

Einfache Bestimmung der Schichtleitfähigkeit auf Isolatoren in der Praxis

Von F. Schwab

621.315.62 : 621.317.333.6

Mit Hilfe einer einfach auszuführenden Nebelung kann zwischen akuter und chronischer Verminderung der Isolationsfähigkeit von Isolatoren unterschieden werden. Die Bestimmung der spezifischen Oberflächenschichtleitfähigkeit über den Formfaktor, deren Messung und Interpretation wird dargelegt.

Au moyen d'une fumigation facile à exécuter, on peut distinguer entre une diminution aiguë et une diminution chronique du pouvoir isolant d'isolateurs. L'auteur décrit la détermination de la conductivité superficielle, en partant du facteur de forme, ainsi que sa mesure et son interprétation.

1. Einführung

Beim periodischen Ansprechen des Schutzes und dem dadurch bedingten Abschalten von Leitungen oder Anlageteilen in längeren oder kürzeren Zeitintervallen stellt sich dem Elektrizitätswerk die Frage, ob dies durch eine zufällige, akute oder eine chronische Verminderung der Isolation bedingt sei, d. h., ob die Isolationsfähigkeit zeitlich limitiert, z. B. durch Nassschnee, auftauendes Eis usw., oder definitiv durch Verschmutzung herabgesetzt wurde [1]¹⁾. Im ersten Fall ist zu erwarten, dass der Anlageteil nach einer gewissen Zeit, z. B. nach erfolgreichem Temperaturanstieg, ohne weiteres wieder in Betrieb genommen werden kann; im zweiten müssen die Isolatoren gewaschen oder ausgewechselt werden. Besonders falls sich diese Frage bezüglich einer Freileitung stellt, ist es von grossem Vorteil, wenn sie nach einer einfachen Messung an einigen wenigen Isolatoren eindeutig beantwortet werden kann.

2. Formfaktor

Zur vergleichswisen Kennzeichnung des Verschmutzungsgrades von Isolatoren mit fester Fremdschichtbedeckung wird die Schichtleitfähigkeit beigezogen. Es ist dies der Leitwert σ in μS eines Oberflächenquadrates auf dem Isolator. Um nun die gesamte, sehr komplizierte Oberfläche eines Isolators in eine quadratische Form transponieren zu können, errechnet man den sog. Formfaktor f . Er entspricht annähernd dem Verhältnis Kriechweglänge l_K zu Umfangmittel U_{mi}

$$f \approx \frac{l_K}{U_{mi}}$$

was auch dem Verhältnis Kriechweglänge l_K im Quadrat zur gesamten Oberfläche A_I des Isolators entspricht

$$f \approx \frac{l_K^2}{A_I}$$

Die Abwicklung der Isolatoroberfläche zur Bestimmung der Gesamtoberfläche geschieht am einfachsten durch Aufteilung in einzelne Rechtecke, Trapeze, Kreisringe und Kreisringteile, wie es in Fig. 1 dargestellt ist. Diese können berechnet und zur Gesamtoberfläche zusammengezählt werden. Die

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Kriechweglänge nimmt man am besten aus den technischen Datenblättern der Isolatorhersteller.

In Tabelle I sind die Formfaktoren einiger Isolatorentypen angegeben.

3. Messung der Schichtleitfähigkeit

Wenn der Formfaktor bekannt ist, muss nur noch der Widerstand des ganzen Isolators bestimmt werden. Dazu muss vorerst der Isolator in einem geeigneten Raum, z. B. Auto- waschraum der betriebseigenen Garage, aufgehängt und mit destilliertem Wasser benebelt werden. Hiefür benützt man am besten eine neue, saubere Spritzpistole, füllt sie mit in jeder Garage vorhandenem destilliertem Wasser und betreibt sie durch eine mit Öl- und Wasserabscheider ausgerüstete Druckluftanlage. Es ist darauf zu achten, dass die beschriebene Vorrichtung bei der Nebelung des Isolators nicht zusätzliche Fremdkörper oder Schmutzteile aufsprüht. Es ist einerseits zu beachten, dass der Isolator über der ganzen Oberfläche gleichmässig benebelt wird, und dass er andererseits aber nicht zu stark benetzt wird, da sonst Gefahr besteht, dass die Fremdschicht abgewaschen wird. Die Spritzpistole muss daher einen feinen Nebel erzeugen und darf keine Tropfen auswerfen. Die Intensität der Nebelung kann am geeignetsten mit dem Abstand a variiert werden. Die entsprechende Anordnung ist schematisch in Fig. 2 dargestellt. Am so feuchtigkeitsgesättigten Isolator wird eine einfache Strom-Spannungsmessung durchgeführt, wobei je nach Verschmutzungsgrad eine Spannung ab Steckdose von 220 V oder 380 V genügt. Die Spannung muss am freien Isolatorende angeschlossen werden, da im umgekehrten Fall der Ableitstrom über die Aufhängevorrichtung mitgemessen wird. In Unterwerken oder Kraftwerken kann diese Messung unter Umständen an Ort und Stelle ohne Ausbau der Isolatoren durchgeführt werden. Die spezifische Schichtleitfähigkeit bestimmt sich dann zu

$$\sigma_s = \frac{If}{U}$$

4. Auswertung der Messresultate

Die gemessene Schichtleitfähigkeit muss nun in Beziehung zur Betriebsspannung der einzelnen Isolatoren gebracht werden. Da es sich in der Praxis in erster Linie um eine quantitative Verschmutzungsbestimmung handelt, spielen die genauen Messwerte keine allzu grosse Rolle; man will nur feststellen, ob z. B. gezielte Massnahmen zur Reinigung der Isolatoren notwendig werden oder nicht. Somit spielt auch die Tatsache, dass der dem Phasenseil am nächsten liegende Isolator eine etwas höhere Teilspannung ertragen muss, eine nur sekundäre Rolle. Laborversuche [1] zeigten, dass z. B. ein Langstab-Isolator einer verschmutzten 220-kV-Kette mit einer Betriebsspannung von $240/2 \cdot \sqrt{3} = 70 \text{ kV}$ noch knapp $7 \mu\text{S}$ spezifische

Formfaktoren

Tabelle I

Isolatortyp	Strunkdurchmesser mm	Schirmzahl	Fadenlänge mm	Kriechweg mm	Formfaktor
85/13	85	13	820	1625	4,62
75/13	75	13	800	1600	4,81
75/14	75	14	1095	1860	6,46

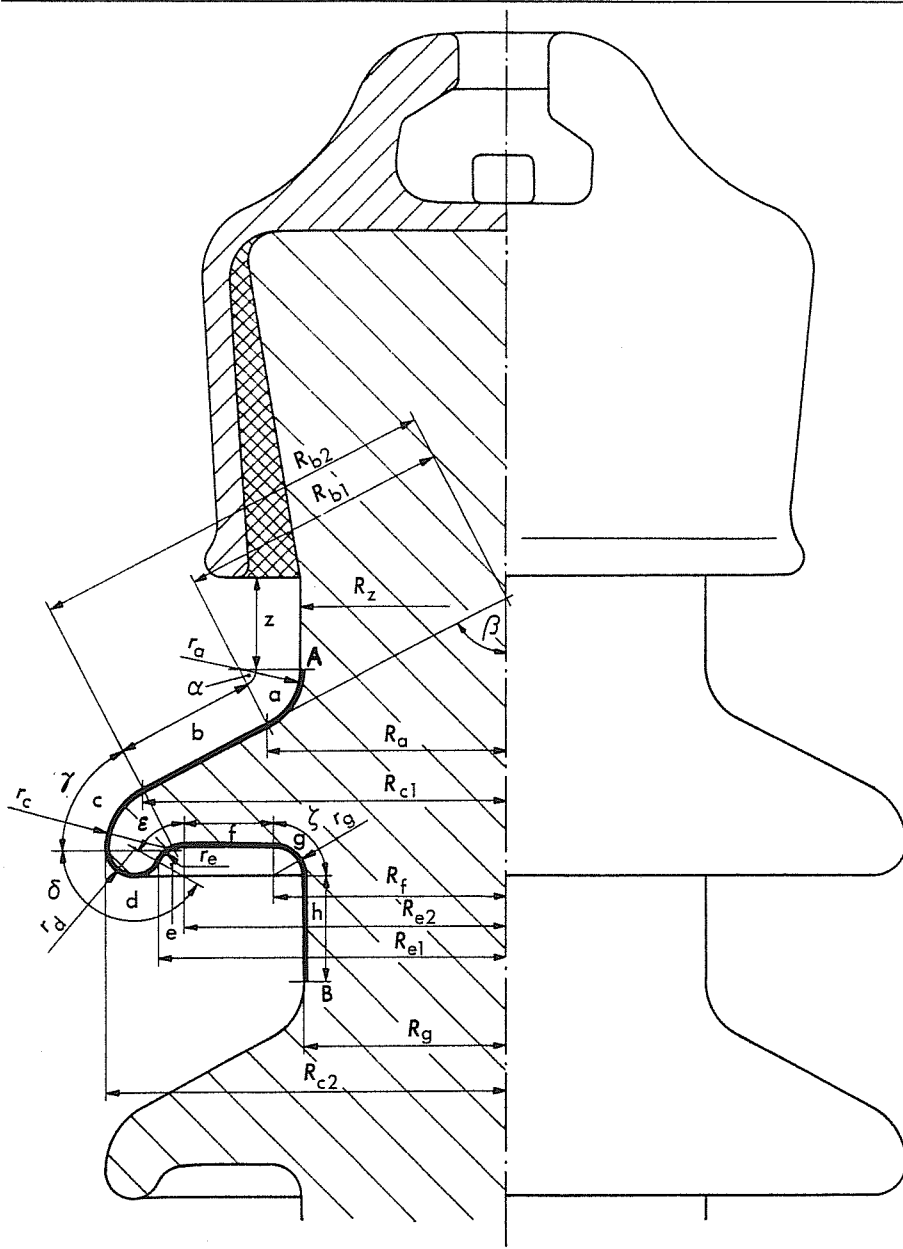


Fig. 1
Bestimmung des Formfaktors
 Grössen zur Berechnung der Oberfläche
 und der Kriechlänge des Isolators

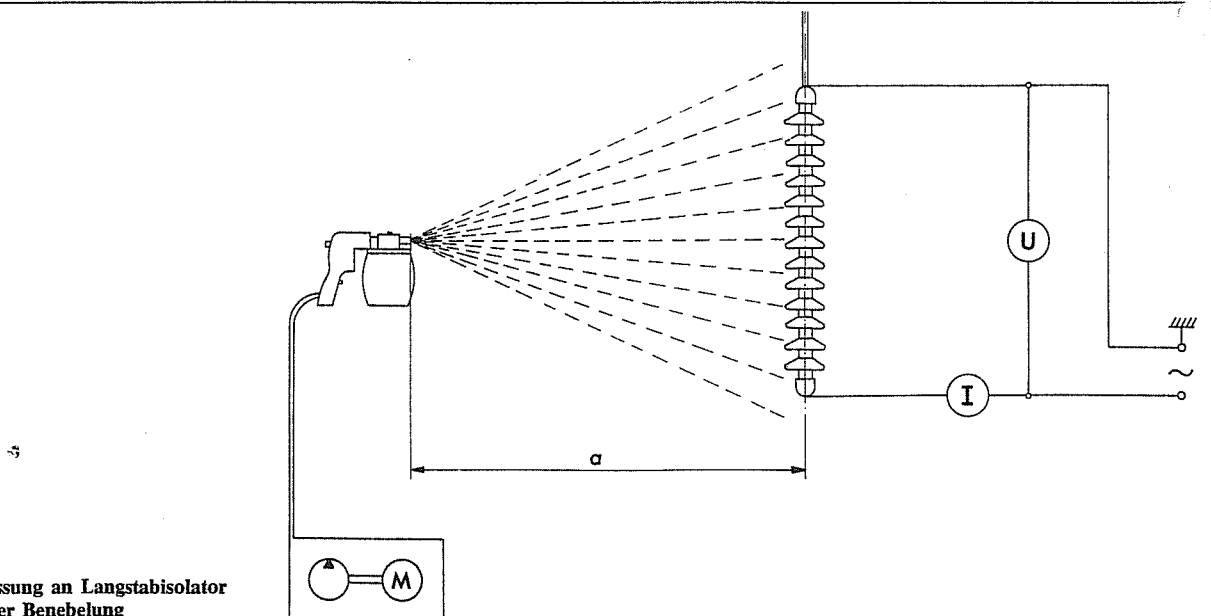


Fig. 2
Isolationsmessung an Langstabisolator
 bei künstlicher Benebelung

Oberflächen-Schichtleitfähigkeit ertragen kann ohne zu überschlagen.

Der entgegengesetzte Grenzwert in der Verschmutzungsskala entspricht einem ohne spezielle Sorgfalt an Lager gehaltenen fabrikneuen Isolator, dessen Leitfähigkeit von unter 1 nS, d. h. 10^{-9} S, mit der beschriebenen Anordnung und einer Spannung von 220 bis 380 V kaum mehr festgestellt werden kann.

Ein den Betriebsbedingungen entsprechender Isolator sollte somit eine Schichtleitfähigkeit unter 10^{-6} S aufweisen.

Für die Praxis wesentlich aufschlussreicher ist die Messung der Schichtleitfähigkeit in Funktion der Benebelungszeit oder, anders gesagt, in Funktion der aufgetragenen Wassermenge. Aus dem Verlauf der Kurve, die durch Aufzeichnen von Einzelmessungen alle paar Sekunden oder durch ein als Strommeter geschaltetes Registrierinstrument ermittelt werden kann, können eindeutige Schlüsse über die Art der Verschmutzung gezogen werden. In Fig. 3 sind zwei Fälle schematisch dargestellt. Verhält sich ein Isolator während der Benebelung von einigen Minuten nach dem Verlauf der Kurve A, so handelt es sich bei der Verschmutzung um wasserlösliche Substanzen wie Sulfate oder Salze, und es darf angenommen werden, dass die Selbstreinigungskraft des Isolators genügt, damit er nach einem Regen wieder die volle Isolationsfähigkeit aufweist. Insbesondere wenn der Scheitelwert der Kurve A unter 10^{-6} S liegt, darf eine chronische Verschmutzung ausgeschlossen werden.

Im Gegensatz dazu zeigt ein Verlauf nach Kurve B, dass keine Selbstreinigung zu erwarten ist, und die Isolatoren daher künstlich gewaschen [2] oder mit Silikonfett behandelt werden müssen. Ein solcher Kurvenverlauf tritt z. B. auf bei Verschmutzungen durch öl- oder kohlehaltige Abgase aus Industrie oder Hausbrand, bei kupfer- oder eisenhaltigen Ablagerungen durch Industrie oder Bahnen, usw.

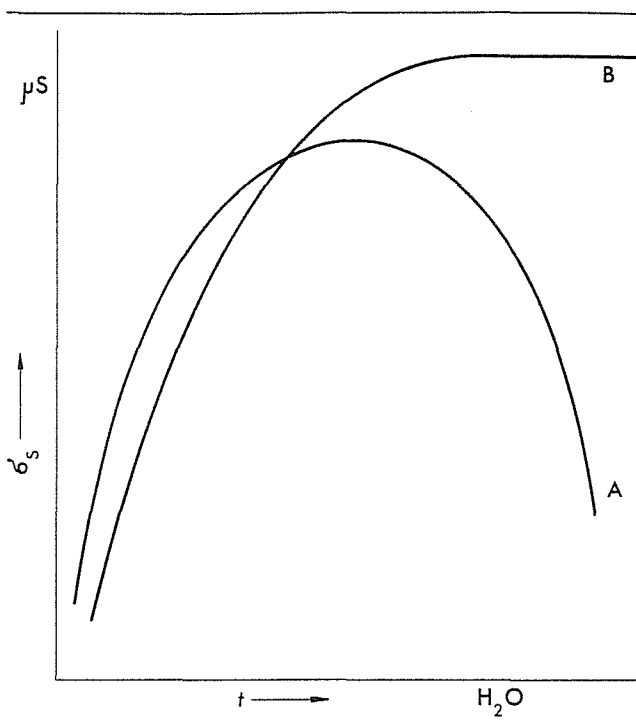


Fig. 3 Zeitliches Verhalten der Schichtleitfähigkeit während der Benebelung

Literatur

- [1] W. Schmidt und F. Schwab: Fremdschichtprobleme auf Freileitungsisolatoren in unmittelbarer Nähe von Autobahnen. Bull. SEV 63(1972)5, S. 227...230.
- [2] T. Fujimura, M. Okayama and T. Isozaki: Hot-line washing of substation insulators. Trans. IEEE PAS 89(1970)5, p. 770...774.

Adresse des Autors:

Dr. F. Schwab, Dipl. Ing. ETH, Vizedirektor, Aare-Tessin AG für Elektrizität, Olten.