

Sollte man Systeme in Elektroautos besser schirmen oder filtern?

Die EMV in Elektrofahrzeugen sicherzustellen ist eine extreme Herausforderung. Betrachtungen am Beispiel eines offenen E-Fahrzeugmodells sollen zeigen was besser ist: Schirmen oder Filtern.

Elektromobilität ist eine der größten technischen Herausforderungen unserer Tage. Denn immer mehr Elektronik und Mikroprozessortechnik rückt in einem E-Fahrzeug immer enger zusammen. Und so stören und beeinflussen sich diese Systeme immer häufiger gegenseitig – bis hin zum Funktionsausfall. In solchen Fällen versucht man meist zunächst, die einzelnen Geräte und Systeme durch entsprechendes Schaltungs- und Layout-Design abstrahl- und einstrahlfest zu machen. Oft reicht aber die so erzielte Störfestigkeit nicht aus, sodass darüber hinaus auch geschirmte Gehäuse erforderlich sind.

Die Leistungselektronik im E-Fahrzeug stört extrem

Neben den rein technischen Aspekten müssen jedoch auch die gesetzlichen Anforderungen in Sachen EMV betrachtet werden. Auch wenn die Normung derzeit noch am Anfang steht und es noch keine gesetzlichen

Vorgaben gibt, so ist als Normungsänderung die Richtlinie UN ECE R 10 normativ doch verabschiedet. Diese Richtlinienänderung beachtet in Zukunft den Effekt der Leitungsimpedanz und Spannungsverhältnisse einer Batterieladestation.

Vereinfachtes Hybrid-Modell nach Kreyenberg

Sehr vereinfacht kann man sich ein E-Fahrzeug nach dem in Bild 1 gezeigten Modell nach Kreyenberg verdeutlichen. Bei dieser groben Darstellung eines Elektrofahrzeuges sind viele Elektronikkomponenten, Steuerungen, Kommunikationselemente und Leitungen nicht dargestellt. An der IMG Nordhausen wurde nach auf dieser Basis eine detaillierte E-Fahrzeugnachbildung aufgebaut, wie sie im großen Bild oben zu sehen ist. Diese ist offen für den Einbau verschiedenster E-Komponenten der unterschiedlichsten Fahrzeughersteller für funktionelle und EMV-Tests. In der Erprobungsphase von

Fahrzeugkomponenten ist das ein Vorteil gegenüber Testfahrzeugen, da sich Komponenten frei integrieren lassen und nicht zuerst an die mechanischen und elektrischen Bedingungen des Testfahrzeuges angepasst werden müssen. In der aktuell laufenden ersten Testserie der Fahrzeugnachbildung wird die Integration neuer Ladetechnologien einerseits und die Integration innovativer Funkentstörfilter andererseits erprobt.

Ein viel diskutiertes Manko im Aufbau des Hochvoltbordnetzes und des Antriebsstrangs in Elektro- und Hybridfahrzeugen ist die Notwendigkeit, geschirmte Hochvoltleitungen zu verwenden. Die Schirmung der Hochvoltleitungen ist notwendig, da leistungselektronische Komponenten wie der Antriebswechselrichter mehr als das 100-Fache an elektromagnetischen Störungen produzieren können als Komponenten der 12-Volt-Ebene. Auch wesentlich leistungsschwächere Hochvoltssysteme wie Klimakompressoren erreichen noch immer Werte, die beim 10-Fachen liegen.

Geschirmte Leitungen sind dick, schwer und biegesteif

Das Überkoppeln dieser massiven Störungen in die Steuer- und Kommunikationseinrichtungen des Fahrzeugs muss mittels der Abschirmung der Hochvoltkabel verhindert werden. Die geschirmten Kabel bringen aus Systemsicht einige Nachteile mit sich. So besitzen sie wesentlich höhere Durchmesser als ungeschirmte Leitungen, haben eine deutlich höhere Masse und sind wesentlich biegesteifer. Zudem weisen die Stecksysteme eine mangelnde Langzeitverlässlichkeit auf, da die Schirmwirkung maßgeblich vom Kontaktwiderstand zwischen Kabelschirm und dem Metallgehäuse der Elektrokomponenten abhängig ist. Hier werden Werte von $<10\text{ m}\Omega$ gefordert. Neuralgisch ist der Übergangswiderstand, welcher sich bei der Schirmübergabe von Stecker auf Buchse ergibt. Durch mechanische Beanspruchung, beispielsweise durch häufiges Stecken oder durch Rütteln und Schütteln im Fahrbetrieb, erhöht sich

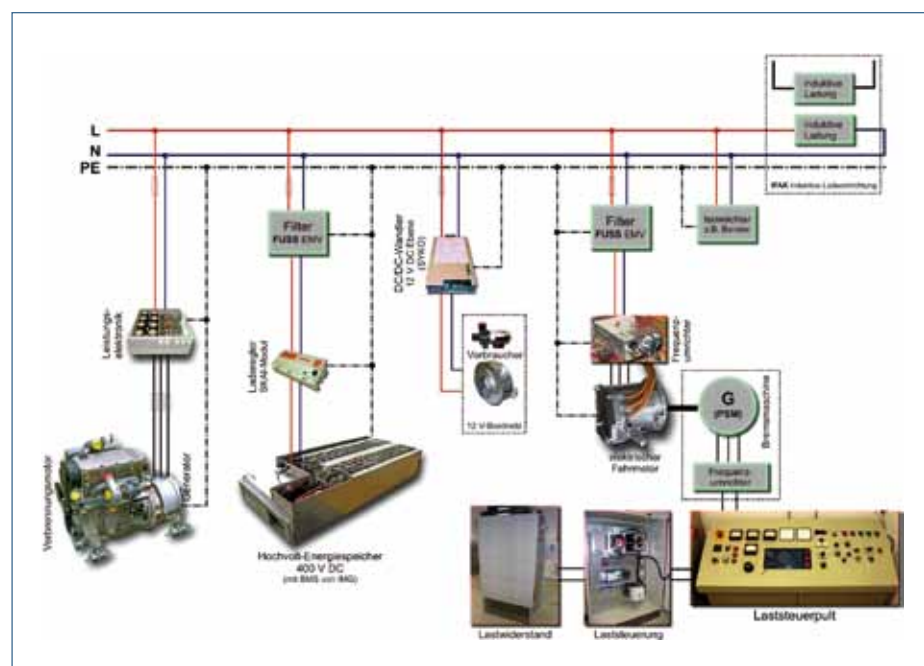


Bild: IMG Nordhausen

Offene E-Mobilitäts-Kfz-Nachbildung: für funktionelle und EMV-Tests der IMG Nordhausen

der Übergangswiderstand um bis zu dem 10-Fachen des ursprünglichen Wertes. Die Schirmwirkung wird dabei stark reduziert. Die benötigte hohe Robustheit macht die Stecker zusätzlich teuer.

Eine weiterer wichtiger Aspekt innerhalb der Fragestellung „Filtern oder Schirmen?“ ist, dass alle Geräte, die an das mit hohen Störpegeln belastete, aber geschirmte HV-Bordnetz angeschlossen werden, auch das Schirmkonzept zu 100% mit Aufrecht erhalten müssen. Häufig kommt es jedoch zur Störüberkopplung innerhalb an sich störärmer Geräte wie beispielsweise der Hochvoltbatterie von den Leistungskreisen auf die Steuerkreise. Von den ungeschirmten Steuerkreisen werden dann die hohen Pegel des Hochvoltbordnetzes abgestrahlt. Dieses Problem entfällt bei der Filterung des Hochvoltbordnetzes, da dann dort nur noch unkritische Störpegel vorhanden sind.

Ermitteln des nötigen Filteraufwands über Messreihen

Mithilfe der Messreihen an der Fahrzeugnachbildung wird aktuell ermittelt wie hoch der Filteraufwand ausfällt, um die Störpegel auf den Hochvoltleitungen so stark zu reduzieren, dass kein Kabelschirm mehr benötigt wird. Die Material-, Gewichts- und Kostenreduzierung beim Wegfall der Kabelschirme sollte dabei größer ausfallen als der Material-, Gewichts- und Kostenmehraufwand durch den Filter. Die hingegen stets vorhandenen Vorteile der Filterung gegenüber der Schirmung sind die höhere Zuverlässigkeit. Der oben diskutierte, bei den Steckkontakten der Kabelschirmung auftretende Alterungseffekt entfällt bei der Filterung. Zudem ist die Störunterdrückungswirkung eines Kabelschirms von der Länge des Kabels abhängig. Im Falle der Filterung spielt die Kabellänge und dessen Verlegung hingegen eine untergeordnete Rolle, dadurch steigt der Freiheitsgrad bei der Verkablung. Darüber hinaus haben Filter- gegenüber der Schirmungslösungen den Vorteil, dass Geräte, die selbst kaum Störungen erzeugen, keine Strahlungslecks für die Emissionen störintensiver Geräte werden können und weniger Robust gegenüber Störeinwirkung sein müssen.

Drüber hinaus soll innerhalb des Projektes die Integration neuer Ladetechnologien wie kontaktlos-induktiver Energieübertragungssysteme in die Fahrzeugnachbildung erprobt werden. Dafür

Bild: Daimler AG

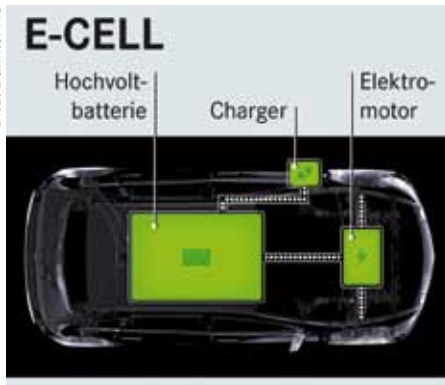


Bild 1: Grobaufbau eines Elektrofahrzeuges; es fehlen viele Elektronikkomponenten, Steuerungen, Kommunikationselemente und Leitungen.

soll ein interoperables Ladesystem zum Einsatz kommen, das in dem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Projekt InterOp (Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation) entwickelt wird. Das Verbundvorhaben umfasst zehn Partner, u.a. das ifak Magdeburg.

Induktive Energieübertragung erlaubt kontaktloses Laden

Die innovative Technologie der kontaktlosen induktiven Energieübertragung ermöglicht insbesondere im Bereich der Elektromobilität durch das Entfallen von Kabeln und mechanischen Kontakten eine wesentliche Steigerung des Komforts, der Sicherheit und der Verfügbarkeit. Es ist somit möglich, die Fahrzeuge unkompliziert automatisch an entsprechenden Ladestationen ohne Stecker mit ausreichender Leistung und hohem Wirkungsgrad aufzuladen. Kontaktlose Übertragungssysteme unterliegen auf Grund ihres komplexen Aufbaus, bestehend aus leistungselektronischen Komponenten und dem Magnetkreis besonderen Anforderungen in der EMV. Schwerpunkte sind hierbei die magnetischen Felder und die geleiteten und abgestrahlten Störemissionen.

Bild: Fuss EMV



Bild 2: E-Mobility-Filter zur Einsparung von Kabelschirmen

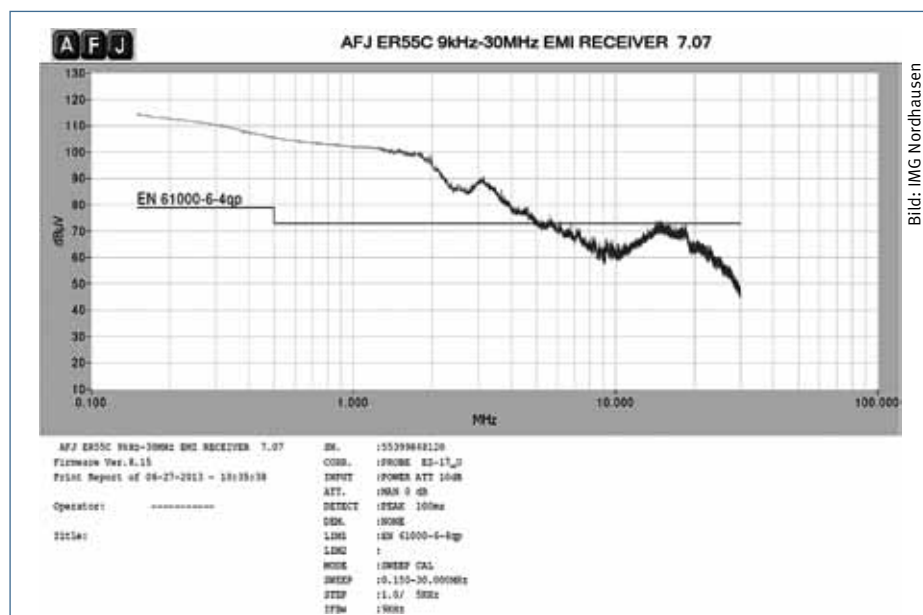


Bild 3: Funkstörspannung am Frequenzrichter (0,2 kW Leistung, Plus-Leitung des Bordnetzes)

Bild: IMG Nordhausen

schlüsse des Filters sind geschirmt ausgeführt, die Kabelabgänge für das HV-Bordnetz ungeschirmt. Das Bauvolumen des Filters mit Gehäuse liegt unter 1 l, seine Masse im Bereich von 2 kg und er eignet sich für bis zu 250 A Dauerstrom. In ersten Messungen konnte der Filter die an ihn gestellten Erwartungen erfüllen; weitere Verifikationsmessungen sind bereits geplant.

Untersuchungsergebnisse an offener E-Fahrzeugnachbildung

An einer Elektrofahrzeugnachbildung wurden eigene Messungen vor Ort im Elektronetz realisiert, um zu untersuchen, ob die Störungen im E-Fahrzeug nun wirklich sehr hoch sind oder vernachlässigt werden können. Resultat dieser EMV-Voruntersuchung war eine Funkstöraussendung, die zu hohe Funk-EMV-Emissionen im E-Bordnetz hervorrief (Bilder 3 und 4). In der CISPR 25 sind die Grenzwerte bei Klasse 5 wie folgt definiert: 56 dB μ V von 0,15 bis 0,3 MHz, 51 dB μ V zwischen 0,53 und 2 MHz sowie 36 dB μ V von 5,9 bis 6,2 MHz. Die gemessenen EMV-Störungen liegen weit über den Grenzwerten. In den Bildern 3 und 4 kann man sehen, dass die EMV im E-Fahrzeug bzw. auf dem Bordnetz einer Batterie für das E-Fahrzeug sehr kritisch ist und deshalb einer dringenden Lösung bedarf.

Bild 5 zeigt erste Messergebnisse des E-Mobility-Filters von Fuss-EMV bei der Bewertung mit Stromzangenmessungen. Die auf dem HV-Bordnetz befindlichen Störströme werden durch den Filter im Bereich von 150 kHz um ca. 30 dB reduziert, bei 3 MHz wird eine Entstörf Wirkung von ca. 60 dB nachgewiesen und ab 5 MHz wurden die an dem Aufbau vorliegenden Störströme bereits unter die Rauschgrenze reduziert. Die nachgewiesene Filterwirkung ist damit der Wirkung eines Kabelschirms vergleichbar.

Die Folgen einer Überschreitung der EMV-Grenzwerte können gravierend sein. So können die Bremsen versagen, das Fahrzeug kann seine Geschwindigkeit erhöhen ohne steuerbar zu sein und Anzeigen können gestört werden. Des weiteren sind viele andere Fahrbeeinflussungen möglich.

Elektronikstrukturen mit CAN-Bussen sind stabil und schnell

In der Automobilindustrie werden immer häufiger Elektronikstrukturen mit CAN-Bussen genutzt. Diese Signalsysteme haben den Vorteil einer hohen Stabilität und Geschwindigkeit. Zur Erreichung des Zieles einer hohen EMV ist eine Erhöhung der Stör- und Funktionssicherheit elektronischer Baugruppen in E-Fahrzeugen nötig, dazu gilt es für

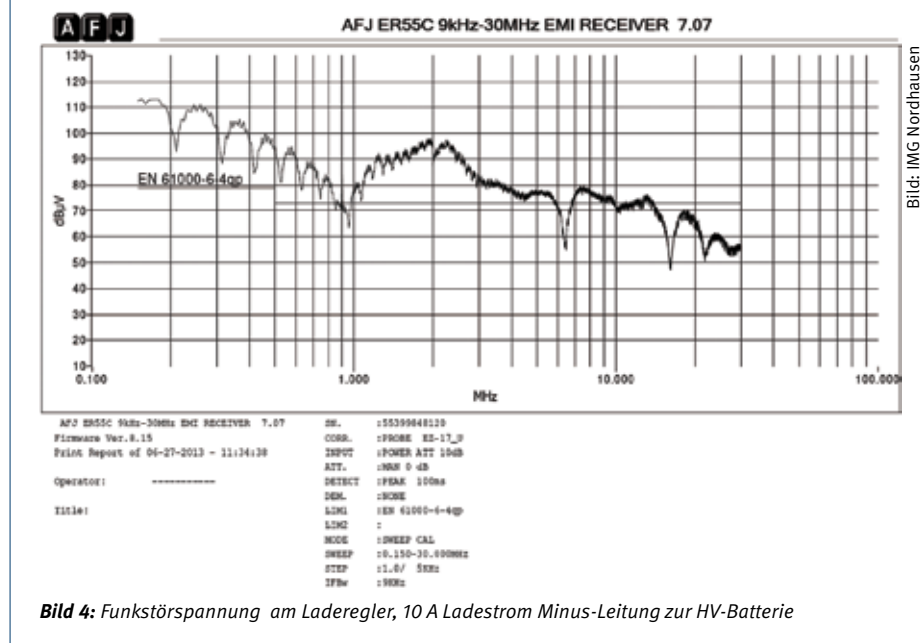


Bild 4: Funkstörspannung am Laderegler, 10 A Ladestrom Minus-Leitung zur HV-Batterie

Bild: IMG Nordhausen

Für die Hersteller von E-Fahrzeugen stellt sich nun ebenso wie für Hersteller von Komponenten die Frage „Wie entstöre ich richtig und mit dem optimalen Aufwand?“ Die Projektgruppe des AIF-Konsortiums unter Mitwirkung der Fuss-EMV, ifak Magdeburg e.V. und der IMG Nordhausen befasst sich mit dieser Frage und erstellt im Rahmen einer wissenschaftlichen Untersuchung Vorschläge zur Erzielung einer EMV-konformen Lösung bei geringem Aufwand im Konzept des Gesamtfahrzeuges. Ein Schlüsselaspekt ist, bei geringem Aufwand eine geringe Störemission auf Leitungsebene zu erzielen. Im Rahmen des Projektes soll untersucht wer-

den, ob es möglich ist, in einem Fahrzeug durch „Filtern statt Schirmen“ Zuverlässigkeit und Freiheitsgrade in der Konstruktion zu gewinnen und Kosten zu reduzieren. Es soll der Nachweis erbracht werden, dass die von der Fuss-EMV entwickelten Filter die gleiche oder sogar eine höhere Filterwirkung als die Kabelschirme erzielen. Die Probeaufbauten dafür orientieren sich an den Vorgaben und Grenzwerten der CISPR 25. Erfasst wird der Mittel-, Kurz- und Ultrakurzwellenbereich.

Bild 2 zeigt den Prototypen eines Filters von Fuss-EMV zur Einsparung von Kabelschirmen. Die umrichterseitigen Kabelan-

Bild: IMG Nordhausen

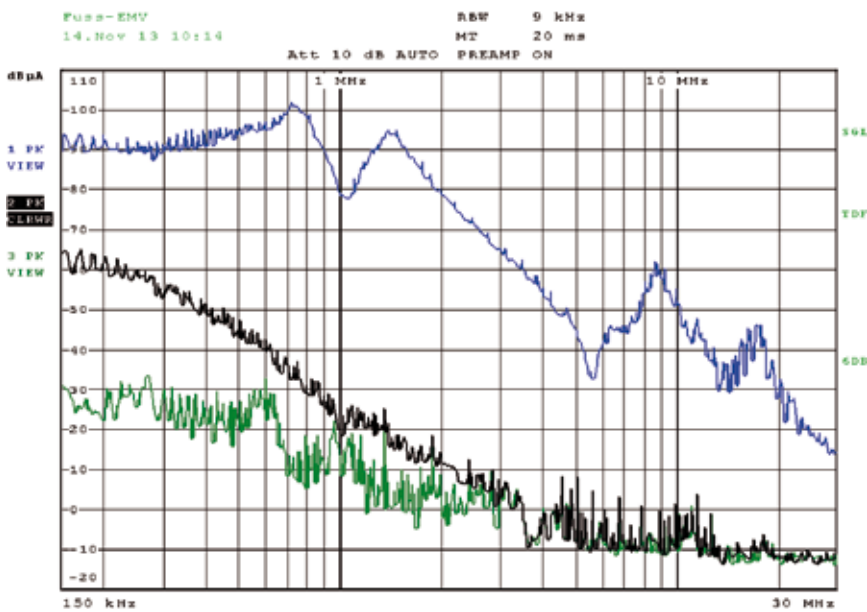


Bild 5: Messung der Störstromabsenkung durch den E-Mobility-Filter

den Anwendungsfall optimierte Kombination von E- und EMV-Komponenten zu finden.

Die EMV-Untersuchungen an der offenen E-Fahrzeugnachbildung haben gezeigt, dass in künftigen Elektromobilitätskomponenten und E-Fahrzeugen nicht nur die Messung der EMV wichtig ist, sondern bei Überschreiten von Grenzwerten auch eine EMV-Lösung. Wichtigste Quelle von HF-Störern im E-Fahrzeug sind Leistungselektronik, Power-Konverter und Frequenzumrichter.

Im Rahmen des gemeinsamen Forschungsprojektes des AIF-Konsortiums wird ein optimaler E-Mobilitäts-Filter von Fuss-EMV entwickelt, der eine teure Schirmung der Leitungen ersetzen soll, die Freiheitsgrade der Verkabelung und Komponentenanordnung im Fahrzeug erhöht sowie die Einhaltung der EMV-Grenzwerte und die Langzeitzuverlässigkeit der EMV-Lösung sicherstellt. Dieses anspruchsvolle Ziel wird im Rahmen des Projektes untersucht.

Dieser Beitrag entstand nach Unterlagen der IMG Nordhausen (info@img-nordhausen.de), Fuss-EMV Berlin und ifak Magdeburg e.V. // TK

IMG Nordhausen

elektromobilität PRAXIS

...von den Rahmenbedingungen zum technischen Fachwissen

...vom Leistungshalbleiter zur Ladeinfrastruktur



---> www.elektromobilität-praxis.de

Mit Themen aus
 Forschung | Entwicklung
 Konstruktion | Fertigung
 Markt | Politik | Gesellschaft
 Umwelt



emoPRAXIS
 www.elektromobilität-praxis.de