

# Mit Hybrid-Stromversorgungen fit für die Zukunft

Forschung, Modifikation und Serienreife für Hybrid-Fahrzeuge

Investitionen zu tätigen bedeutet, sich von liebgewonnenem Kapital zu trennen, in der Überzeugung, den eingeschlagenen Weg in die Zukunft durch Erneuerung und Erweiterung des Kompetenzbereiches positiv zu gestalten. Der Beitrag zeigt, wie sich Syko für die Zukunft fit gemacht hat. *Autor: Reinhard Kalfhaus*

Syko hatte sich für 2010 der Aufgabe gestellt, personell die Forschung und Entwicklung sowie das Messequipment aufzustocken und sich in der Normenerfüllung vorwärts zu bewegen. Sicherlich waren wir mit unseren Anträgen zu Förderprogrammen des Bundes erfolgreich, haben diese aber zurückgegeben, da die organisatorischen Bedingungen, wer wann was genau tut, zu aufwendig sind. Der Erfolg gibt Syko Recht, dass der eingeschlagene Weg zur Kompetenzerweiterung mit hoher Dynamik eine Absicherung der Zukunft ist und eine erfolgreiche Weiterführung des Firmenverbundes verspricht. So wurden im vergangenen Jahr die Familie der Batterie-Wechselrichter (WER.H) und Drehrichter (DRR.H) an den Nominalspannungen 24 bis 220 V DC bis zu einer Leistung von 3,1 kVA zur Serienreife gebracht. Diese werden international beispielsweise für Notbelüftung und Steckdosensversorgung mit Einphasen (115/230 V) oder Dreiphasen 400 V (f/U-Control) mit Frequenzen 50/60/400 Hz eingesetzt.

## Komponenten für das Hybridnetz

Für das in Bild 1 dargestellte Hybridnetz hat Syko für die verschiedenen Spannungsebenen Komponenten entwickelt und zur Serienreife gebracht. Die vom Diesel-Elektro-Kreis erzeugte erste Ebene stellt den Hochvolt-Zwischenkreis (meist 650 V DC) dar. Hier liefert Syko für die Fremderregung des Generators auf Basis seines Patentes diese Fremderregung weltweit für Lokomotivantriebe, für Mining Trucks und Schiffe. Die zweite Ebene ist die Bordnetzversorgung mit Batterieladung auf der 24 V-Seite bzw. bis 110 V in der Bahntechnik. Weiterhin werden Fremdeinspeisungen ab dem Einphasen/Dreiphasen-Netz der EVUs benötigt oder ab der Brennstoff-

zelle, die eine gesonderte Behandlung bei der Leistungsabgabe bedarf. Syko hat sich verstärkt auf die Leistungstransformation ab dem 650 V-Zwischenkreis auf die Niedervoltseite mit den Batterie-ladegeräten konzentriert. Bei einem eigenerrregten Generator ist die Zwischenkreisspannung direkt proportional der Drehzahl des Dieselaggregates. Da liegt es nahe, den Wirkungsgrad im Stillstand des Fahrzeuges durch Absenken der UZK (Drehzahl) bis unter 200 V zu verbessern. Die Serien HBL.U und BLG.U beherrschen Spannungsbereiche kleiner 200 bis über 950 V DC. Die oberen Spannungswerte entstehen bei starken Lastwechseln. So wird die Funktionalität des Niedervolt-Bordnetzes über den gesamten Bereich durch zwei leistungskaskadierte Ladegeräte mit 8 kW aufrecht erhalten. Die Serie HBL.U hat das e-Zeichen bestanden und ist auf mehreren Großfahrzeugen aktiv im Einsatz und wird, um die Kosten zu reduzieren, zur Serie HBL.M modifiziert. Diese volumenreduzierte Serie kann mit  $n \times 5$  kW geregelt parallel geschaltet werden und das sinnvoll bis  $3 \times 175$  A/28 V-Ausgang bei einer Eingangsspannung im Bereich 430...950 V. Der Ausgangsstrom  $3 \times 175$  A wird über einen separaten Regelkreis gleichmäßig ab Leerlauf bis 525 A auf die drei Geräte verteilt. Der Ausgang ist überlastfähig, kurzschlussfest

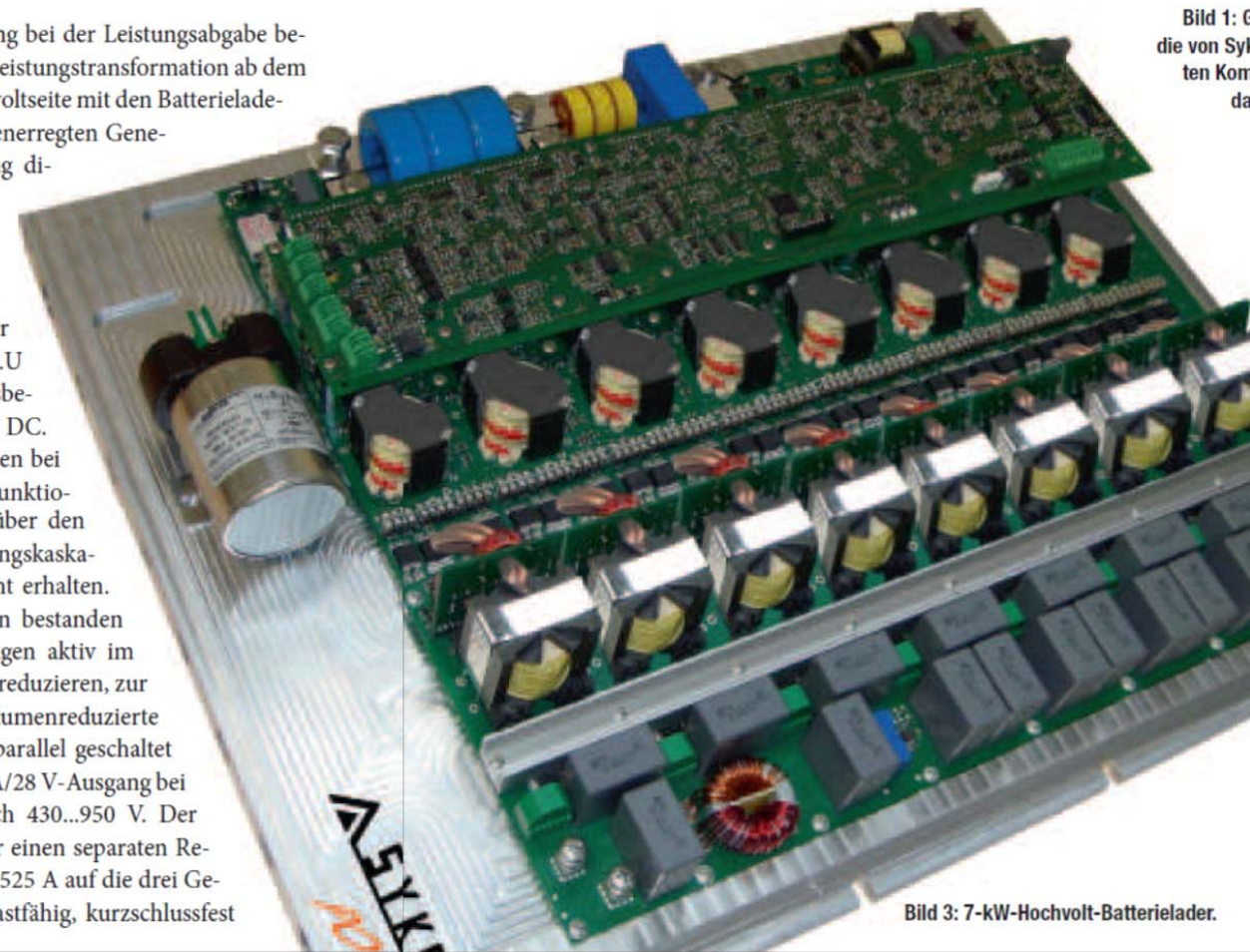


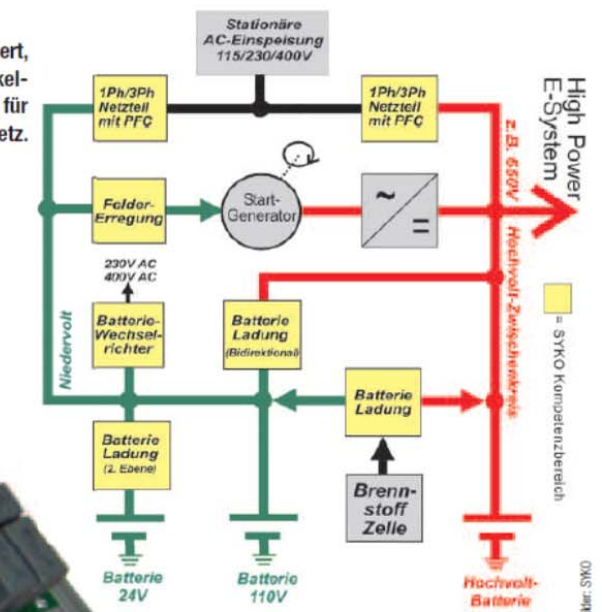
Bild 3: 7-kW-Hochvolt-Batterie-lader.

und leerlaufstabil. Die Ladeschlussspannung ist eine Funktion der Batterietemperatur und die Stromsplittingfunktion lädt die Batterie geregelt mit 10 bis 25 % der Batteriekapazität in Ampere. Der Parallelbetrieb von Bordnetz und Batterie wird ohne Entkoppeldioden ermöglicht (Verlustleitungsreduzierung). Verwaltet werden die kaskadierten Geräte über ein Lademanagement (LMB) das zum Kunden über den CAN-Bus korrespondiert. Einzelwerte sind über die Bedienoberfläche programmierbar.

Diese Serie HBL.M ist auf einen Kühlkörper mit Wasserkreislauf bzw. forciertes Luft montiert und wird kundenseitig in ein IP67-Gehäuse installiert. Optional arbeitet Syko an der Frontend-Eingangsstufe (Bild 2) für den Betrieb am 400 V AC-Dreiphasennetz mit aktiver Powerfaktorregelung.

Das Bild 3 zeigt einen 7 kW-Hochvolt-Batterie-lader für den stromgeführten Betrieb an der Brennstoffzelle 50 bis 100 V und Ladung einer 200 bis 280 V Lithium-Ionen-Batterie. Hier hat Syko ein thermisches Management zur Kostenreduzierung entwickelt. Die gesamten aktiven Leistungsstufen arbeiten in SMD-Technik. Nicht sinnvoll können die Leistungsrosseln und -Transformatoren miniaturisiert werden. Thermisch sind jedoch alle Hotspots an den Wasserkühlkörper angebunden. Durch die von Syko entwickelte geregelte Stromkaskadierung und den synchronisierten Interleaving-Betrieb beträgt die Eingangsfrequenz mehr als 400 kHz, und zum Schutz der Brennstoffzelle konnte die Belastung der Zelle durch Stromwelligkeit sehr gering gehalten werden. Eine überwachte integrierte Vorladung verhindert das dynamische Aufschalten der →

Bild 1: Gelb markiert, die von Syko entwickelten Komponenten für das Hybridnetz.



## Auf einen Blick

### Ein Zukunftsmarkt

Der unter Syko Hybrid angegangene Markt ist ein Zukunftsmarkt. Obwohl das Unternehmen nicht in den globalen Großstückzahlmarkt der Pkw-Branche strebt, wird zurzeit ein Standard-Pkw als Elektro-Sportwagen mit Syko-Batterie-Leistungsmanagement mit Folgeaufträgen beschickt.

infoDIREKT www.elektronik-industrie.de

421ei0111



Bild 4: Einphasen-Wechselrichter mit 7 kVA Leistung.

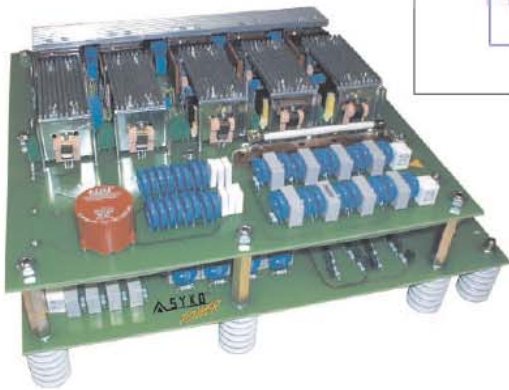


Bild 5: Drehrichterstufe ab der 1000 V/16 2/3 Hz-UIC-Spannung.

Brennstoffzelle auf die Eingangskondensatoren. Das Eingangfilter macht die Gesamtkomponente e-Zeichen-fähig. Die Einzelstrings im Interleaving-Betrieb sind referenzgenau stromgeregelt und stromaufgeteilt. Die stromresonante und bis Leerlauf weich kommutierende Übertragungstopologie ermöglicht es, bei dem weiten Eingangsspannungsbereich die Transformierung der Niedervoltseite mit einem Summenstrom von mehr als 150 A auf den geregelten und adaptiv einstellbaren Hochvoltausgang mit einem extrem hohen Wirkungsgrad.

### Brennstoffzellen-System

In einem Brennstoffzellen-System fallen dem DC/DC-Wandler mehrere Aufgaben zu. Zuerst einmal ist es die Spannungsanpassung und Leistungsabgabe bei unterschiedlichen Spannungslagen auf der Ein- wie auf der Ausgangsseite. Hier ist die Spannungsvarianz bei der Brennstoffzelle systembedingt größer, als man dies zum Beispiel von einer Batterie kennt. Im vorliegenden Fall bewegt sich die Spannung zwischen dem Leerlauf-Fall mit 105 V bis auf 50 V unter Vollast (150 A). Auf der Ausgangsseite wird die Leistung in einen Zwischenkreis mit Spannungen zwischen 200 und 360 V abgegeben.

Eine weitere Aufgabe fällt dem Wandler zu, wenn extreme Lastsprünge auf der Zwischenkreis-Ebene (z.B. wechselnde Lastanforderungen eines Elektromotors) von der Brennstoffzelle ferngehalten werden sollen. Dazu wird im Wandler die Regelung des Eingangstromes verwendet, statt die sonst verbreitete Strategie der Regelung auf die Ausgangsspannung einzusetzen. Somit sind die Kontrolle der elektrischen Belastung der Brennstoffzelle sowie des zeitlichen Verhaltens möglich.

Eine Herausforderung ergibt sich bei Hochvolt-Zwischenkreisen in Fahrzeugen, die meist gewissen Isolationsanforderungen gegenüber dem Fahrzeug-Chassis genügen müssen und mittels Isolations-Wächtern ständig kontrolliert werden. Hier bringt das Kühlsystem einer Brennstoffzelle oftmals eine deutliche Verringerung

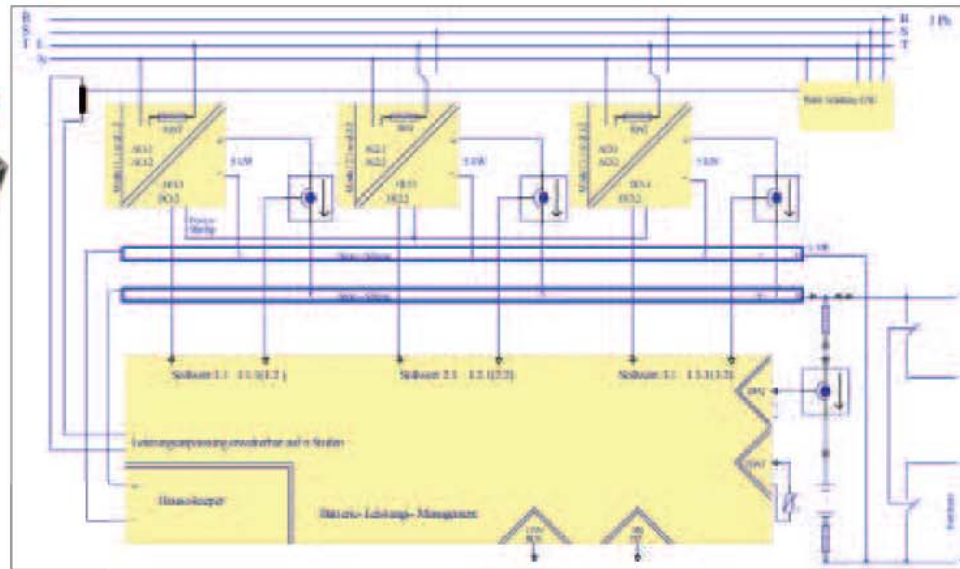


Bild 2: Frontend-Eingangsstufe für 400 V AC-Dreiphasennetz mit aktiver PFC.

des Isolationswiderstandes mit sich, der sich aus der Leitfähigkeit des Kühlmittels sowie der Verrohrung des Kühlkreises ergibt.

Mit der Wahl einer galvanisch getrennten Wandler-Topologie kann man diesem Effekt jedoch begegnen und verhindern, dass der Zwischenkreis durch das Brennstoffzellen-System beeinflusst wird.

### Systemgedanken

Syko stellt sich dem Kundenkreis als Komponentenlieferant mit Systemdenken. Auch hier behält der Kunde die Systemhoheit. Die Kommunikation der Soll-/Istwerte und Funktionsparameter läuft über einen CAN-Bus. Der Gesamtwandler verfügt über einen Housekeeper, der alle Schnittstellen und Funktionsebenen sowie Vorladeschutz und eventuelle Ventilatoren über potentialgetrennte Insellösungen versorgt. Da das Gesamtsystem ab der Hochvoltbatterie gestartet wird (also sekundärseitig), wurde parallel für die Versorgung der Kundenelektronik, Schütze, Ventile usw. ein 750 W-DC/DC-Wandler mit einer weniger als 1 mA benötigten Sleepmode-Funktion entwickelt, der bei verstärkter Isolation geregelte kurzschlussfeste 24 V erzeugt. Regelung, Steuerung und Informationsaustausch laufen über den sehr schnellen Texas-Prozessor und eine CAN-Schnittstelle.

Das Bild 4 zeigt eine Entwicklung eines Einphasen-Wechselrichters mit 7 kVA ab dem 750 V-Fahrdraht mit 430...1050 V AC/1050 V – 10 ms mit verstärkter Isolation, der aus dem 7 kW-Frontendgerät mit hochfrequenter, resonanter weichkommutierender Übertragungsstufe besteht, die auch auf  $n \times 7$  kW kaskadierbar ist, sowie der nachgeschalteten 7 kVA-Wechselrichterstufe mit 1 Phasen- bzw. 3 Phasen (optional)-Ausgang mit  $f/U$ -Control. Der synthetische Sinusausgang ist überlast- und kurzschlussfest sowie leerlaufstabil. Die Eingangsstufe ist spannungs-, strom- und topologiekaskadiert. Das Eingangfilter hat eine Aufschaltstrombegrenzung von 50 A bei 900 V und mehr und beherrscht die Stromlosen funktional sowie die dadurch entstehenden Überspannungen.

Das Bild 5 zeigt eine Drehrichterstufe ab der 1000 V/16 2/3 Hz-UIC-Spannung mit Powerfaktorregelung, hochfrequenter resonanter Übertragung mit verstärkter Isolation unter Berücksichtigung der Glimmaussetzspannung. Die Erstinbetriebnahme dauerte bei Veröffentlichung noch an, die Topologie stützt sich aber auf die von Syko erwirkten Patente und bisherige Felderfahrung. (jj) ■



Der Autor: Reinhard Kalfhaus, Geschäftsführer der SYKO Gesellschaft für Leistungselektronik mbH, Mainhausen.