

Bilder: hp

Zur Überprüfung der elektrischen Isolation zwischen leitenden und an Masse gelegten Teilen eines Systems wird die Isolationsmessung eingesetzt. Ziel ist es, potenzielle Gefahren durch unzureichende Isolation frühzeitig zu erkennen. Grundsätzlich misst der Isolationswächter, auch IMD (Insulation Monitoring Device) genannt, den Isolationswiderstand des HV-Systems. Bei einem Isolationsfehler wird die Fahrzeugelektronik den Lenker zuerst warnen und ab einem zu geringen Wert sogar das Fahrzeug abschalten (Bild 1).

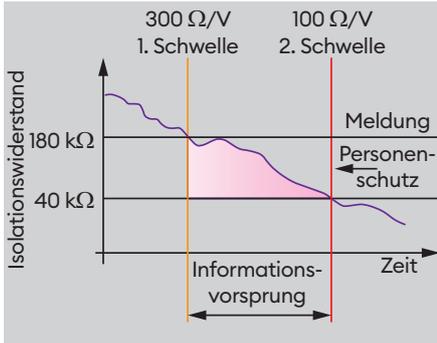


Bild 1: Isolationswiderstand mit Schwellenwerten.

Die Messung im Fehlerfall erfolgt in der Regel mit einem speziellen Prüfgerät (nach DIN EN 61557), das eine definierte Spannung anlegt und den resultierenden Isolationswiderstand nach dem Ohm'schen Gesetz berechnet. Grundsätzlich wird der nächsthöhere Wert am Testgerät eingestellt, wenn die Nennspannung nicht ausgewählt werden kann. Typischerweise wird eine Prüfspannung, die zwischen 500 V und 1000 V liegt, zwischen dem aktiven Anschluss sowie der Masse angelegt. Für den Test ist das Fahrzeug spannungsfrei zu schalten und zu sichern.

### Ersatzschaltbild

Für den Isolationswiderstand des HV-Fahrzeugs kann ein Ersatzschaltbild verwendet werden (Bild 2).  $R_{iso1}$  ist der unter normalen Bedingungen konstante Isolationswiderstand, der unabhängig von der im System anliegenden Spannung ist.  $R_{iso2}$  ist der Anteil des Isolationswiderstands, der von äusseren Umgebungsbedingungen sowie von der anliegenden Spannung im System abhängig und damit veränderlich ist.

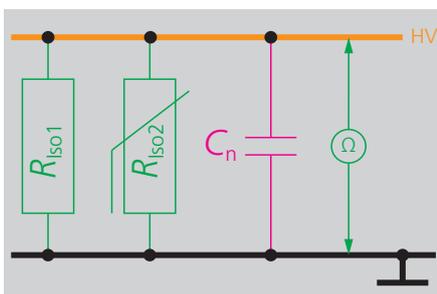


Bild 2: Ersatzschaltbild für Isolationswiderstände.

$C_n$  sind Kapazitäten, die einerseits Ableitkapazitäten (angeschlossenes Kabelnetz, EMV-Filter), aber auch den kapazitiven Isolationswiderstand (Strom des Messgeräts lädt die Isolierung auf) darstellen.

Gemäss dem Ersatzschaltbild ergeben sich aus den drei Komponenten dementsprechend auch drei Ströme, die zusammen den Gesamtstrom bilden, woraus das Prüfgerät mithilfe des Ohm'schen Gesetzes den Isolationswiderstand berechnet.

Der kapazitive Ladestrom fliesst so lange, bis sich die Kapazität  $C$  der Isolation auf die angelegte Prüfspannung aufgeladen hat. Am Anfang der Messung ist die Stromstärke sehr hoch und nimmt dann entsprechend der Ladekurve eines Kondensators schnell ab.

Zudem entsteht zwischen Leiter und Abschirmung ein elektrisches Feld, das den Isolator zum Dielektrikum macht. Die Kunststoffmoleküle werden im Isolator ausgerichtet und nehmen dabei einen dielektrischen Absorptionsstrom auf. Dieser Absorptionsstrom fliesst länger als der kapazitive Ladestrom und klingt erst allmählich ab.

Der Leckstrom fliesst durch den Isolator und ist damit ein Wert für die Qualität der Isolation. Er ändert sich im Laufe der Messung grundsätzlich nicht und wird als Ableitstrom bezeichnet.

Mit dem Isolationsmessgerät kann nur der Gesamtstrom dieser drei Teilströme gemessen werden. Aus diesem Grund muss beispielsweise die Messung an HV-Leitungen mindestens 5 Sekunden (Elektromotor 60 s) betragen, damit der Gesamtstrom bei fortlaufender Messung aufgrund der Anteile des Ladesowie des Absorptionsstroms stark ab-

nimmt und so der Isolationswert wieder zunimmt und korrekt angezeigt wird.

### Geforderte Werte

Laut ECE-R 100 ist ein Isolationswiderstand von  $> 500 \Omega/V$  gefordert. Üblich sind mindestens  $1 M\Omega/V$  bis weit über  $5 M\Omega/V$  im Neuzustand. Mit einer Prüfspannung von 500 V und  $1 M\Omega/V$  wird ein Isolationswiderstand von  $500 M\Omega$  erreicht. In der Regel sind Werte, falls das Messgerät es anzeigen kann, im  $G\Omega$ -Bereich erreichbar. Hersteller fordern oft einen Wert  $> 500 M\Omega$ .

Ausschlaggebend für die Beurteilung des Isolationswiderstands ist nicht nur der am Schluss der Messung angezeigte Wert. Der HV-Experte beobachtet während der Messung das Verhalten von Spannung, Strom und Widerstand gleichermassen. Grundsätzlich muss die Spannung konstant bleiben und der Widerstand allmählich in seiner Tendenz ansteigen (Bild 3 oben). Sinkt die Spannung unter die eingestellte Prüfspannung und der Widerstand steigt nicht kontinuierlich an, so ist die Isolation fehlerhaft. Auf allfällige Überschläge (akustisch wahrnehmbar) achten (Bild 3 unten)!

Manipulierte Bauteile oder Leitungen (wie sie an Prüfungen oder in Schulungen anzutreffen sind) zeigen oft ein unrealistisches Verhalten. In solchen Fällen fliesst weiterhin ein Strom und der Widerstand steigt nicht an, sondern bleibt konstant infolge des verbauten Festwiderstands.

Aufgrund der hohen Prüfspannung ist es zudem ratsam, isolierte Elektrikerhandschuhe bei der Isolationsmessung zu tragen, um keinen elektrischen Schlag zu riskieren.

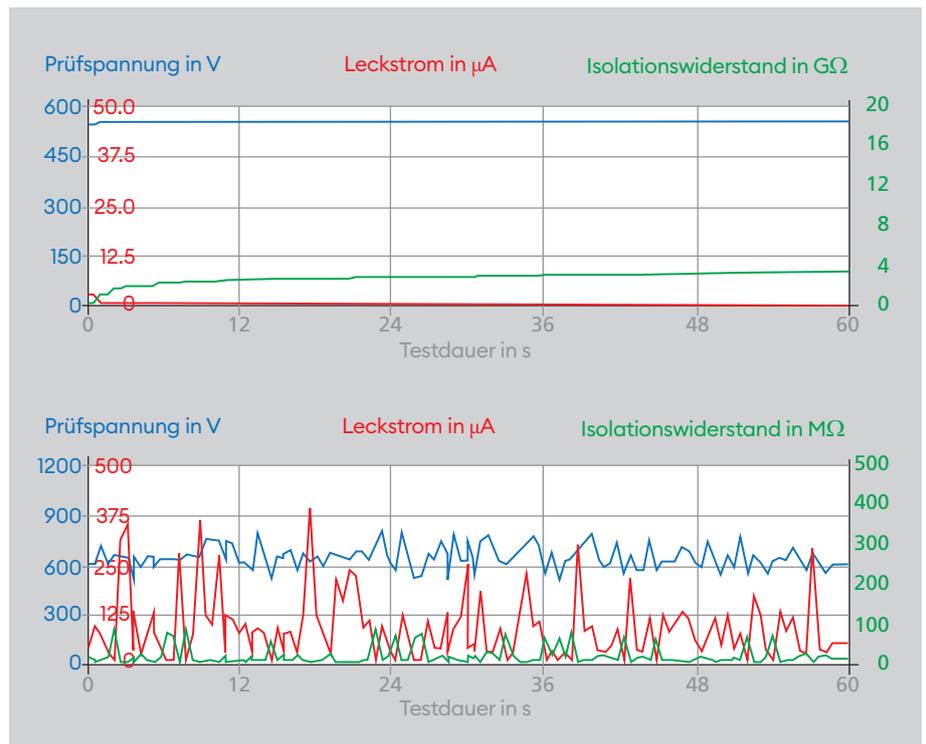


Bild 3: Im oberen Bild steigt der Isolationswiderstand allmählich an und die Spannung bleibt konstant. In der unteren Darstellung ist ein permanentes Durchschlagen gegen Masse sichtbar.

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / Harry Pfister

DERENDINGER

Sponsoren: