

Konventionelle elektrische Prüfungen an Ständerwicklungen

Ziel dieses Dokuments ist es, einen Überblick über die gängigsten elektrischen Prüfverfahren sowie ihre möglichen Einsätze und Grenzen zu geben. Diese Prüfungen sind für die meisten Prüfengeure auf der Welt gängige Praxis und werden in internationalen Normen erwähnt. In diesem Dokument werden die folgenden vier Prüfverfahren besprochen:

- > DC-Wicklungswiderstandsmessung der Isolierung
- > Messung des Polarisationsindex (PI)
- > Stehspannungsprüfung unter Hochspannung
- > Messung des Wicklungswiderstands

DC-Wicklungswiderstandsmessung der Isolierung

Um einen groben Überblick über den Zustand der Isolierung zu erhalten, misst man den DC-Wicklungswiderstand. Schwere Probleme in der Isolierung können mit dieser einfachen Prüfung erkannt werden. Zusätzlich kann man mit der Prüfung den Zustand der Wicklungsoberfläche mit einem Vergleich früherer Messdaten abschätzen.

Der Isolierungswiderstand ist der Quotient der angelegten Gleichspannung entlang der Isolierung, geteilt durch den resultierenden Gesamtstrom zu einem Zeitpunkt:

$$\text{Isol.wid.: } U_{\text{test}} / I_{\text{(total.)}}$$

Der resultierende Gesamtstrom (IT) kann als Summe aus vier Strömen dargestellt werden:

- > Oberflächenleckstrom (IL)
- > geometrische Kapazität (IC)
- > Leitfähigkeit (IG)
- > Absorption (IA)

Polarisationsindex (PI)

Der Polarisationsindex (PI) wird aus der Messung des Isolierungswiderstands abgeleitet und ist ein einfacher Wert, der eine grobe Aussage über den Zustand der Isolierung macht. Er wird als Verhältnis des Widerstandswerts von 10 min zum Widerstandswert von 1 min definiert.

Für den PI-Wert gibt es Grenzwerte in Abhängigkeit von der Wärmeklasse des Isolierungssystems. Allerdings entfällt damit nicht die Verantwortung, die Isolierung und ihr typisches Verhalten zu kennen. Wie bei jeder Prüfung sind ein Vergleich der Phasen (sofern möglich) oder ein Vergleich der Messergebnisse im Laufe der Zeit die aussagekräftigsten Verfahren für die Bestimmung des Isolierungszustands.

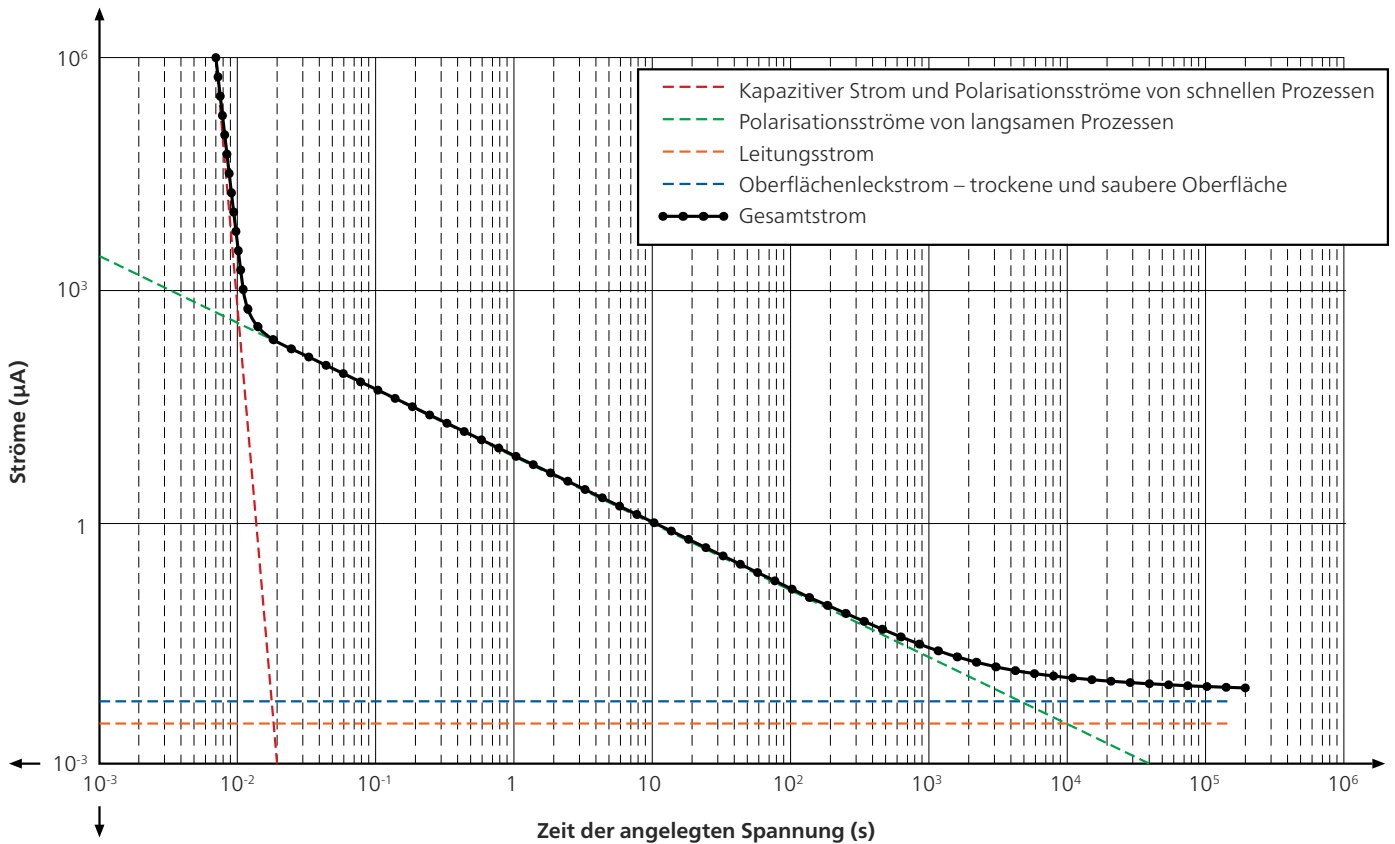


Abbildung 1: Relativer Strom über die Zeit der angelegten Spannung. Typisches Verhalten für eine trockene und saubere Kunstharz-Wicklung (die Skalierung ist logarithmisch); Quelle: IEC 60034-27-4:2018

Vorteil der DC-Wicklungswiderstandsmessung der Isolierung:

- > einfacher Prüfaufbau
- > Erkennung großer Fehler möglich

Nachteil der DC-Wicklungswiderstandsmessung der Isolierung:

- > lange Prüfdauer
- > DC-Messung: Die Spannungsverteilung ist während des Betriebs nicht dieselbe
- > Einzelne Fehler können nicht erkannt werden

Stehspannungsprüfung (AC)

Die Stehspannungsprüfung ist eine AC-Prüfung mit einfachem „Pass-/Fail“-Kriterium. Die Prüfung wird mit hoher Wechselspannung durchgeführt, wobei diese Wechselspannung für eine gewisse Zeit normalerweise höher ist als die Nennspannung. Die Prüfung ist bestanden, wenn das Prüfobjekt der Spannung während dieses Zeitraums standhält.

Ziel der Prüfung ist es, mögliche Schwachstellen mit demselben elektrischen Zustand wie beim Normalbetrieb (AC-Spannung) auszulösen. Diese Schwachstellen kann man mit anderen Prüfungen nicht immer nachweisen. Wenn die Prüfungen einen Durchbruch verursachen, muss der Teil der Wicklung anschließend repariert werden, bevor er wieder in Betrieb genommen wird.



Obwohl es sich hierbei um eine potenziell schädliche Prüfung handelt, ist dies ein sehr leistungsfähiges Verfahren zur Identifizierung von Schwachstellen. Da die Energie während der Prüfung im Vergleich zur Energie während des Betriebs vergleichsweise gering ist, sind die während der Prüfung verursachten Schäden lokal begrenzt. Die Prüfung wird während der Instandhaltung durchgeführt, weshalb zusätzliche Stillstandzeiten aufgrund eines ausgelösten Ausfalls vermieden werden.

DC-Wicklungs-/Kontaktwiderstandsmessung

Eine DC-Wicklungswiderstandsmessung wird im Werk oder während der Inbetriebnahme einer Maschine durchgeführt, um die berechneten Verluste und mögliche Probleme mit Lötstellen und Kontakten zu prüfen. Wicklungswiderstandsprüfungen werden auch nach Routinemessungen durchgeführt.

Es handelt sich um ein leistungsstarkes Werkzeug zur Erkennung von Kontaktproblemen an Wicklungen, Polverbindern oder Polwicklungen. Vor allem bei älteren Maschinen sind zum Beispiel Kontaktprobleme aufgrund von schlechten Lötstellen ein Thema.

Vorteil der Stehspannungsprüfung (AC):

- > Einfache Bewertung (Ja-/Nein-Kriterien)
- > Die Spannungsverteilung in der Isolierung wie während des Betriebs
- > „Versteckte Stellen“ werden erkannt

Nachteil der Stehspannungsprüfung (AC):

- > potenziell zerstörende Prüfung
- > mittlerer Aufwand bei der Einrichtung

Ein Gleichstrom wird in die Ständerwicklung eingespeist und der Spannungsabfall wird gemessen. Aufgrund der hohen Induktivität der Ständerwicklung wird der Strom aufgezeichnet, nachdem er sich stabilisiert hat. Der Wicklungswiderstand wird mit $R_M = U_{\text{Test}}/I_{\text{Test}}$ berechnet. Aufgrund der niedrigen Resistivität der Wicklungen ($\mu\Omega$ -Bereich) muss die 4-polige Messung wie in Abbildung 2 aufgebaut sein. Andernfalls würde der Kontaktwiderstand die Messung verfälschen.

Der Widerstandswert wird temperaturkorrigiert (gemäß IEC-/IEEE-Norm), um Ergebnisse vergleichen zu können.

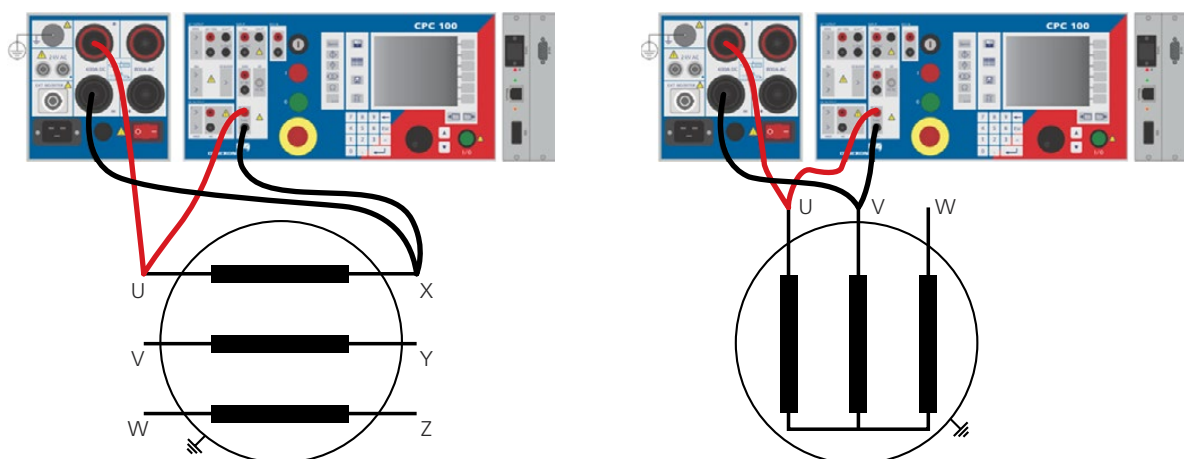


Abbildung 2: Die 4-polige DC-Wicklungswiderstandsmessung an Ständerwicklungen mit offenem Sternpunkt (links) und geschlossenem Sternpunkt (rechts).