

Geschichte

Das 48-V-Bordnetz ist keine neue Idee. Bereits Anfang der 90er-Jahre diskutierten verschiedene Hersteller über eine Anhebung der Spannung, da der steigenden Anzahl elektrischer Verbraucher mit einer höheren Spannung begegnet werden sollte. Damals war die Überlegung, dass man den steigenden Energiebedarf mit einer höheren Spannung abdecken musste, da es noch keine Generatoren mit ausreichender Leistung gab.

Man einigte sich auf eine Batteriespannung von 36 V und benannte das Bordnetz nach der erforderlichen Reglerspannung 42 V. Mit der Entwicklung von Generatoren mit einer Leistungsabgabe von über 3 kW und dem noch schleppenden Einsatz von leistungsintensiven Verbrauchern (z.B. wurde eine elektromagnetische Ventilsteuerung nie in Serie produziert) rückte die 42-V-Idee wieder in den Hintergrund.

Erst mit der steigenden Hybridisierung bekam die Idee neuen Aufschwung. Man wählte aber diesmal eine vierfach höhere Spannung von 48 V und das 12-V-Bordnetz sollte damit auch nicht komplett ersetzt, sondern erweitert werden.

Herausforderungen

48 V als Betriebsspannung hat den Vorteil, dass sie unter 60 V liegt und dadurch kein spezieller und kostenintensiver Berührungsschutz notwendig ist. Ebenso ist eine Isolationsüberwachung nicht vorgeschrieben. Trotzdem gilt es aus technischer Sicht einige Sicherheitspunkte zu beachten. Ein solcher Punkt ist das Trennen von Steckverbindungen unter Last. Während in einem 12-V-Bordnetz das Trennen eines Steckers unter Spannung praktisch keinen Lichtbogen erzeugt, so kann dies bei einer viermal höheren Spannung ein Problem sein. Bei 48 V können ohne Probleme Lichtbögen entstehen, welche die Steckverbindungen und Kontakte thermisch zerstören. Dies ist auch möglich, wenn ein Kurzschluss entsteht. Um dies zu verhindern, kann man Stromkreise elektronisch überwachen und bei einem schleichenden Kurzschluss den Kreis abschalten.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Trennung des 12-V- und 48-V-Bordnetzes. Auf der einen Seite müssen die beiden Netze so verbunden sein, dass eine Kommunikation möglich ist, auf der anderen Seite muss verhindert werden, dass die Komponenten mit 12 V auf das höhere Spannungsniveau gehoben werden. Ein Beispiel für die Kommunikation ist das Motorsteuergerät (12 V), welches mit dem Startergenerator (48 V) verbunden ist. Zusätzlich sind beide Massen mit der Karosserie verbunden. Dabei sind die 12-V-Komponenten meistens mit der Karosserie verschraubt, wogegen die meisten 48-V-Verbraucher über ein Kabel mit der Masse verbunden sind. Durch das höhere Spannungsniveau können Störimpulse entstehen, welche die Kommunikation auf einem tiefen

Spannungsniveau stören, z.B. CAN-Bus Signale. Beim Startvorgang aus dem 48-V-Bordnetz entstehen Ströme bis zu 600 A. Diese fließen über die Karosserie wieder zurück. Werden Abschirmungen aus Kupferdraht verwendet, welche an die Masse führen, so können diese ebenfalls als Stromweg dienen. Dadurch ist es möglich, dass über die Abschirmung Ströme bis zu 10 A zurückfließen und dabei das Niederspannungsnetz beschädigen können. Aus diesem Grund müssen die beiden Netze galvanisch getrennt werden. Eine Möglichkeit bietet hier die optische Datenübertragung, da diese gegenüber elektromagnetischen Störimpulsen unempfindlich ist. Aus diesem Grund werden oft sogenannte POF-Kabel (polymere optische Faser) verbaut. Diese Kabel erlauben eine hohe Datenübertragungsrates und ermöglichen beim Verlegen auch enge Biegeradien.

Aufbau

Für den Aufbau des Bordnetzes mit einer zusätzlichen 48-V-Spannungsebene gibt es verschiedene Ansätze. Eine sehr einfache Möglichkeit ist die Verwendung eines einzelnen DC/DC-Wandlers. Dieser dient nur dazu, ein bis zwei Verbraucher mit 48 V zu versorgen und den 12-V-Generator zu entlasten. Es wird auf einen Speicher verzichtet und somit benötigt man auch kein zweites Batteriemangement. Diese Lösung wurde z.B. von Porsche bei der Einführung der aktiven Wankstabilisierung eingesetzt. Mit dieser Variante lässt sich aber keine Hybridisierung erreichen.

Eine gängige Variante für eine aktuelle Topologie zeigt Bild 1. Auf der einen Seite haben wir den Startergenerator und die 48-V-Batterie mit den entsprechenden Verbrauchern und auf der anderen Seite die 12-V-Batterie mit den jeweiligen Verbrauchern. Als Schnittstelle dient ein DC/DC-Wandler, welcher für die entsprechende Umwandlung der Spannung sorgt. Zusätzlich besteht hier die Möglichkeit, das Fahrzeug über eine Steckdose zu laden. Somit wäre die Funktion eines Plug-in-Hybridfahrzeuges gegeben.

Als Beispiel für die Kommunikation zwischen den Steuergeräten stehen im Bild die Bauteile 3 und 5. Diese sind über ein POF-Kabel verbunden, mit dem die Datenkommunikation erfolgt. Somit ist die galvanische Trennung sichergestellt. Durch die Anbindung von Verbrauchern an das 48-V-Netz kann der jeweilige Kabelquerschnitt reduziert werden. Bereits eine einfache Heizung mit einer Leistung von 300 W benötigt mit einer 12-V-Batterie 21.4 A ($300 \text{ W} : 14 \text{ V} = 21.4 \text{ A}$). Bei 48 V Bordnetzspannung beträgt der Strom nur noch 6.25 A. Das hat nicht nur Auswirkungen auf den Kabelquerschnitt, sondern auch auf die Halbleiterbauelemente in der Steuerung. Bei einem tieferen Strom können diese auf eine geringere Verlustleistung ausgelegt werden und werden somit günstiger.

Bauteile

Bei diesen Bordnetzen kann auf einen herkömmlichen Generator verzichtet werden. Anstelle dessen wird ein Riemen-Starter-Generator oder ein Kurbelwellen-Starter-Generator verbaut. Je nachdem, welches Hybridkonzept angestrebt wird. Grundsätzlich sind alle Mildhybridvarianten realisierbar, bei paralleler Bauweise sind die Konzepte P0 - P3 möglich. Als 48 V Batterie kann eine Li-Ionen-Batterie mit passiver Kühlung eingesetzt werden. Auf dem Markt gibt es kompakte Batterien mit einer Masse von 6 kg und einer Entladeleistung von 11 kW. Durch die passive Kühlung ist die Batterie gut ins Fahrzeug integrierbar, da es nicht nötig ist, sie an den Kühlkreislauf anzuschließen. Aufgrund der höheren Spannung ist es möglich, diverse Nebenaggregate elektrisch zu betreiben. Somit wird deren Antrieb auch beim Stillstand des Verbrennungsmotors sichergestellt. Dazu gehören z.B. der Klimakompressor, elektrische Verdichter und Pumpen für das Kühlwasser oder das Getriebeöl. In den Steuergeräten müssen elektronische Bauelemente (z.B. MOS-FET-Bausteine) verwendet werden, welche für die höhere Spannung ausgelegt sind.

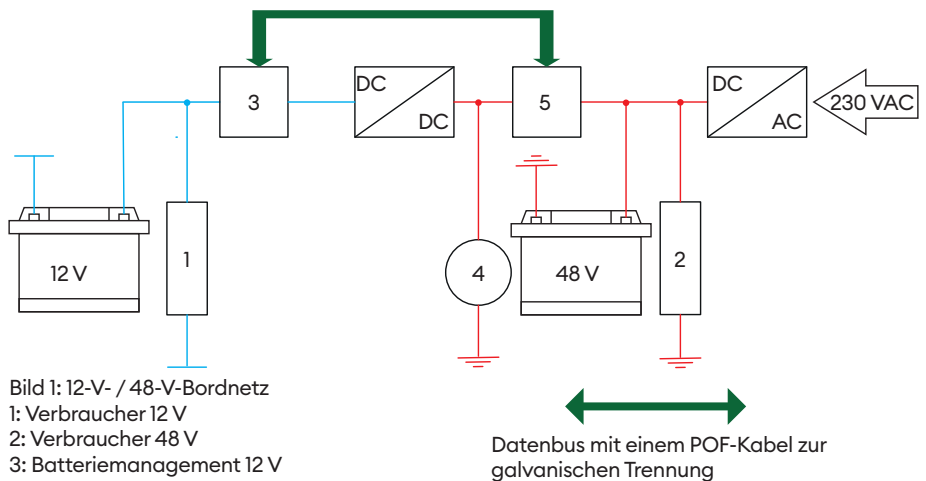


Bild 1: 12-V- / 48-V-Bordnetz
1: Verbraucher 12 V
2: Verbraucher 48 V
3: Batteriemangement 12 V
4: Starter-Generator
5: Batteriemangement