



8 Die Home Charger für den privaten Bereich lassen sich zukünftig in die Gebäudesystemtechnik integrieren. Ladezustand und -fortschritt können so bequem aus der Wohnung überwacht werden

3.4 Lösungen für den privaten Bereich

Auch die für den privaten Einsatzbereich entwickelten „Home Charger“ zeichnen sich – genau wie die Ladestationen für den öffentlichen Sektor – durch intelligente Detaillösungen aus, die die Bedienung erleichtern und den Ladevorgang komfortabel gestalten (Bild 8). Home Charger werden typischerweise eingesetzt in der Garage, im Carport oder am Wohnhaus. Sie ermöglichen Ladungen gemäß Mode 3 der IEC 61851 von 16 A einphasig bis 32 A dreiphasig. Das Ladekabel ist fest an die Ladestation angeschlossen. Eine Anbindung an das Smart Home und KNX/EIB-Systeme zur Steuerung und Kontrolle des Ladevorgangs aus dem Wohnbereich wird zukünftig möglich sein.

4 Fazit

Sicherlich wird es noch einige Zeit dauern, bis elektrisch angetriebene Fahrzeuge das Straßenbild beherrschen. Es stellt sich heute jedoch nicht mehr die Frage, ob die Elektromobilität sich durchsetzt, sondern wann mit Lösungen für den Massenmarkt zu rechnen ist. Die Antwort hierauf hängt von vielen Faktoren ab. Pilotprojekte laufen bereits in vielen Regionen. Die Autohersteller planen, in absehbarer Zeit Serienfahrzeuge anzubieten. Was noch fehlt, sind leistungsfähige Akkus zu Preisen, die Elektrofahrzeuge auch von der Kostenseite wettbewerbsfähig machen. Damit eng verbunden ist auch die Entwicklung von leistungsfähiger Ladetechnik sowie der Aufbau einer flächendeckenden Lade-Infrastruktur.

Diagnostische Isolationsprüfung in der Praxis

J. Göbelhaider, Oberursel

Bereits in einem sehr frühen Stadium kann die „Diagnostische Isolationsprüfung“ potenzielle Fehler in der Isolation erkennen – und zwar lange bevor sie teure Schäden anrichten. Eine neue Generation von Prüfgeräten analysiert mit verschiedenen Prüfmethoden den aktuellen Zustand der Isolation. Mit Hilfe dieser Daten lassen sich präzise Prognosen für die Zukunft anstellen, um rechtzeitig Gefahren und folgenschwere Ausfälle zu vermeiden.

1 Wiederholte Prüfungen mit verschiedenen Methoden

Mit 60 % sind Fehler in der Isolation die weit-aus häufigste Ursache für Ausfälle in elektrischen Anlagen. Genaue Informationen über die Qualität der Isolation bilden darum einen wichtigen Bestandteil in wirkungsvollen Wartungsprogrammen. Bisher werden nach einer Isolationswiderstandsprüfung Bewertungen wie „gut“ oder „schlecht“ abgegeben. Doch wie aussagekräftig kann so eine vage Bewertung wirklich sein? Bietet die Note „gut“ wirklich keinen Grund zur Sorge? Warum ist die Isolation eigentlich schlecht? Antworten können nur wiederholte Prüfungen aus verschiedenen Prüfmethoden liefern. Außerdem sind regelmäßige Messungen die beste Art, um Informationen zu erhalten, mit denen Ausfälle in Anlagen (und mitunter auch deren dramatische Folgen) auf ein Minimum beschränkt werden können. Darüber hinaus erleichtern sie die Planung von Wartungsprogrammen und bringen verlässliche Hinweise – auch wenn über kostenintensive Investitionen zu entscheiden ist.

2 Grundlagen der Prüfung mit DC-Hochspannung

Sobald eine Spannung am Prüfobjekt anliegt, kann der induzierte Strom gemessen werden. Der Widerstand lässt sich einfach mit dem Ohmschen Gesetz berechnen. Doch in der Praxis ist das nicht immer ganz so einfach, weil der induzierte Strom in Wahrheit aus vielen verschiedenen Strömen besteht und zwar aus dem

- kapazitiven Ladestrom
- Absorptions- (oder Polarisations-) Strom
- Kriechstrom
- Oberflächen-Kriechstrom.

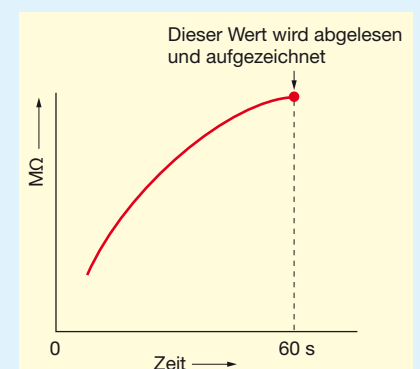
Meist fällt der kapazitive Ladestrom schnell ab, sobald Spannung anliegt. Der Absorp-

tionsstrom fällt dagegen langsamer, da die Moleküle des Dielektrikums polarisiert werden. Sind diese zwei zeitabhängigen Komponenten des Stroms schließlich abgeklungen, bleiben nur noch der Kriech- und der Oberflächenkriechstrom übrig. Diese Ströme sind richtig einzuschätzen und entsprechende Diagnosetechniken anzuwenden, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten. Neuere Isolationsprüfgeräte versetzen den Prüfer genau in diese Lage, da sie die Isolationsqualität exakt aufzeigen.

3 Methoden der diagnostischen Isolationsprüfung

3.1 Punktmessung

Die Kurzzeit- oder Punktmessung ist die gängigste Isolationsprüfung, doch ihr Ergebnis ist lediglich auf eine Gut/Schlecht-Aussage beschränkt. Für eine festgelegte kurze Zeitdauer – empfohlen werden etwa 60 s – liegt die Prüfspannung an. Bild 1 zeigt eine Zeit/Widerstandskurve. Das Ergebnis der Prüfung lässt sich in der Regel nicht als absoluter Wert für den Isolationswiderstand betrachten. Der Messwert wäre einerseits kleiner, wenn er früher erfasst, und andererseits größer, wenn er später erfasst worden wäre. Es ist auch wichtig zu bedenken, dass Feuchtigkeit und Temperatur die Prüfergebnisse erheblich beeinflussen können.



1 Klassische Einpunktmessung

Autor

Jürgen Göbelhaider ist Geschäftsführer der Fa. Megger, Oberursel.



Frank, **EIB/KNX**,
4., aktual. Aufl.
2009, 160 S.,
mit CD-ROM,
Broschur,
Bestell-Nr.
3-341-01540-7,
€ 29,80



■ Ein umfassender Einführungskurs in die Gebäudeautomation mit dem EIB u. a. mit den Themen: Einsatzgebiete der EIB-Technik, Arbeitsweise des Bussystems, Tipps zur Programmierung, Beispiele realisierter Projekte.

■ Das Buch zeigt Ihnen Vorteile und Möglichkeiten gegenüber der konventionellen Elektroinstallation und wie Sie als Fachmann diese Argumente gewinnbringend im Kundengespräch vermitteln.

■ **Auf DVD:** EIB-Tool-Software ETS 3.0 (Demo) und ein umfangreiches Beispielprojekt für den praktischen Einstieg

Aus dem Inhalt:

- Was bietet der Einsatz des EIB?
- Funktionsweise
- Installationsvorschriften
- Blitz- und Überspannungsschutz
- Einsatzgebiete der EIB-Technik
- Fachbegriffe und Definitionen

ep 10 % Preisvorteil für ep-Abonnenten

huss

HUSS-MEDIEN GmbH
10400 Berlin

Direkt-Bestell-Service:

Tel. 030 42151-325 · Fax 030 42151-468
E-Mail: bestellung@huss-shop.de
www.huss-shop.de



Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten

Jetzt bestellen!

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandkosten zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen beim **huss-shop**, **HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin**

KUNDEN-NR.
(siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

Expl.	Bestell-Nr.	Titel	€/Stück
	3-341-01540-7	Frank, EIB/KNX	29,80

Firma/Name, Vorname

Branche/Position/z. Hd.

Telefon/Fax

E-Mail

Straße, Nr./Postfach

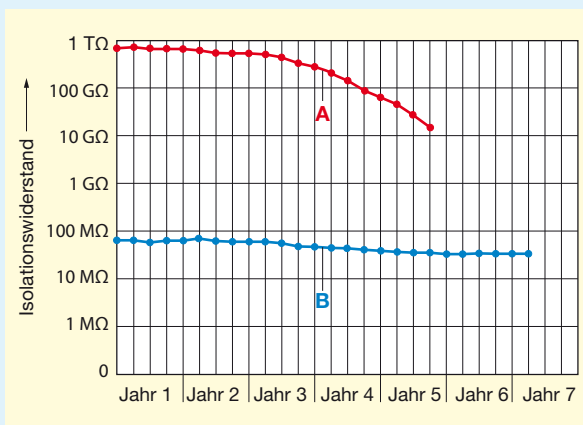
Land/PLZ/Ort

Datum/Unterschrift

1005 ep

Tafel 1 Bewertung des Isolationszustands durch dielektrische Absorptionsverhältnisse

60/30-S DAR	10/1-Minute PI	Isolationszustand
–	< 1	gefährlich
1,0 ... 1,25	1 ... 2	fraglich
1,4 ... 1,6	2 ... 4	gut
> 1,6	> 4	ausgezeichnet



2 Tendenz-Punkt-messung

3.2 Tendenz-Punktmessung

Durch periodische Punktmessungen und den Vergleich dieser Ergebnisse werden bereits erste Trends sichtbar. Dies bietet schon eine bessere Grundlage zum Beurteilen des Ist-Zustandes der Isolation. Erkennt der Prüfer hier einen kontinuierlichen Abwärtstrend, ist dies ein zuverlässiges Zeichen für künftige Probleme – und zwar auch dann, wenn einzelne Messergebnisse besser sind als der empfohlene „sichere“ Mindestwert. Es ist ebenso möglich, dass der Isolationswiderstand noch ausreichend ist, obwohl die Messwerte unter dem vorgeschlagenen Mindestwert liegen – aber nur, wenn sie stabil bleiben. Solch ein Resultat wird aus Bild 2 deutlich. Es stellt periodische Prüfergebnisse für zwei Prüfobjekte dar. Die Graphen entstehen aus den einzelnen Punktmesswerten, die über mehrere Monate mit einem 5-kV-Isolationsprüfgerät gemessen wurden. Der Graph für A zeigt einen kontinuierlichen Abwärtstrend. Es wird deutlich, dass die Isolation schlechter wird, gleichwohl der Isolationswiderstand relativ hoch ist. Andererseits ist der Isolationswiderstand des Prüfobjekts B deutlich niedriger, aber im Grunde stabil. System B wird langfristig viel geringere Probleme zeigen als System A. Eine singuläre Punktmessprüfung hätte garantiert zu einer gegenteiligen Schlussfolgerung geführt.

3.3 Dielektrisches Absorptionsverhältnis (DAR)

Da die Ladeströme immer kleiner werden, liefert eine gute Isolation während einer Isolationsprüfung steigende Widerstandsmesswerte. Bei einer schlechten Isolation verbirgt dagegen der Leckstrom die Auswirkungen des Ladestroms. Die Kurve des Isolationswiderstands über der Zeit wird dann entsprechend flacher sein. Dieses unterschiedliche Verhalten

liefert die Grundlage für die Messung des dielektrischen Absorptions-Verhältnisses (DAR).

Eine Schwäche der Einzelpunktmessung besteht darin, dass es bei einigen dielektrischen Materialien Stunden dauern kann, bis das Material polarisiert wird und der Absorptionsstrom auf Null fällt. Es kann also lange dauern, bis eine Punktmessung aussagekräftige Ergebnisse liefert. Das ist meist nicht praktikabel.

Die DAR-Prüfung löst geschickt dieses Problem, denn sie funktioniert durch das Herstellen eines Verhältnisses: zwischen den Werten für den Isolationswiderstand eines Prüfobjekts zu zwei vorher festgelegten Zeitpunkten – nach dem Anlegen der Prüfspannung. Diese zwei Zeiten werden vom Anwender eingestellt, 30 bis 60 s sind typisch. Das Prüfergebnis liegt in etwas mehr als einer Minute vor. Ein zusätzlicher Vorteil besteht darin, dass die Ergebnisse von der Temperatur unabhängig sind. Eine gute Isolation führt zu einem deutlich höheren DAR-Ergebnis als eine schlechte Isolation.

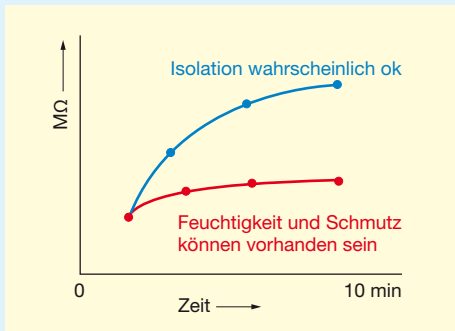
3.4 Polarisationsindex (PI)

Die PI-Prüfung ist vergleichbar mit einer DAR-Prüfung, denn sie prüft den Isolationswiderstand eine Minute und zehn Minuten nach Anlegen der Prüfspannung. Das PI-Verhältnis ist das Verhältnis dieser Widerstände. Ein Beispiel ist in Bild 3 ersichtlich.

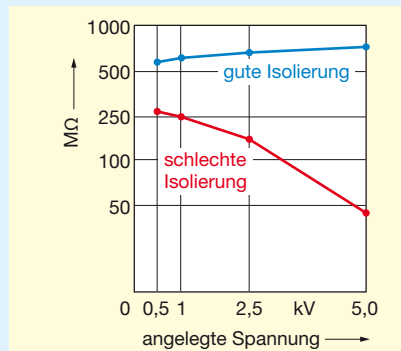
Tafel 1 gibt eine Hilfe, um DAR- und PI-Prüfergebnisse richtig zu interpretieren. Dabei ist es jedoch zu beachten, dass die Werte lediglich zur Veranschaulichung dienen. Tatsächliche Prüfergebnisse werden im Verhältnis zur Anwendung ausgewertet. Wichtig zu wissen: In vielen Fällen, besonders bei Motoren, kann ein PI-Verhältnis von ca. „5“ ein Zeichen dafür sein, dass die Isolation in der Wicklung beträ-

DD-Wert	Isolationszustand
> 7	schlecht
4 ... 7	dürrtig
2 ... 4	fraglich
< 2	ok

Tafel ② Isolationszustand, angezeigt durch dielektrische Entladewerte (DD)



③ Polarisationsindex – Zeit-Widerstandskurven



④ Stufenspannungsergebnisse



⑤ Neuere Prüfgeräte analysieren mit verschiedenen Prüfmethode den aktuellen Zustand der Isolation

Foto: Megger

chig und trocken ist. Bei einem Motorstart oder bei anderen Stoßbeanspruchungen kann diese also schlagartig ausfallen. Die Wicklung sollte in so einem Fall sofort gereinigt, behandelt und getrocknet werden. Dagegen ist ein PI-Verhältnis zwischen „1“ und „2“ bei niedriger Kapazität oft noch zufriedenstellend, obwohl es in der Tabelle als fraglich gekennzeichnet wird.

3.5 Dielektrische Entladung (DD)

Die im Prüfling gespeicherte Energie wird am Ende einer konventionellen Isolationsprüfung entladen. Weitere nützliche Informationen über den Zustand der Isolation erhält man durch eine Strommessung während der Ent-

ladephase. Der Grund dafür ist, dass die kapazitive Komponente innerhalb der ersten Sekunden entladen wird. Der Stromfluss steht danach lediglich mit der dielektrischen Resorption in Zusammenhang. Und zwar als Umkehr der dielektrischen Absorption in der Ladeperiode.

Wenn die Isolierungen in Schichten aufgebaut sind, bietet die Messung des Resorptionsstroms besonders wertvolle Hinweise. Er kann ohne die verdeckende Auswirkung anderer Ströme gemessen werden, die ebenfalls in der Ladeperiode vorhanden sind. Wenn eine Schicht schadhaft ist, wird sie in der Regel einen kleineren Leckstromwiderstand aufweisen, während ihre Kapazität gleich bleibt. Das

lässt sich nun mit einer DD-Prüfung erkennen, nicht jedoch mit den anderen Verfahren. DD-Prüfsergebnisse werden zum einen aus dem Entladestrom gewonnen, der ungefähr eine Minute nach der Entladung fließt, und zum anderen aus der Prüfspannung sowie der Kapazität des Prüflings. Nützlich ist die Formel

$$\text{DD-Wert} = \frac{\text{Entladestrom nach einer Minute [nA]}}{\text{Prüfspannung [V]} \cdot \text{Kapazität [\mu F]}}$$

Tafel ② zeigt den Zusammenhang zwischen dem DD-Wert und dem Isolationszustand. Zu beachten ist, dass die aus dieser Messung erhaltenen Ergebnisse stark von der Temperatur abhängen.

3.6 Stufenspannungs-Techniken

Eine gute Isolation ist immer ohmsch. Eine steigende Prüfspannung sollte also stets zu einem äquivalent steigenden Stromfluss führen. Entspricht die Änderung dagegen nicht der steigenden Spannung, sondern führt eher zu einem veränderten Widerstand, so ist das ein Indiz für anstehende Probleme. Bild ④ zeigt die entsprechenden Ergebnisse, einmal für eine „gute“ und einmal für eine „schlechte“ Isolation.

Die Überprüfung des Isolationswiderstandes bei wechselnden Prüfspannungen ist folglich eine hervorragende Option, mögliche Beschädigungen wie Nadelstiche oder Risse im Isolationsmaterial zu erkennen. Bei höheren Spannungen tritt nämlich eine Ionisierung an diesen Schwachpunkten ein, und diese verringert den Isolationswiderstand.

4 Fazit

Jede der vorgestellten Prüfarten liefert Informationen aus verschiedenen Perspektiven. Gemeinsam betrachtet erzeugen sie aber ein präzises Abbild der gegenwärtigen Isolationsqualität. Zugleich lassen sie Rückschlüsse auf ihr künftiges Isolationsverhalten zu und dies lange, bevor es zu einem verhängnisvollen Schaden kommt.

Zusammengefasst lässt sich sagen: Die dielektrische Entladungsprüfung ist besonders wertvoll beim Lokalisieren einer defekten Schicht, wenn die Isolation aus mehreren besteht. Der Polarisationsindex hilft beim Aufspüren von Öldurchdringung, Feuchtigkeit und anderen Verschmutzungen. Prüfungen mit Stufenspannung erkennen dagegen Probleme durch trockene, brüchige Isolation wie etwa nadelstichartige Verletzungen im Material bei älteren Anlagen. Das Beste ist es demzufolge, zumindest bei betriebswichtigen und kritischen Anlagenteilen alle Prüfmethode systematisch und richtig anzuwenden. Welche Anforderungen dabei an die Auswahl eines Prüfgeräts zur diagnostischen Isolationsprüfung (Bild ⑤) zu stellen sind, wird ein Folgebeitrag beschreiben. ■