

# WEITERE MESSVERFAHREN

## Grundbegriffe

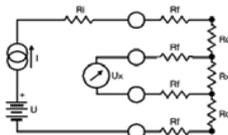
### MESSUNG KLEINER WIDERSTÄNDE

Die Messung kleiner Widerstände wird besonders bei vorbeugenden Wartungsmaßnahmen benutzt, um den Durchgang von Masseverbindungen, den Oberflächenzustand von metallbeschichteten Flächen, die Kontakte von Schaltern und Relais, oder den Widerstand von Kabeln und Wicklungen zu prüfen. Auch die Erwärmung von Motoren und Transformatoren und die Qualität mechanischer Verbindungen lassen sich durch Widerstandsmessungen abschätzen. Diese Messungen kommen in den unterschiedlichsten Einsatzfeldern, wie z.B. im Automobilbau, in der Telekommunikation, im Verkehrswesen oder bei der Herstellung von Transformatoren vor, ebenso wie in Wartungs- und Reparaturdiensten verschiedener Bereiche.

#### Messprinzip

Das Grundprinzip für die Messung elektrischer Widerstände ist das bekannte ohm'sche Gesetz  $U = R \times I$ .

Für die Messung sehr kleiner Widerstände schickt man einen Prüfstrom durch den zu messenden Gegenstand und misst die Spannung an den Klemmen. Die Anschlüsse erfolgen nach dem 4-Leiter-Prinzip, auch Thomson-Brücke genannt, bei dem die Widerstände der Messleitungen weitgehend entfallen.



Das Schaltbild verdeutlicht das 4-Leiter-Prinzip. Dabei ist:

- Ri** = Innenwiderstand des Geräts
- Rf** = Widerstand der Messleitungen
- Rc** = Kontaktwiderstand
- Rx** = zu messender Widerstand

Aus einer Gleichspannungsquelle  $U$  wird ein Strom  $I$  in die Schaltung eingespeist.

Mit einem Voltmeter misst man nun die Spannung  $U_x$ , die an den Klemmen von  $R_x$  abfällt und berechnet  $R_x = U_x / I$ . Das Ergebnis für  $R_x$  ist damit unabhängig von den anderen in der Schaltung vorhandenen Widerständen  $R_i$ ,  $R_f$  und  $R_c$  (soweit der von diesen zusammen mit  $R_x$  verursachte Spannungsabfall kleiner ist als die von der Spannungsquelle gelieferte Spannung).

In der Praxis verwendet man für den Spannungsabgriff doppelte Prüfspitzen oder sog. Kelvin-Klemmen, um einen möglichst guten Kontakt zum Prüfobjekt herzustellen. Bei Messungen an Nieten ist es wichtig, dass die beiden Kontakte der doppelten Prüfspitze sich unterschiedlich weit zurückziehen lassen.

Die verwendeten Microohmmeter sollten eine Auflösung von  $1 \mu\Omega$  oder  $0,1 \mu\Omega$  haben, einen großen Messbereich und eine Kompensation des Thermoelement-Effekts durch Umpolung des Prüfstroms. Für die Sicherheit des Benutzers sollte das Gerät gegen versehentliche Überspannungen geschützt sein, keine Messungen beim Vorliegen von Fremdspannungen zulassen und nach einer Messung an kapazitiven Schaltungen den Messkreis automatisch entladen.

Da der Widerstand von Metallen stark von der Temperatur abhängt, ist es sinnvoll, das Messergebnis stets auf dieselbe Bezugstemperatur umzurechnen. Die Top-Geräte nehmen diese Umrechnung automatisch vor, in Abhängigkeit von der Art des Metalls und seines Temperaturkoeffizienten (in der Größenordnung von  $0,4\%$  pro  $^\circ\text{C}$  für Kupfer oder Aluminium), sowie von Umgebungstemperatur und vereinbarter Bezugstemperatur (meistens  $20^\circ\text{C}$ ).

### MESSUNG DES WANDLERVERHÄLTNISSES UND DES ERREGUNGSSTROMS VON TRANSFORMATOREN

Die strikte Einhaltung des Wandlerverhältnisses zwischen Primär- und Sekundärwicklung von Spannungs-, Leistungs- oder Stromtransformatoren ist sehr wichtig, da Veränderungen mit der Zeit auf Probleme hinweisen können, wie z.B. innere Beschädigungen, Beeinträchtigungen der Wicklungsisolierung durch mechanische Einwirkung oder Verschmutzung, Kurzschluss zwischen Windungen usw... Die genaue Messung des Erregungsstroms gibt Hinweise auf Probleme im Magnetkern des Transformators, wie Art und Stärke des Werkstoffs, mechanische Spannungen, Luftspalt-Änderungen usw...

Die Kontrolle der Wicklungspolung, das Vorliegen offener Kreise oder von Kurzschlüssen dient dazu, Verkabelungsfehler nach Wartungsarbeiten zu entdecken.

Messungen des Wandlerverhältnisses gemäß der IEEE-Norm C57.12-90TM-2006 sorgen für konforme und wiederholgenaue Messungen. Da die Messungen oft in verräuschten Umgebungen stattfinden, ist es wichtig, dass der Gerätebediener mehrere Filter zur Verfügung hat, um Rauscheinflüsse unterdrücken zu können.

Die Sicherheit des Bedieners ist durch das Messverfahren mit Primärerregung gewährleistet, so dass an den Klemmen des Sekundärkreises am zu prüfenden Transformator keine gefährlichen Spannungen auftreten können. Die Speicherung der Transformatordaten im Messgerät und die Anzeige des Messergebnisses mit dessen prozentualer Abweichung zum Nennwert erleichtert stark die Interpretation der Messergebnisse.

Die lange Betriebszeit mit Batterie und die Speicherung der Messergebnisse ermöglicht den digitalen Windungsverhältnis-Prüfer eine hohe Effizienz bei der Messung und der Auswertung der Ergebnisse.

### PRÜFUNG DER DREHFELDRICHTUNG UND DER MOTOR-DREHRICHTUNG

Die Zusammenschaltung mehrerer Abschnitte eines elektrischen Netzes oder von Gebäuden an einem Standort erfordert bei Drehstromnetzen die genaue Übereinstimmung der Drehfeldrichtung. Dies ist auch bei elektrischen Antrieben von großer Bedeutung, denn die Phasenfolge der Außenleiter bestimmt die Drehfeldrichtung und damit die Drehrichtung der Motoren.

#### Phasenfolge und Drehfeldrichtung

Die Drehfeldrichtung lässt sich durch Anschluss der drei Außenleiter des Drehstromnetzes an die entsprechend bezeichneten Anschlüsse des Drehfeldrichtungsanzeigers ermitteln. Das Prüfgerät zeigt nun die Phasenfolge an: im Uhrzeigersinn (Rechtsdrehfeld) oder entgegen dem Uhrzeigersinn (Linksdrehfeld). Das Prüfgerät versorgt sich selbst mit Strom aus den Messanschlüssen.

Um die verschiedenen Anwendungen abzudecken, sollten Drehfeldrichtungsanzeiger mit Frequenzen von  $15 \text{ Hz}$  bis  $400 \text{ Hz}$  arbeiten können.

#### Kontaktlose Drehfeldprüfung

Bei manchen Drehfeldrichtungsprüfern ist eine berührungslose Drehfeldprüfung durch einfaches Auflegen des Prüfgerätes auf das Motorgehäuse möglich. Dazu muss das Prüfgerät parallel zum Rotor in der angegebenen Richtung positioniert werden. Dieses Messverfahren ist nicht anwendbar bei Motoren, die über einen Frequenzumrichter angesteuert werden.

#### Prüfung des Drehstromanschlusses eines Motors

Wenn man den Drehstromanschluss eines Motors entfernt und die Klemmen an den Drehfeldrichtungsprüfers anschließt, kann man die Drehfeldrichtung prüfen, indem man den Motor von Hand um eine halbe Drehung nach rechts dreht.

#### Kontaktlose Prüfung der Ansteuerung von Magnetventilen

Mit kontaktlosen Drehfeldprüfern kann man auch die Ansteuerung von Magnetventilen prüfen, indem man das Prüfgerät nahe an das Ventil hält. Die Anzeige im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn zeigt dann die Richtung des Magnetfeldes an (Ventil geschlossen oder offen).

### MESSUNG DER BATTERIEKAPAZITÄT

Untersuchungen von Batterieherstellern haben ergeben, dass die innere Impedanz einer Batterie mit ihrem Alter und der Anzahl an Entladungen zunimmt. Die Messung der inneren Impedanz liefert also Hinweise auf den Zustand der Batterie-Elemente und die Notwendigkeit, sie zu ersetzen.

Mehr als der Absolutwert der inneren Impedanz zählt ihre Veränderung mit der Zeit. Eine Zunahme der Impedanz um  $25\%$  entspricht einer Abnahme der Leistungsfähigkeit um ca.  $80\%$ . Diese Werte können natürlich je nach Bauart und Typ der Batterie schwanken. Die Prüfung sollte sich also auf die erste Messung beziehen, die beim Einbau der Batterie vorgenommen und gespeichert wurde.

Ein Gerät zur Prüfung von Batterien sollte gleichzeitig die mit einem Wechselstrom von  $1 \text{ kHz}$  und mit der 4-Leiter-Methode gemessene Innen-Impedanz und die gemessene Leerlaufspannung anzeigen. Da die gemessene Innen-Impedanz sehr kleine Werte annehmen kann, muss der Widerstand der Messleitungen durch Kurzschließen der Leitungen kompensiert werden können.

Dank der Vergleichsfunktion werden die Messergebnisse mit den im Gerät gespeicherten Sollwerten verglichen und das Messgerät warnt vor Beschädigungen der Batterie. Je nach Ergebnis des Vergleichs leuchtet dann eine Kontroll-LED «PASS», «WARNING» oder «FAIL» auf, um den Zustand der Batterie anzuzeigen.