

Die Spannung steigt

Zukünftige Bordnetzarchitekturen mit 48 Volt

Die Schlagworte Effizienzsteigerung und Energierückgewinnung haben für die Automobilindustrie in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Um diesen Leitzielen gerecht zu werden, sind auch im Bereich der Bordnetzarchitektur innovative Lösungsansätze notwendig.

Autoren: Oliver Druhm, Erwin Lichtenberg, Dr. Martin Gall

Das Umfeld für die Produktentwicklung hat sich in den letzten Jahren deutlich verändert: Sowohl die Endkunden als auch staatliche Stellen erwarten immer schnellere Innovationszyklen sowie eine steigende Umweltverträglichkeit von Konsumgütern. Ein großes Potenzial, diese gesellschaftlichen Zielvorgaben im Bereich der Automobilbranche umzusetzen, birgt das 48-Volt-Bordnetz.

Es ermöglicht sowohl neue Fahrzeugfunktionen, die etwa Voraussetzung für zukünftige Megatrends wie das autonome Fahren sind, als auch eine generelle Effizienzsteigerung. Doch mit der Einführung des 48-Volt-Bordnetzes (Bild 2) stehen die Ingenieure auch vor neuen Herausforderungen. So ergeben sich wegen der erhöhten Spannung besondere Anforderungen an die funktionale Sicherheit, die in Normen wie der ISO 26262:2011 festgehalten sind. Wo liegen also die Vorteile des 48-Volt-Bordnetzes und mit welchen Lösungsstrategien wird man den daraus erwachsenden Herausforderungen begegnen?

Effizienz im Fokus

Eine wesentliche Herausforderung für zukünftige Bordnetzarchitekten liegt in

der Diversifizierung der Antriebskonzepte. Neben klassischen Verbrennungsmotoren, die weiterhin fossile Kraftstoffe wie Benzin oder Diesel nutzen, gewinnen andere Technologien an Bedeutung. Darunter fallen zum einen der Wasserstoff- als auch in besonderem Maße der Elektroantrieb sowie eine Vielzahl von Hybridkonzepten. Da bei diesen Antriebstechnologien verstärkt auf die Optimierung des Energiehaushalts sowie eine Verbesserung der Gesamteffizienz geachtet werden muss, bietet der Einsatz eines 48-Volt-Netzes klare Vorteile. Nicht nur, dass das 48-Volt-Netz bestimmte Fahrzeugfunktionen in den Bereichen Fahrwerk, Heizung, Klimaanlage oder Antrieb überhaupt erst möglich macht. Mehr noch: Besonders Nebenaggregate wie Pumpen und Lüfter haben ein günstigeres Leistungsgewicht

und arbeiten mit 48 Volt effektiver. Generell bietet die im Vergleich zum konventionellen 12-Volt-Bordnetz erhöhte Spannung vor allem dort Vorteile, wo ein relativ hoher Leistungsbedarf besteht. Grundsätzlich könnten diese Anwendungsfälle zwar auch mit Hochvolttechnik abgedeckt werden, allerdings sprechen die vergleichsweise aufwendigen Schutzmaßnahmen gegen diese Option.

Die Motivation für den Einsatz von 48 Volt liegt also in der Realisierung neuer elektrischer Hochleistungsverbraucher, darunter Rekuperationstechnik und Booster-Funktionen im Bereich bis maximal zehn Kilowatt, sowie der Steigerung der allgemeinen Energieeffizienz durch die Elektrifizierung von mechanischen Verbrauchern, wie zum Beispiel Turboladern. Ein weiterer Pluspunkt ist die mögliche Gewichtersparnis. Bei einer Dauerleistung von einem Kilowatt reduziert sich der Leitungsquerschnitt beispielsweise von 16 mm² im 12-Volt-Netz auf deutlich geringere 2,5 mm² im 48-Volt-Netz.

Eck-DATEN

Generell bietet ein 48-Volt-Bordnetz vor allem dort Vorteile, wo ein relativ hoher Leistungsbedarf besteht. Allerdings steigt in Gleichstrom-Netzen bereits ab einer Spannung von 15 Volt die Neigung zur Bildung eines stehenden Lichtbogens signifikant an. Daher sind im 48-Volt-Netz spezielle Schutzmaßnahmen erforderlich.

Bordnetz der Zukunft

Bei der Integration von 48 Volt in zukünftigen Bordnetzarchitekturen gehen die Automobilhersteller derzeit sehr unter-

schiedliche Wege. Während manche recht zurückhaltend agieren und ab dem Jahr 2022 lediglich einfache Systeme für die Rekuperation einsetzen wollen, planen andere bereits ab dem Jahr 2020 die umfangreiche Nutzung der Spannungsebene in den Bereichen Fahrwerk, Heizung, Klimaanlage und Antrieb.

Auffällig ist, dass derzeit keine Realisierung einer Lenkunterstützung auf 48-Volt-Basis geplant ist, obwohl gerade hier durch den hohen Leistungsbedarf große Effizienzvorteile möglich wären. Dies liegt vor allem daran, dass der Stromfluss in der 48-Volt-Spannungsebene bei den gegenwärtigen Bordnetzkonzepten im Fehlerfall komplett unterbrochen wird. Der damit einhergehende Ausfall der Lenkunterstützung wäre unter dem Aspekt der funktionalen Sicherheit nicht akzeptabel.

Entstehung von Lichtbögen

Mit einer Spannung von 48 Volt bewegt man sich noch unterhalb der Grenze, bei der ein Berührungsschutz notwendig wird. Dennoch müssen Vorsichtsmaßnahmen

ergriffen werden, da in Gleichstrom-Netzen bereits ab einer Spannung von 15 Volt die Neigung zur Bildung eines stehenden Lichtbogens signifikant ansteigt. Verstärkt wird dieser Effekt dadurch, dass es – anders als in Wechselstrom-Systemen – nicht zu einem Nullspannungsdurchgang kommt, der Lichtbögen in vielen Fällen zusammenfallen lässt. Einmal gezündet, genügt relativ wenig Energie, um einen stehenden Lichtbogen zu versorgen, da der Stromfluss durch das entstehende Plasma begrenzt wird. Dies macht es schwierig, den Lichtbogenstrom vom regulären Stromfluss der Verbraucher abzugrenzen.

Lichtbögen können sich einerseits aufgrund von parallelen Schadstellen bilden, die etwa durch Scheuern, bei Marderbissen oder nach einem Crash entstehen. Andererseits sind auch serielle Schadstellen möglich, etwa im Falle eines Leitungsbruchs. Zudem ist nicht auszuschließen, dass ein Lichtbogen durch missbräuchliches Stecken oder Ziehen von Verbindungselementen des Bordnetzes bei geschlossenem Stromkreis hervorgerufen



Bild 1: Gängige Kabelummantelungen können eine aktive Stromabschaltung im Schadensfall nicht ersetzen, dienen aber als temporärer Schutz.

werden kann. Gibt es einen Kurzschluss im 48-Volt-Bordnetz, wird deutlich mehr Energie an der Fehlerstelle umgesetzt, als dies bei 12-Volt-Systemen der Fall ist. So können Löcher im Blech entstehen oder die Leitung selbst kann verdampfen.

Aktive Schutzmaßnahmen

Eine Möglichkeit, dieses Problem zu lösen, ist eine elektronische Kurzschlusserkennung. Diese Methode orientiert sich an den

KONTAKTKOMPETENZ FÜR DIE MOBILITÄT DER ZUKUNFT

Kontakttechnologien für unterschiedlichste Ansprüche.

ELEKTROMOBILITÄT

MEDIZINTECHNIK MESS- UND PRÜFTECHNIK MILITÄR- UND SICHERHEITSTECHNIK INDUSTRIELEKTRONIK ENERGIELEKTRONIK

+

Für dauerhaft hohe Stromtragfähigkeit bei geringem Bauraumbedarf. Kombiniert mit dem Hochleistungs-kontakt ODU LAMTAC die perfekte Verbindungslösung.

Mehr auf:
www.odu.de

+

2-Pol HV Stecksystem – ODU GEN2.

ODU[®]

A PERFECT ALLIANCE.

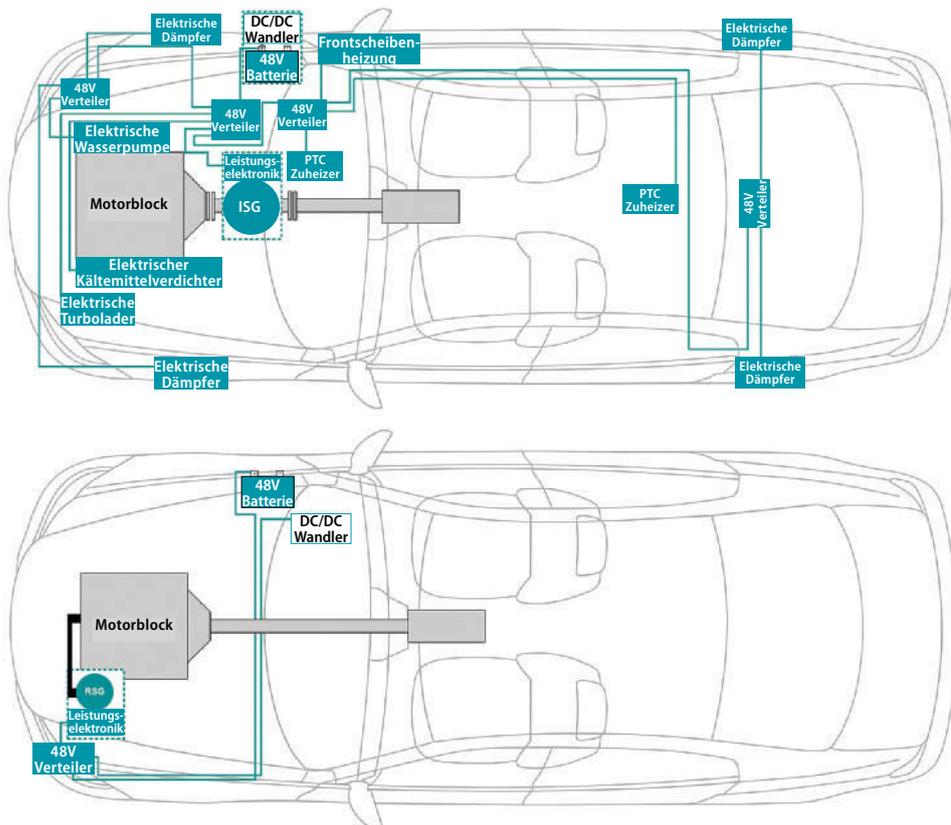


Bild 2: Mögliche Konzepte zur Integration der 48-Volt-Spannungsebene in zukünftigen Bordnetzen unterscheiden sich deutlich in ihrem Umfang.

Gegebenheiten in Fahrzeugen, welche vorwiegend aus Stahl- oder Aluminiumblech bestehen. Dabei untersuchte die Dräxlmaier Group verschiedene Szenarien. So ließen die Experten einen leitfähigen Fremdkörper zunächst langsam in die Isolierung eindringen, wie es etwa bei einer Scheuerstelle auftreten kann; danach simulierten sie einen Unfall, indem sie den Fremdkörper ruckartig in das Material einbrachten. Weiterhin waren die Auswirkungen eines Leitungsbruchs aufgrund von Biegebelastungen durch Schwingungen Gegenstand der Untersuchung. Eine Bestimmung der Auswirkungen von Elektromigration unter verschiedenen Umweltbedingungen rundete die Analyse ab.

Bei der Durchführung dieser Tests mit passenden sowie unterdimensionierten Schmelzsicherungen zeigte sich, dass 44 Prozent von ihnen bei Beschädigungen des Leiters nicht auslösten. Schmelzsicherungen können in diesen Fällen also nicht mehr als sichere Schutzmaßnahme angesehen werden. Damit beginnt die Suche nach einer probaten Methode zur Leitungssicherung beziehungsweise zur Lichtbogenerkennung. Weitere Versuche ergaben, dass energiereiche parallele und

serielle Kurzschlüsse außerhalb des Betriebsbereiches der Verbraucher zuverlässig detektiert und mithilfe von einfachen analogen Schaltungen unterbrochen werden können. Jedoch finden Kurzschlussereignisse auch innerhalb des Betriebsstromes statt, weshalb sie in der allgemeinen Unschärfe von Messmethoden nicht weiter auffallen.

Um auch diese zuverlässig detektieren zu können, entwickelte Dräxlmaier eine Absicherungskomponente, die Analog- und Digitaltechnik miteinander vereint. Diese besitzt ein mehrstufiges Sicherheitskonzept, das durch mehrere konfigurierbare, schnelle Auslöseschwellen eine Abschaltung im μ -Sekunden-Bereich ermöglicht.

Darüber hinaus kann mit einer algorithmischen Auswertung von Strom und Spannung durch einen Mikroprozessor zwischen gewöhnlichem Betriebsstrom und unerwünschtem Störlichtbogen unterschieden werden. Die dazu nötigen Berechnungen nutzen die Messungen einer Gegenstelle, die ihre Daten ausreichend schnell über den Private-CAN-Bus überträgt. Das dazwischenliegende Leitungsstück wird dabei geschützt. Da eine synchrone Messung nicht erforderlich ist,

ist das beschriebene Verfahren mit moderatem Aufwand umsetzbar. Die unabhängige Integrierbarkeit der Detektionsmethode lässt zudem die funktionale Trennung von Schwellabschaltung und Lichtbogendetektion zu.

Infolgedessen kann die Herausforderung bewältigt werden, das Lichtbogenergebnis korrekt zu erkennen und große Energiemengen in der Fehlerstelle durch eine ausreichend schnelle Schwellabschaltung zu vermeiden.

Passive Schutzmaßnahmen

Neben den bereits genannten Sicherheitsvorkehrungen sind auch passive Schutzmaßnahmen in vielen Fällen angebracht. Gängige passive Methoden zielen darauf ab, durch geeignetes Isoliermaterial Kontaktflächen sowie Kriechströme zu verhindern (Bild 1). Auf diese Weise werden Schutzanforderungen „von außen nach innen“ erfüllt. Entsteht jedoch zum Beispiel durch den Bruch einer Leitung im Inneren eines Kabelkanals oder eines Schutzschlauches ein Lichtbogen und bahnt dieser sich thermisch den Weg aus der Umhüllung nach draußen, verändern sich die Anforderungen an die zu wählende Schutzmaßnahme.

Zusätzlich ist im 48-Volt-Bordnetz eine Kriechstrecke von mindestens acht Millimetern erforderlich, weshalb ohnehin nicht alle üblichen Lösungen infrage kommen. Durch die größere Energiemenge pro Zeiteinheit im Vergleich zu 12-Volt-Bordnetzen muss darüber hinaus die größere Gefahr von Schäden durch Elektromigration berücksichtigt werden. Wird die Mindestlänge bei Kriechstrecken eingehalten und werden Schmutzanhäufungen sowie Nässe vermieden, lassen sich passive Methoden mit den heute bekannten Mitteln jedoch durchaus nutzen.

Aktive Schutzmaßnahmen

Mehrere Versuchsreihen zeigten deutlich, dass die Wirkung passiver Schutzmaßnahmen alleine nur einen zeitlich begrenzten Schutz bietet. Selbst bei einer günstigen Materialkombination der Schutzumhüllung kann diese der thermischen Belastung eines andauernden Lichtbogens nicht lange standhalten. In modernen Bordnetzen ist es daher zwingend nötig, passive Schutzmaßnahmen stets mit aktiven zu

kombinieren. Zugleich werden die Sicherheitsanforderungen für Mehrspannungs-Bordnetze auf diese Weise vollständig erfüllt, was bei bisherigen Verfahren nicht der Fall war. Eine aktive Fehlererkennung bietet zudem nicht nur die Möglichkeit, aufgrund von Datenauswertungen die Methodik selbst zu verbessern, sondern auch ein Vorhersagemodell zu entwerfen, auf dessen Grundlage Fehlern vorgebeugt werden kann.

48 Volt im Serieneinsatz

Im Hinblick auf neue Technologien wie das autonome Fahren werden die zuvor beschriebenen Schutzmaßnahmen von immer größerer Bedeutung sein, da Normen wie die ISO 26262:2011 und die damit einhergehenden Sicherheitsziele eingehalten werden müssen. Obwohl die Umsetzung der Sicherheitsanforderungen eine gewisse Herausforderung mit sich bringt, bietet das 48-Volt-Bordnetz zahlreiche Vorteile: Neben einer Gewichtsreduktion durch geringere Kabelquerschnitte sorgt die Möglichkeit einer Elektrifizierung bislang mechanisch betriebener Aggregate zusätzlich für eine deutlich verbesserte Gewichts- und Leistungsbilanz bei zugleich signifikant erhöhtem Wirkungsgrad. Auch die Rückgewinnung von Bewegungsenergie kann mit 48 Volt effizient umgesetzt werden.

Grundsätzlich besteht zudem die Möglichkeit, die bisherige 12-Volt-Technik vollständig durch die 48-Volt-Ebene zu ersetzen, wodurch der Spannungsbereich von Steuergeräten signifikant größer und Unter- wie Überspannungsszenarien seltener wären. Allerdings kommt gerade in Anbetracht der zunehmenden Verbreitung von mit Hochvolt-Technik ausgestatteten Elektroautomobilen die Frage auf, ob 48-Volt-Bordnetze unter Umständen nur eine Zwischenlösung darstellen. Für die kommenden Fahrzeuggenerationen, insbesondere für Hybridkonzepte, bietet die neue Spannungsebene aus Sicht von Dräxlmaier aber den passenden Lösungsraum, weshalb sie sich ihren Weg in den Serieneinsatz bahnen wird. (ku) ■

www.all-electronics.de



Autoren

Oliver Druhm

Teamleiter Konzeptentwicklung Bordnetze bei der Dräxlmaier Group

Erwin Lichtenberg

Spezialist für 48-Volt-Bordnetze bei der Dräxlmaier Group

Dr. Martin Gall

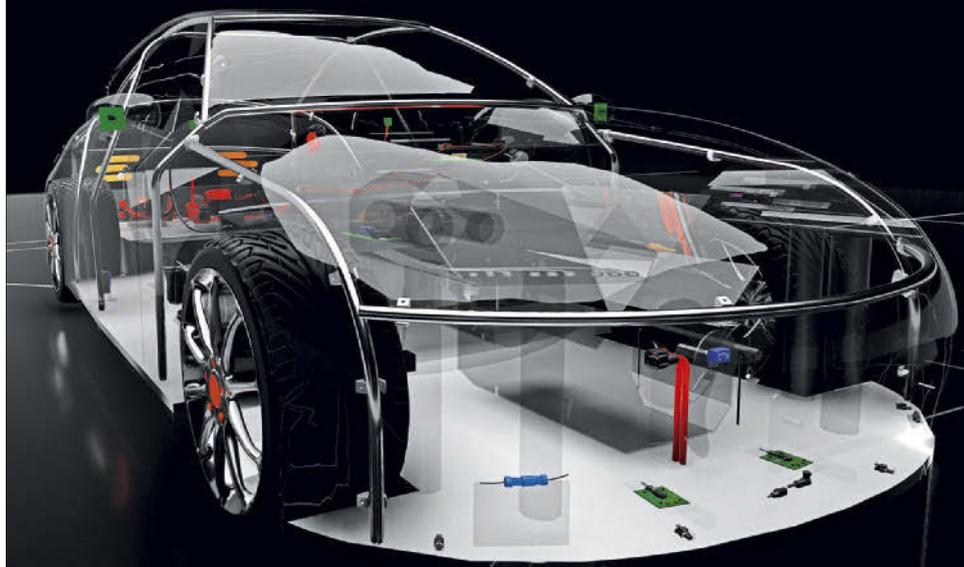
CTO der Dräxlmaier Group

all-electronics.de

infoDIREKT

401ael1017

MINIATURISIERTE VERBINDUNGEN FÜR DIE AUTOMOBIL-INDUSTRIE



PicoMQS



NanoMQS



MCON 0.50



MATEnet

Unsere miniaturisierten Steckverbinder-Serien bieten platzsparende Lösungen für eine breite Palette von Anwendungen, wie „Blackbox“-Komponenten, Infotainment- und Motorrauminstallationen. Zusätzlich halten sie auch robusten Anforderungen stand und erfüllen somit die hohen Qualitätsansprüche der Automobil-Industrie.

Erfahren Sie mehr über unsere miniaturisierten Verbindungslösungen auf www.TE.com/Automotive/Miniaturization

TE Connectivity Germany GmbH

Product Information Center:

+49 (0)6251 133-1999

www.TE.com

TE
connectivity

EVERY CONNECTION COUNTS