

Bildquellen: Audi, Fiat, etc

Die Zwischenkreiskapazität, der Hochvoltkondensator oder der Zwischenkreiskondensator (Bild 1) hat in der Leistungselektronik verschiedene Aufgaben zu erfüllen. Es ist aber auch in Bezug auf die Arbeitssicherheit sehr wichtig, dieses Bauteil nicht zu vergessen. Unter anderem muss bei älteren Fahrzeugen wegen diesem Bauteil beim Spannungsfreischnalten zwischen Tätigkeiten mehrere Minuten gewartet werden.

Aufgaben

Grundsätzlich stabilisiert ein Kondensator die Gleichspannungsseite. In der Wechselspannung filtert er hochfrequente (Stör-) Frequenzen aus und glättet ein anliegendes Signal. Dazu kommt die Problematik der Hochvoltleitungen. Auch wenn die Leistungselektronik an die E-Maschine angeflanscht ist, misst die Leitung zwischen dem Leistungstransistor und der Batterie in vielen Fällen mindestens einen Meter. Jede Leitung bedeutet nicht nur eine ohmsche, sondern auch eine induktive und eine kapazitive Last. Das heisst, die Leitung weist neben einem ohmschen auch einen induktiven und einen kapazitiven Widerstand auf. Der Zwischenkreiskondensator wird immer möglichst nah bei den Leistungstransistoren platziert, damit er die Leitungsinduktivitäten zwischen Energiequelle und Leistungselektronik kompensieren kann.

Beispiel

Wird ein geschlossener Stromkreis (Bild 2) aus einer Batterie gespeist und ist ein ohmscher Widerstand eingebaut, so spielen eventuelle Induktivitäten keine Rolle. Im Einschaltmoment wird durch die Selbstinduktion der Strom etwas langsamer ansteigen und beim Ausschalten wird sich eine Spannungsspitze bilden. Wird jedoch der Laststrom beispielsweise durch ein 10-kHz-PWM-Signal mit angenommenen 50 % Tastverhältnis an einen Transistor geschaltet, wird die

Selbstinduktion aktiv. Wäre der Stromkreis nur durch ohmsche Widerstände belastet (Bild 2a), käme das Rechtecksignal beim Lastwiderstand verzerrungsfrei an. Da aber die meisten Widerstände und jedes Kabel auch einen induktiven Widerstand aufweisen, wirkt sich dieser mit zunehmender Frequenz und steigendem Strom immer stärker aus. Bei jedem Einschaltvorgang wird der Strom verzögert und erreicht den Nennstrom kaum mehr. Bei den Ausschaltvorgängen, können durch die Ausschaltinduktionen hohe Spitzenspannungen erreicht werden, welche ohne Kondensator den Transistor zerstören können (Bild 2b). Der Zwischenkreiskondensator hält somit nicht nur die Spannung konstant, sondern er verhindert auch den hohen Überspannungsimpuls und vermeidet, dass die Leitungen zu Antennen werden (EMV). Ausserdem ermöglicht er, dass der gewünschte Strom und Stromverlauf am Widerstand anliegt (Bild 2c). Natürlich gibt es durch die Blindleistungen einen gewissen Strom- und Spannungsabfall. Auf diese Art wird der Zwischenkreiskondensator zu einem wichtigen Bauteil im Leistungsteil zwischen der HV-Batterie und der Leistungselektronik in jedem BEV oder Hybridfahrzeug.

Praxis

In der Praxis muss diesem Bauteil jedoch die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt werden. Nicht nur der Entwicklungsingenieur muss entsprechende Massnahmen ergreifen, auch der Spezialist in der Werkstatt muss beim Spannungsfreischnalten aufgrund des Zwischenkreiskondensators gewisse Tätigkeiten ausführen.

Ein- und Ausschalten

Aus Sicherheitsgründen ist die Hochspannung bei ausgeschaltetem

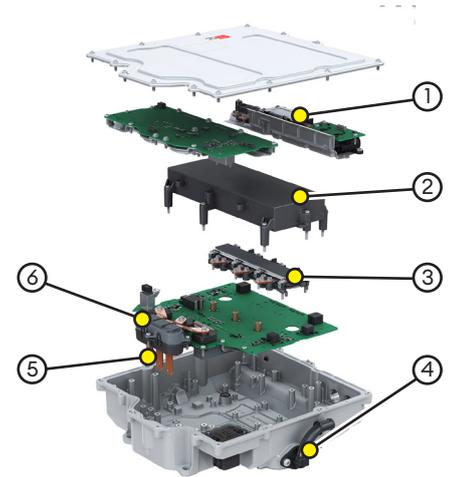


Bild 1: Leistungselektronik von Audi. 1 Schnittstelle - 2 Zwischenkreiskondensator - 3 Powermodul - 4 Kühlanschluss - 5 AC-Anschluss - 6 EMV-Filter

Fahrzeug mittels Schützen bei der Batterie plus- und minusseitig unterbrochen (8, 9 und 10 in Bild 3). Da in diesem Zustand auch der Zwischenkreiskondensator (7) entladen ist, darf der Stromkreis nicht einfach eingeschaltet werden, da sonst ein sehr grosser Strom den Kondensator lädt. Zuerst werden Schalter 8 und 10 eingeschaltet. Der Widerstand hinter dem Schalter 8 bremst den Strom und der Spannungsanstieg im Zwischenkreis erfolgt gemäss 1 in Bild 3. Hat die Spannung einen gewissen Wert erreicht, wird Schalter 9 geschlossen und 8 geöffnet. Beim Ausschalten werden die Schalter 9 und 10 geöffnet. Danach ist der Zwischenkreis und damit die Leistungselektronik aber nicht spannungsfrei, da der Zwischenkreiskondensator noch geladen ist. Aus diesem Grund wird der Transistor in Stromkreis 6 angesteuert. Dieser ermöglicht, dass der Kondensator (7) über den Widerstand nach Diagramm 3 in Bild 3 entladen wird. Dank dieser Schaltung muss man heute nicht mehr auf das Entladen des Kondensators warten.

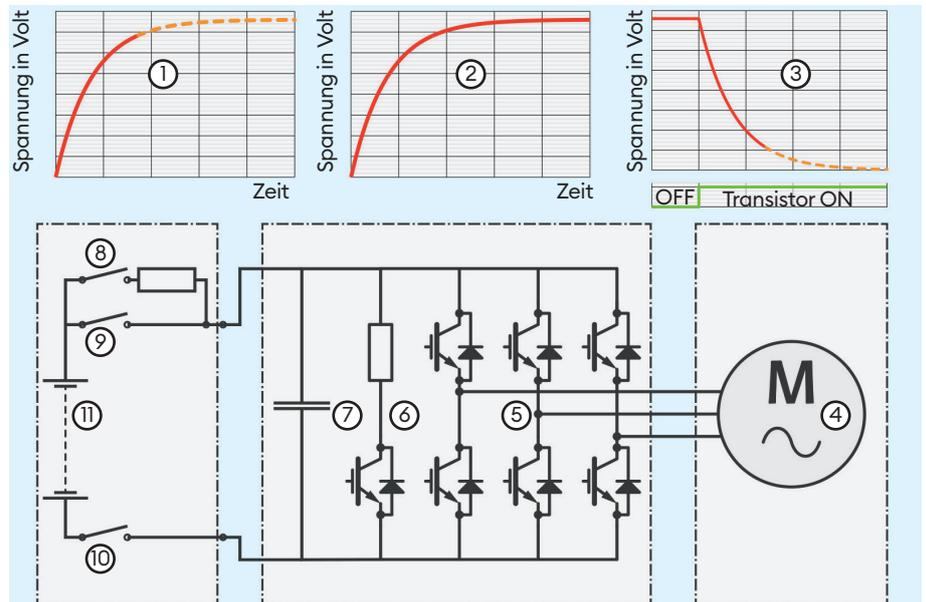


Bild 3: Energieversorgung. 1/2/3 Lade-, Entladediagramme des Zwischenkreiskondensators - 4 E-Maschine - 5 Leistungsbrücke - 6 Entladeschaltung - 7 Zwischenkreiskondensator - 8/9/10 Einschalt-schütze - 11 Batterie

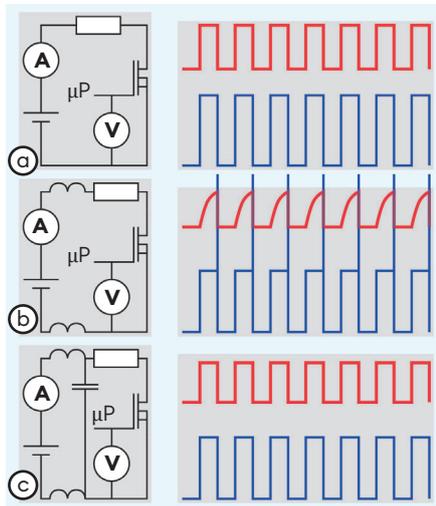


Bild 2: a) der Stromkreis ohne - b) mit und c) mit kompensierten induktiven Widerständen - rot: Stromverlauf, blau: Spannungsverlauf

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / Andreas Lerch

Sponsor: DERENDINGER

Sponsor: