



Prüfungen der Durchschlagfestigkeit: Wirkstrom und Gesamtstrom

F&E-Abteilung
SEFELEC SAS Lognes
Eaton Electrical

Einleitung

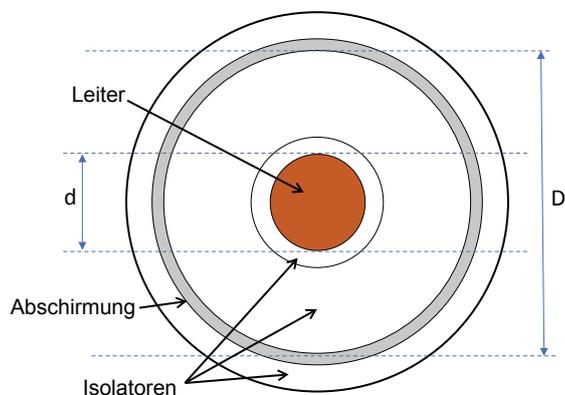
Bei Durchschlagfestigkeitsprüfungen unter Wechselspannung können Messprobleme aufgrund der kapazitiven Wirkung bestimmter zu prüfender Betriebsmittel auftreten, z. B.:

- Ummantelte elektrische Kabel
- Kondensatoren
- Isoliermaterial oder Schutzausrüstungen
- Elektronische Betriebsmittel

Bei einem Kondensator ist dieser Effekt auf die Art und Funktion des zu prüfenden Bauteils zurückzuführen, bei anderen Betriebsmitteln auf deren Beschaffenheit.

Beispiel geschirmtes einadriges Kabel

Am Beispiel eines einadrigen Stromkabels lässt sich erkennen, dass es sich bei 50 oder 60 Hz konstruktionsbedingt, wie ein Kondensator verhalten kann. Die Isolierung, aus der es besteht, trägt zur kapazitiven Störwirkung bei, die zwischen der Kabelader und ihrer äußeren Abschirmung entsteht.



Querschnitt eines einadrigen geschirmten Kabels

Diese Störkapazität wird in der Regel in linearen Größen ausgedrückt, wobei die verwendete Einheit ein Teil eines Farad pro Kilometer ist.

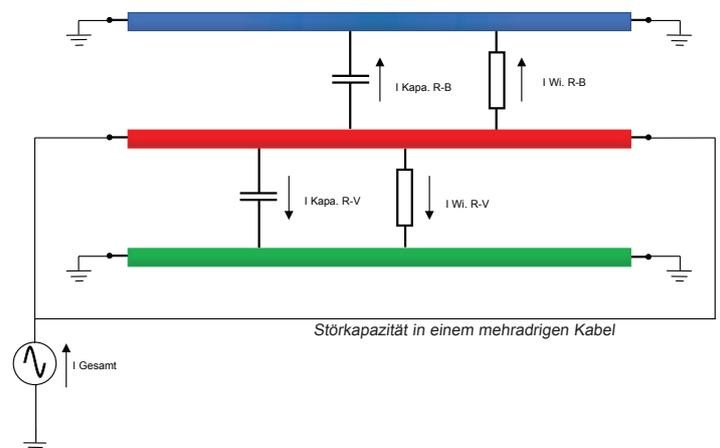
Der Wert bei einem gleichwertigen Kondensator im Falle eines einadrigen geschirmten Kabels ist gleich:

$$C = \frac{\epsilon_0 \times \epsilon_r}{18 \times \ln(D/d)} \text{ in } \mu\text{F pro km ausgedrückt}$$

wobei ϵ_0 die elektrische Feldkonstante ($8,85 \times 10^{-12}$ F/m) und ϵ_r die relative Permittivität des Isolators, Bsp. 2,25 für Polyethylen.

Beispiel mehradrige Kabel und Kabelbäume

Kabel oder Kabelbäume werden bei ihrer Herstellung zahlreichen Arbeitsschritten unterzogen, z. B. einem Crimpen von Steckern, einer Lasermarkierung, einem Biegen usw., wodurch sich die Qualität ihrer Isolierung verschlechtern kann. Sie müssen daher zur Validierung ihrer Verwendung Festigkeitstests unterzogen werden. Kabelbäume, die im Eisenbahnwesen und in der Luftfahrt verwendet werden, können mehrere hundert Meter lang sein und weisen daher auch einen erheblichen kapazitiven Effekt zwischen jedem Draht und seiner Umgebung auf. Dies führt unter Umständen zu größeren kapazitiven als resistiven Strömen. Daher ist es unerlässlich, die Messung der beiden Ströme zu trennen, um den Isolationswiderstand des Kabelbaums korrekt zu bestimmen.



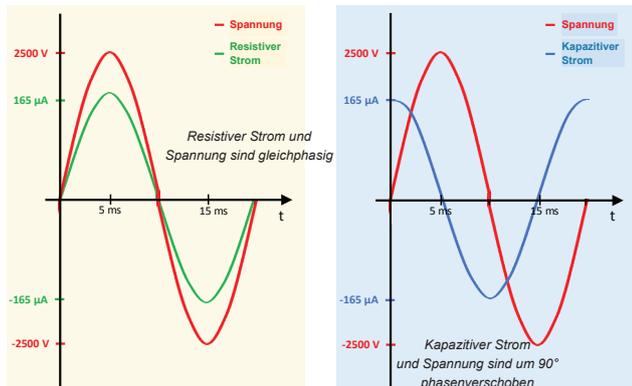
Folgen des kapazitiven Effekts bei einer AC-Durchschlagfestigkeitsmessung:

Bei einer Durchschlagprüfung geht es darum, den ohmschen Ableitstrom durch einen Isolator zu messen. Wir haben jedoch gesehen, dass ein kapazitiver Störeffekt auftreten kann, der einen Ableitstrom erzeugt, der bei der Charakterisierung der dielektrischen Qualität des zu prüfenden Betriebsmittels nicht berücksichtigt werden sollte.

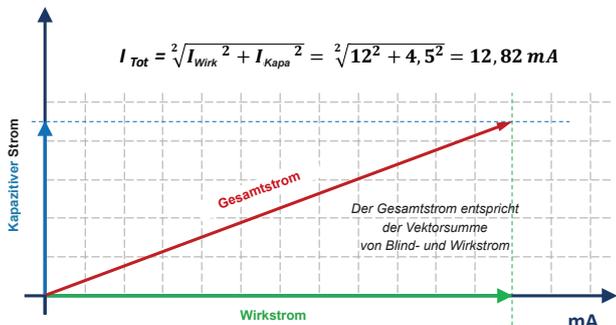
Der gemessene Gesamtstrom ist das Ergebnis der Vektorsumme der beiden Ströme:

- Resistiver Strom, genannt **Wirkstrom**
- Kapazitiver Strom, genannt **Blindstrom**

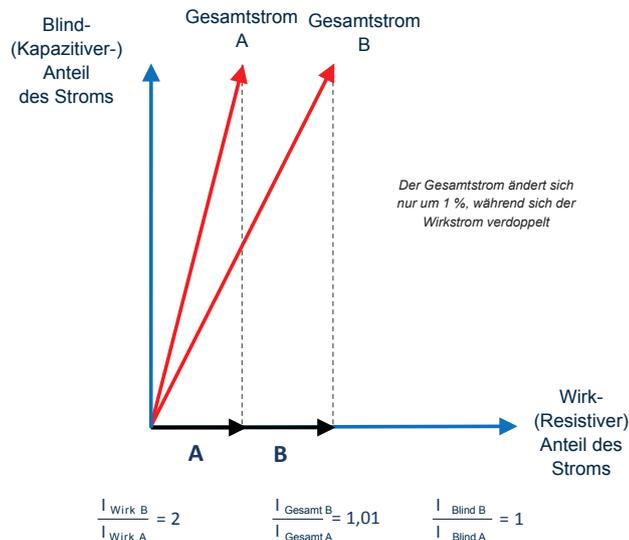
Das Anlegen einer AC-Durchschlagfestigkeitsprüfspannung an ein kapazitives Element wie ein Kabel erzeugt einen Blindstrom, der um 90° phasenverschoben zur angelegten Spannung ist. Der ohmsche Ableitstrom ist in Phase mit der Spannung.



Der Ableitstrom, der von den meisten Durchschlagfestigkeitsprüfgeräten gemessen wird, ist die Vektorsumme (Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate) von Blindstrom (kapazitiver Strom) und Wirkstrom (resistiver Strom). Der resistive Strom hängt vom Isolationswiderstand und der an das zu prüfende Element angelegten Spannung ab.



Wenn die kapazitiven Ströme größer sind als die resistiven, ist es unerlässlich, die Messung der beiden Ströme zu trennen, um den Isolationswiderstand des zu prüfenden Betriebsmittels, z.B. eines Kabelbaums, korrekt zu bestimmen. Aufgrund des Ungleichgewichts zwischen dem kapazitiven (hohen) und dem resistiven (niedrigen) Stromwert kann die Verdopplung des resistiven Stroms nur einen Anstieg des Gesamtstroms um 1% bewirken und ist daher möglicherweise nicht erkennbar, wenn nicht jeder Strom separat gemessen wird.



AC- oder DC-Spannungsfestigkeitsprüfungen

Um nicht zwischen Blind- und Wirkströmen unterscheiden zu müssen, können Durchschlagfestigkeitsprüfungen mit einer Gleichspannung durchgeführt werden. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass der Einfluss des Blindstroms nur während der Ladephase auftritt, während nach Erreichen der Spannung nur noch der mit dem Isolationswiderstand des Kabels verbundene resistive Strom fließt.

Es gibt jedoch einige Nachteile bei der Durchführung von DC-Durchschlagfestigkeitsprüfungen, von denen im Folgenden einige Beispiele genannt werden:

- Die Normen erlauben nicht immer eine Prüfung mit Gleichspannung.
- Die Gleichspannungen müssen höher sein als die Wechselspannungen (Verhältnis 1,414).
- Die Prüfungen werden mit nur einer Polarität durchgeführt und sind daher weniger belastend als bei Wechselstrom.
- Die Messgeräte müssen zwischen Ladestrom und Beharrungsstrom unterscheiden.
- Das Kabel oder Betriebsmittel muss nach der Prüfung entladen werden.

AC-Durchschlagfestigkeitsprüfungen sind daher vorteilhaft, wenn die Messgeräte in der Lage sind, zwischen resistiven und kapazitiven Strömen zu unterscheiden.

Messung des Wirk- und Gesamtstroms mit der Serie SEFELEC 5x

Die Serie SEFELEC 5x mit Einzel- und Multifunktionsmessgeräten ermöglicht die Durchführung von Prüfungen der AC- oder DC-Spannungsfestigkeit. Dank der Leistungsfähigkeit ihres Messkerns und ihres großen Touchscreens zeigen alle Modelle den Gesamtstrom und den Wirkstrom an.



SEFELEC 506-S bei der Messung der Festigkeit mit Anzeige von Gesamt- und Wirkstrom

Es ist natürlich möglich, die I_{MAX} Erkennungsschwellen auf einen der beiden Ströme (Wirk- oder Gesamtstrom) einzustellen.

Modell	Leistung	Spannungsbereich	Erkennungsschwelle
SEFELEC 56 - H/D/S	50 VA	100 V _{DC} - 6000 V _{DC}	von 0,001 mA bis 9,999 mA in 1 µA-Schritten
SEFELEC 506 - H/D/S	500 VA	100 V _{AC} - 5000 V _{AC}	von 0,01 mA bis 110 mA in 10 µA-Schritten

Zusätzliche Funktionen wie programmierbare Anstiegs-/Halte-/Abfallzeiten, Multi-Festigkeit oder Datenprotokollierung in festgelegten Abständen sind bei der Serie 5x ebenfalls verfügbar.

Die Winpass MX-Software ermöglicht die PC-basierte Steuerung des Geräts und die Erstellung individueller Berichte.

Eaton - Sefelec sas
19 rue des Campanules
F-77185 Lognes
Hauptsitz
+33 (0)1 64 11 83 42
Technische Abteilungen
+33 (0)1 64 11 83 48

Eaton - Sefelec GmbH
Karl- Bold- Str. 40
D-77855 Achern
Zentrale
+49 (0) 7841 640 77 0
Fax
+49 (0) 7841 640 77 29