 120-kW-Stacks jeweils über vier Charx-Module, kann ein einzelner Stack im Fehlerfall unproblematisch außer Betrieb genommen werden. Während er überprüft wird, laufen die restlichen neun Stacks weiter.

Im Einzelfall könnte zwar aus der Kombination von 19-Zoll-Modulen ein etwas größerer Platzbedarf resultieren als bei Einsatz eines Großkonverters. Auch die reinen Investitionskosten können etwas höher liegen. Die aufgeführten Vorteile wie höhere Verfügbarkeit, geringere Wartungskosten und Effizienzgewinn, vor allem im Teillastbetrieb, kompensieren dies jedoch in kurzer Zeit.

Fazit und Ausblick: Zukunftsfähig auch bei der Rückverstromung

Auch Betreiber von Elektrolyseuren, die direkt neben Solarfeldern errichtet und daher ohne zwischengeschaltetes AC-Netz mit Gleichstrom versorgt werden, können von modularen Komponenten aus dem Portfolio von Phoenix

Contact profitieren. Charx-DC/DC-Gleichspannungswandler versorgen die Elektrolysestacks in diesem Fall mit dem benötigten Spannungsniveau. Zahlreiche Vorteile des modularen Konzepts lassen sich auch auf die Rückverstromung von Wasserstoff in Brennstoffzellen übertragen. Dazu werden galvanische Zellen genutzt, in denen elektrischer Gleichstrom erzeugt wird. Dieser muss zur Einspeisung in das Stromnetz in Wechselstrom umgewandelt werden. Für diesen Anwendungsfall hat das Blomberger Unternehmen DC/AC-Inverter im Angebot.

Bei allen Anwendungen profitiert der Anlagenhersteller unter anderem von der großen Flexibilität des modularen Aufbaus. Für die Betreiber macht sich das System durch längere Lebensdauer und Verfügbarkeit der Anlagen sowie einfache Wartung der Wandler bezahlt. So trägt das modulare Versorgungskonzept dazu bei, die notwendige Langzeitspeicherung erneuerbarer Energie zu realisieren, das Zukunftsbild einer All Electric Society zu erreichen – und damit dem Klimawandel zu begegnen.

Andreas Lautmann,

Vertical Market Management Process Industry, Phoenix Contact Electronics, Bad Pyrmont

Niklas Loock,

Project & Product Management High Power Systems, Phoenix Contact Power Supplies, Paderborn

Thomas Oesselke,

Vertical Market Management Process Industry, Phoenix Contact Electronics, Bad Pyrmont

Wiley Online Library



Phoenix Contact, Blomberg
 Tel.: +49 5235 3 1200 - 0
 www.phoenixcontact.de