Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 27 (1936)
Heft: 13

Artikel: Festigkeitsversuche an imprägnierten hölzernen Leitungsmasten
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057507

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

lastung der Phasen, indem man eine Phasenspannung als Hauptspannungsrichtung annimmt und die beiden anderen Phasenspannungen in der Richtung dieser Hauptspannung und senkrecht dazu zerlegt. Man erhält dann zur Berechnung eines beliebigen Drehstromsystems nur einfache algebraische Gleichungen ersten Grades, deren Auflösung für zahlenmässige Rechnungen sehr leicht ist. Auch hier sind für die Berechnung der Stromverteilung keinerlei komplexe Zahlen oder trigonometrische Funktionen erforderlich. Auch für die Berechnung des Einflusses höherer Harmonischer ist die getrennte Betrachtung der Wirk- und Blindkomponenten zweckmässig.

Ich glaube, dass diese Darstellungen meine schon früher mehrmals geäusserte Ansicht bestätigen, dass die Benützung von Wirk- und Blindströmen, Wirkleistungen und Blindleistungen, die in unseren elektrischen Anlagen sozusagen getrennt nebeneinander hergehen, gegenüber der noch meistens üblichen Rechnungsweise mit Gesamtströmen und Phasenverschiebungen manche Vorteile bietet.

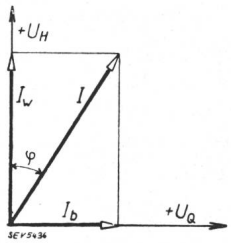

Fig. 12.
Die Wirkleistung ist sowohl gleich $I^2 R$ als auch

gleich $I_w^2 \cdot \frac{R^2 + X^2}{R} = I_w^2 \cdot Z_w$

und die Blindleistung ist sowohl gleich $I^2 X$ als auch

gleich $I_b^2 \cdot \frac{R^2 + X^2}{X} = I_b^2 \cdot Z_b$,

wo Z_w die Wirkimpedanz und Z_b die Blindimpedanz bedeuten.

Ich hoffe, später zeigen zu können, dass auch andere Probleme als die hier näher behandelte Berechnung der Stromverteilung eines Wechselstromsystems sich vereinfachen lassen durch Benützung der Wirk- und Blindgrössen.

Man wäre vielleicht geneigt, einzuwenden, dass dem entgegensteht, dass die Stromwärmeverluste I^2R vom Gesamtstrom abhängig sind. Der Gesamtstrom I lässt sich stets sofort aus $\sqrt{w^2 + b^2}$ finden, auch dann, wenn die senkrechten Stromkomponenten sich nicht auf die Lokalspannung am betreffenden Element der Strombahn beziehen.

Sind w und b die Wirk- und Blindstromkomponenten, bezogen auf die Klemmenspannung des betreffenden Elementes (Lokalspannung), so lässt sich übrigens die Stromwärme I^2R, d. h. die Wirkleistung auch aus dem Wirkstrom allein finden. Es ist nämlich, wie Fig. 12 zeigt:

$$I^2 \cdot R = \left(\frac{w}{\cos\varphi}\right)^2 \cdot R = \frac{w^2 Z^2}{R} = w^2 \cdot \frac{R^2 + X^2}{R}$$

wobei wieder (wie bei Beispiel I)

$$\frac{R^2 + X^2}{R} = Z_w$$

als Wirkimpedanz bezeichnet wird. Die Stromwärme I^2R ist dann gleich $(I_w)^2 \cdot Z_w$, und man erhält den

Satz: Die Wirkleistung in einem Strombahnelement ist gleich dem Quadrat des Wirkstromes (bezogen auf die Richtung seiner lokalen Klemmenspannung), multipliziert mit der Wirkimpedanz

$$Z_w = \frac{R^2 + X^2}{R}$$

In gleicher Weise erhält man den weiteren

Satz: Die Blindleistung in einem Element der Strombahn ist gleich dem Quadrat des Blindstromes multipliziert mit der Blindimpedanz

$$Z_b = \frac{R^2 + X^2}{X}$$

Da die Wirkleistungen die Arbeit und die Arbeitsverluste unserer Maschinen und Anlagen darstellen, während die Blindleistungen mit den magnetischen Feldern und deren Streuungen zusammenhängen, kann man auch andere Probleme als die hier behandelten lösen durch getrennte Rechnungen über Wirkleistungen und ihre Wirkungsgrade sowie über die dann getrennten Blindleistungen und deren Wirkungsgrade. Wenn man im Auge behält, dass vom allgemeinen Standpunkte der Physik aus die Arbeit eine viel einfachere Einheit darstellt als der elektrische Strom und die Spannung, ist zu erwarten, dass Rechnungen mit Wirk- und Blindleistungen und deren Wirkungsgraden manche Vereinfachung bringen können gegenüber den Berechnungen mit Strömen, Spannungen und deren Phasenverschiebungen.

Vielleicht werden wir später Gelegenheit haben, dies an weiteren Beispielen zu sehen.

Festigkeitsversuche an imprägnierten hölzernen Leitungsmasten.

Mitgeteilt von den *Nordostschweizerischen Kraftwerken A.-G.*, Baden, und den *Elektrizitätswerken des Kantons Zürich*, Zürich.

621.315.668.1.0014

Es wird über Festigkeitsversuche an alten hölzernen Leitungsstangen berichtet. Diese Versuche zeigen, dass auch 30-jährige Holzstangen, wenn sie durch Fäulnispilze nicht angegriffen sind, im allgemeinen immer noch eine genügende Festigkeit aufweisen, so dass die Bestrebungen zur Verlängerung der Lebensdauer durchaus gerechtfertigt sind.

L'auteur relate des essais de résistance effectués sur de vieux poteaux de lignes électriques en bois. Ces essais démontrent que même des poteaux âgés de 30 ans présentent encore une résistance mécanique suffisante, s'ils ne sont pas atteints par les champignons. Les efforts en vue de prolonger la durée des poteaux sont donc parfaitement justifiés.

Beim Auftreten von orkanartigen Sturmwinden, wie die, welche in einigen Gegenden der Ostschweiz am 20. Juli 1935 zu verzeichnen waren, kamen schon da und dort Brüche von Holzstangen an Regelleitungen vor. Wenn es sich hierbei um Stangen handelte, die offenbar durch vorgeschrittene Fäulnis

ihre ursprüngliche Festigkeit in erheblichem Umfange eingebüsst hatten, waren solche Brüche ohne weiteres zu verstehen. Indessen hat es sich gezeigt, dass auch anscheinend noch gesunde Stangen älterer Jahrgänge, z. B. solche aus dem Jahre 1908, den Beanspruchungen bei starken Sturmwinden nicht mehr gewachsen sind.

Diese Erscheinung liess nun die Vermutung aufkommen, dass Leitungsstangen solchen Alters dermassen mit Alterserscheinungen behaftet sind, dass Stangen höheren Alters gegenüber neuen eine bedeutend verminderte Festigkeit aufweisen. Entspräche diese Vermutung durchweg der Tatsache, so müssten wohl alle ältern, wenn auch noch guten Stangen ausgewechselt werden, und es wäre auch unzweckmässig, die Lebensdauer durch besondere Behandlungsweise (Imprägnierung und Nachimprägnierung) zu verlängern.

Um diese Frage abzuklären, liessen die NOK in Verbindung mit den EKZ durch die eidgenössische Materialprüfungsanstalt an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich (EMPA) an Leitungsmasten eingehende Biegeversuche vornehmen. Sie fanden am 31. Januar 1936 in der EMPA im Beisein von Vertretern beider Werke statt; nachstehend seien sie kurz beschrieben:

Es wurden im ganzen 17 hölzerne Stangen, nämlich

4 Rottannen, aufgestellt 1905, mit Kupfervitriol imprägniert,

3 Rottannen und 1 Föhre, aufgestellt 1908, mit Kupfervitriol imprägniert,

3 Rottannen, aufgestellt 1908, mit Quecksilbersublimat imprägniert,

4 Rottannen, aufgestellt 1922, mit Kupfervitriol imprägniert,

2 Rottannen, neu 1935, mit Kupfervitriol imprägniert,

einer Biegeprobe bis zum Bruch unterworfen, und zwar bei einer Stützweite von 4,0 m und einer Einzellast in der Mitte (Fig. 1). Die Masten waren vollständig durchnässt. Der Bruch erfolgte in den meisten Fällen durch schliessliches Reissen der Zugzone, nachdem vorher die Druckzone gestaucht worden war.

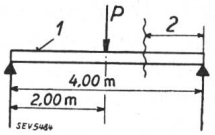

Fig. 1.
Versuchsanordnung.
1 Leitungsmast.
2 Bodenzone.

Zu den in der beigefügten Tabelle enthaltenen Resultaten ist zu bemerken:

Die EMPA rechnet auf Grund von langjährigen Versuchen und in Uebereinstimmung mit den Normen des SIA mit folgenden Mittelwerten:

Biegespannung für lufttrockenes Holz = 0,450 t/cm²
» » nasses » = 0,300 »

Biegeproben an hölzernen Leitungsstangen.

Stangen-Nr. Jahr der Aufstellung	Durchmesser cm	Widerstandsmoment W cm³	Traglast P t	Spannung in Mitte t/cm²	Spannung im Bruchquerschnitt t/cm²	Elastizitätsmodul E kg/cm²	Durchbiegung kurz vor Bruch mm	Bemerkungen
240/05	22	1045	3,5	0,335	0,335	90 000	85	Bruch 50 cm über Bodenfläche, in Maschinenmitte.
243/05	20	785	3,3	0,420	0,420	121 000	50	Bruch 70 cm über Bodenfläche.
244/05	21/22	980	5,75	0,588	0,470	148 000	95	Bruch 30 cm über Bodenfläche, 40 cm von Maschinenmitte.
249/05	25/27	1726	8,8	0,508	0,470	132 000	72	Bruch 35 cm über Bodenfläche, 15 cm von Maschinenmitte.
635/08	24	1357	5,35	0,395	0,307	135 000	45	Bruch 5 cm über Bodenfläche, 45 cm von Maschinenmitte.
659/08 (Föhre)	19/25	1100	3,7	0,336	0,336	82 000	115	Bruch 20 cm über Bodenfläche, in Maschinenmitte.
719/08	25/26	1630	6,4	0,392	0,315	117 000	78	Bruch in der Bodenfläche, 40 cm von Maschinenmitte.
1020/08	26	1726	6,15	0,355	0,312	120 000	55	Bruch 75 cm über Bodenfläche, 25 cm von Maschinenmitte.
1031/08	24	1357	4,85	0,360	0,262	126 000	46	Bruch in der Bodenfläche, 55 cm von Maschinenmitte.
1032/08	29/29,5	2500	9,0	0,360	0,360	100 000	42	Bruch 50 cm über Bodenfläche, in Maschinenmitte.
247/22	25	1534	6,32	0,410	0,307	125 000	42	Bruch in der Bodenfläche durch Aufspalten der Druckzone.
249/22	19/20	720	4,7	0,652	0,555	148 000	82	Bruch 30 cm über Bodenfläche durch Aufspalten der Druckzone.
251/22	21	909	4,1	0,450	0,360	126 000	65	Bruch 30 cm über Bodenfläche, 40 cm von Maschinenmitte.
252/22	23/24	1270	5,9	0,465	0,372	148 000	64	Bruch 15 cm über Bodenfläche durch Aufspalten über den ganzen Querschnitt.
Neu 35	22	1045	6,58	0,625	0,625	122 000	110	Bruch in Maschinenmitte, ausserordentlich feinringiges Holz.
Neu 35	23	1194	5,5	0,460	0,460	118 000	90	Bruch in Maschinenmitte.

Alle Stangen, durchnässt, haben mit einer einzigen Ausnahme diese Spannung erreicht, bzw. überschritten; eine neue, sehr feinjährige (enge Jahrringe) zeigte einen Extremalwert von $\sigma_b = 0{,}625$ t/cm².

Was die Elastizitätsmoduli anbelangt, so weisen auch diese (ausgenommen die Föhre) durchaus normale Werte auf. Die EMPA rechnet mit einem mittlern $E_b = 120\,000$ kg/cm², wobei eine Streuung von ± 25 % in Kauf genommen werden muss.

Aus den Versuchsergebnissen lässt sich feststellen, dass auch dreissigjährige Stangen, sofern sie von Fäulnispilzen nicht angegriffen sind, im allgemeinen immer noch eine genügende Festigkeit aufweisen und die Bestrebungen nach langer Lebensdauer der Stangen in dieser Hinsicht durchaus am Platze sind. Das Versagen vereinzelter, bei der Kontrolle noch als gut befundener Stangen muss wohl darauf zurückgeführt werden, dass unter den vielen alten Stangen ein kleiner Teil vorhanden ist, der eben entgegen dem Befund der Kontrolle doch nicht mehr vollständig gesund ist und daher eine stark verminderte Festigkeit aufweist.

Mehrleiter-Bleikabel mit vorgeformten Sektorleitern.

Von *Rud. Reger*, Brugg.

621.315.212.4

Der Autor begründet die Vorteile, welche Mehrleiter-Bleikabel mit sektorförmigem Leiterquerschnitt gegenüber solchen mit rundem Leiterquerschnitt auszeichnen und skizziert das neue Verfahren der Kabelwerke Brugg zur Herstellung solcher Kabel. Ferner wird kurz auf die elektrischen Eigenschaften dieser neuen Kabel hingewiesen.

L'auteur expose les avantages des câbles à plusieurs conducteurs, de section en forme de secteur, sur les câbles à conducteurs de section circulaire et décrit succinctement le procédé nouveau qu'appliquent les Câbleries de Brougg pour les fabriquer. Il mentionne en outre brièvement les propriétés électriques de ces nouveaux câbles.

Die Technik strebt heute danach, bei mindestens gleicher Qualität eine fühlbare Verbilligung der Produkte zu erzielen. Auch die Kabeltechnik geht diesen Weg. Ein interessanter Erfolg ergab sich besonders bei der Fabrikation der Mehrleiter-Hochspannungskabel für Betriebsspannungen bis 60 kV. Bis zur Erfindung des Fabrikationsverfahrens für Kabel mit sektorförmigen Leitern [1]) war die Anwendung der Sektorkonstruktion nahezu ausschliesslich auf Niederspannungskabel bis ca. 1000 V beschränkt; heute werden in den Werkstätten der Kabelwerke Brugg A.G. alle Sektorkabel, sowohl für Hoch- als auch für Niederspannung, nach diesem neuen Fabrikationsverfahren hergestellt.

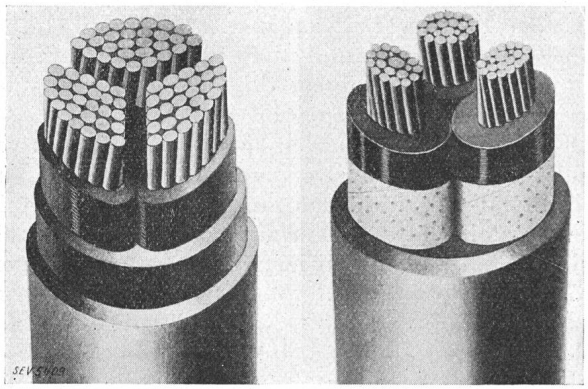

Fig. 1. Dreileiter-Sektorbleikabel für 1 kV.

Fig. 2. Dreileiter-Sektorbleikabel mit Höchstädterschutz für 16 kV.

Die Verwendung von sektorförmigen statt runden Leitern bei den Mehrleiterkabeln erlaubt eine erheblich günstigere Ausnützung des Raumes, bei gleichem Metallquerschnitt und gleicher Isolationsdicke. Der Durchmesser solcher Kabel wird bei gleichem Leiterquerschnitt und gleicher Isolationsdicke wesentlich kleiner als bei Kabeln mit runden Leitern. Hieraus resultiert eine erhebliche Ersparnis der notwendigen Materialien zum Isolieren, Verbleien, Asphaltieren und Armieren, und dies

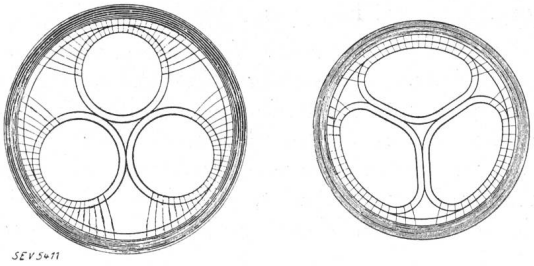

Fig. 3. Wärmefluss bei Kabeln mit runden (links) und sektorförmigen (rechts) Leitern.

wiederum ergibt eine wesentliche Verbilligung gegenüber dem Kabel mit runden Leitern. Das kleinere Gewicht des Sektorkabels gestattet ferner die Fabrikation grösserer Längen und erleichtert die Verlegung und Montage der Kabel.

Ein weiterer Vorteil des Mehrleiterkabels mit sektorförmigen Leitern besteht in der günstigeren Wärmeableitung gegenüber dem Rundleiterkabel. Fig. 3 zeigt Schnitte durch zwei Dreileiterkabel mit runden, bzw. sektorförmigen Leitern. Beim Rundleiterkabel befindet sich nur ein Punkt, bzw., in der Längsrichtung betrachtet, nur eine Schraubenlinie in unmittelbarer Nähe des Bleimantels. Beim Sektorkabel dagegen verläuft eine breite Fläche von mehr als einem Drittel der Leiteroberfläche nahe dem Bleimantel. Jeder Kabelleiter gibt im Betriebe je nach der Strombelastung mehr oder weniger Wärme ab, die durch den Bleimantel und die Kabelasphaltierung und Armierung in den Erdboden oder den das Kabel umgebenden Raum abgeführt wird. Aus Fig. 3 geht somit eindeutig hervor, dass die Wärmeableitung im Sektorkabel we-

[1]) Schweizer Patent Nr. 140 512 (1930).