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

Artikel: Mehrleiter-Bleikabel mit vorgeformten Sektorleitern
Autor: Reger, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057508

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

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.

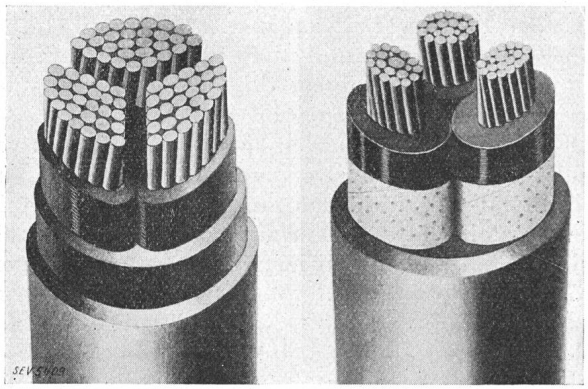

Fig. 1. Dreileiter-Sektorbleikabel für 1 kV.

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

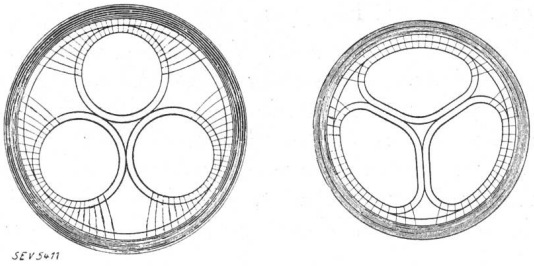

Fig. 3. Wärmefluss bei Kabeln mit runden (links) und sektorförmigen (rechts) Leitern.

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).

sentlich günstiger ist als im Kabel mit runden Leitern. Das günstigere Wärmeableitungsvermögen des Sektorkabels wird überdies noch erhöht durch den Umstand, dass die mit imprägniertem Isoliermaterial ausgefüllten Zwickel, welche die Wärme schlecht leiten, beim Sektorkabel viel kleiner sind als beim Rundleiterkabel.

Der wesentliche Unterschied zwischen dem bekannten Sektorkabel (alte Ausführung wie bisher für Niederspannungskabel angewendet) und dem neuen Sektorkabel (neue Machart) besteht in der Fabrikationsart der Kabelleiter. Bisher wurden die Sektorleiter auf den Verseilmaschinen so fabriziert, dass sie nach dem Verseilen und Isolieren einen geraden Leiter bildeten. Beim Verseilen solcher Sektorleiter (alte Ausführung) wurden diese pro Umgang der Verseilmaschine um die eigene Axe um 360° verdreht. Hiedurch entstanden innere Material-Spannungen, die das Leitermaterial und die Isolation mechanisch auf Torsion beanspruchten, was sich nachteilig auf die Güte der Isolation auswirkte (Faltenbildung und Steifheit der Kabel, siehe Fig. 4). Für Niederspannungskabel war diese Sektorausführung noch zulässig, nicht aber für Hochspannungskabel, wo es darauf ankommt, dass keine Falten und Hohlräume in der Isolierung und keine Materialspannungen in den Leitern entstehen.

Alle diese Nachteile der alten Sektorausführung werden durch das neue Verfahren restlos ausgeschaltet. Der sektorförmige Kabelleiter wird nämlich bereits während der Verseilung der Drähte zum Leiter, d. h. vor der Isolierung und ohne dass Torsionsspannungen entstehen, in diejenige Schraubenform gebracht, die der Leiter theoretisch im fertigen Kabel einnimmt. Durch dieses

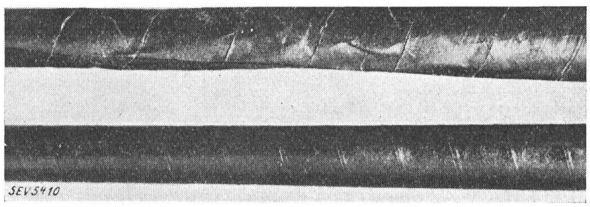

Fig. 4 (oben). Fig. 5 (unten).
Sektorkabel alter (oben) und neuer (unten) Fabrikation.

Vorformen werden alle Materialspannungen vermieden, und es treten in derart fabrizierten und isolierten Leitern, selbst beim Verseilen zum Kabel, keinerlei Materialspannungen auf, indem bei der Verseilung kein Verdrehen der Leiter um 360° pro Maschinenumgang erfolgt. Die Leiterisolationsschichten von vorgeformten Sektorkabeln sind ebenso kompakt und fehlerfrei wie bei den Kabeln mit runden Leitern (Fig. 5). Die Spannungslosigkeit der vorgeformten Sektorkabel äussert sich in der vollständigen Torsionsfreiheit und in der grossen Biegsamkeit, was für die Verlegung wiederum ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist. Zur weiteren Steigerung der beschriebenen Materialeinsparung können die einzelnen Kabelleiter während der Fabrikation noch gewalzt und, soweit erwünscht, Profil- statt runde Drähte mitverwendet werden.

In elektrischer Hinsicht wird die Qualität der Starkstromkabel, ausser nach der absoluten Höhe der dielektrischen Verluste, speziell auch nach dem Verlauf der Kurve der Verlustwinkel, ferner nach der Zeitdurchschlagskurve beurteilt. Weist die Kurve der dielektrischen Verlustwinkel einen Knick auf, von dem aus bei weiterer Spannungssteigerung ein steiler Anstieg der Kurve zu beob-

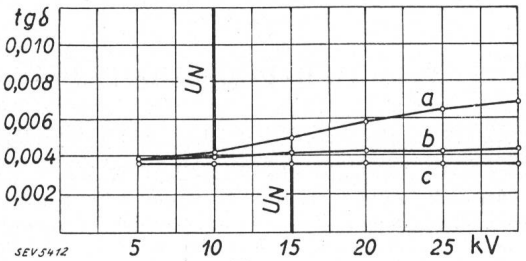

Fig. 6.
Dielektrischer Verlustwinkel verschiedener Kabel bei 19° C.
a 3 × 50 mm², 10 kV, runde Leiter mit Gürtelisolation.
b 3 × 50 mm², 10 kV, vorgeformte Sektorleiter mit Gürtelisolation.
c 3 × 70 mm², 15 kV, vorgeformte Sektorleiter mit Höchstädterschutz.
U_N Nennspannung.

achten ist, dann weiss man, dass die Grenze der absoluten Betriebssicherheit überschritten wurde und die Gefahrzone beginnt. Die Höhe der Spannung, die den vorgenannten Knick in der Verlustwinkelkurve erzeugt, ist speziell abhängig von der Grösse und der Zahl der schädlichen Hohlräume zwischen den isolierten Leitern und von der Güte der Leiterisolation an und für sich. Bei dem Sektorkabel mit vorgeformten Leitern sind die Zwischenräume (Zwickel) zwischen den isolierten Leitern und dem Bleimantel viel kleiner als beim Rundleiterkabel. Hiedurch wird erreicht, dass die dielektrischen Verluste bei den neuen Sektorkabeln, soweit Gürtelisolation und nicht metallisierte Einzelleiter in Frage kommen, kleiner werden als bei den Kabeln mit runden Leitern.

Fig. 6 zeigt drei Kurven von Verlustwinkeln von drei Kabeln, wovon zwei nach diesem neuen Verfahren fabriziert worden sind. Bemerkenswert ist die Kurve c, die den Verlauf der Verluste für ein Sektorkabel mit metallisierten Leitern nach System Höchstädter wiedergibt. Man erkennt an dem geraden Verlauf der Kurve, dass bei diesem Kabel alle Füllmaterialien im Isolationsraum elektrisch vollkommen ausgeschaltet und dass die dielektrischen Verluste äusserst niedrig sind.

Hinsichtlich der Montage der Endverschlüsse der Verbindungs- und Abzweigmuffen ist zu sagen, dass diese Arbeiten an Sektorkabeln technisch ebenso einwandfrei durchführbar sind wie bei den Kabeln mit runden Leitern.

Erwähnenswert ist ferner, dass der Verein deutscher Elektrotechniker beschlossen hat, dass ab 1. November 1934 alle Mehrleiterkabel von 25 mm² und mehr für Spannungen bis und mit 10 kV vorzugsweise sektorförmig auszuführen sind. Diese

Regel basiert vor allem auf der durch diese Ausführung erreichbaren Reduktion der Anschaffungskosten für Kabel. Dabei ist zu erwarten, dass in Deutschland alle Hochspannungs-Mehrleiterkabel über 10 kV verketteter Betriebsspannung ebenfalls mit Sektorleitern fabriziert werden, sobald das vorstehend beschriebene neue Fabrikationsverfahren Eingang gefunden haben wird.

Zusammengefasst ergeben sich für das vorgeformte Sektorkabel, gegenüber dem Kabel mit runden Leitern, folgende Vorteile:

1. günstigere Raumausnützung,
2. wesentliche Ersparnis an Isoliermaterial, Blei, Asphaltierung und Armierung,
3. kleinerer Durchmesser gegenüber Rundleiterkabeln,
4. grosse Biegsamkeit und vollständige Torsionsfreiheit, wegen der vorgeformten Leiter,
5. leichte Handhabung, weil leichter als Kabel mit runden Leitern,
6. günstigere Wärmeableitung und damit entsprechend höhere Belastungsmöglichkeit,
7. kleinere dielektrische Verluste der Kabel mit Gürtelisolation, bedingt durch die viel kleineren Zwickel,
8. wesentliche Preisermässigung gegenüber dem Rundleiterkabel.

Der Belastungsausgleich und seine statistische Regelmässigkeit in elektrischen Anlagen.

Von *W. Kummer*, Zürich.

621.311.153

Die auch in den Häufigkeitskurven betriebsmässiger Spannungsänderungen sichtbare Regelmässigkeit des mit der Belastung veränderlichen Belastungsausgleichs in elektrischen Anlagen wird in bezug auf ihren statistischen Inhalt einer grundsätzlichen Betrachtung unterworfen.

L'auteur soumet à un examen critique, au point de vue statistique, la régularité empirique de la compensation de charge, variable selon la charge des installations électriques, compensation également visible dans les courbes de fréquence des variations de tension.

Unsere im Bull. SEV 1936, S. 124 bis 127, veröffentlichte Untersuchung über die Form der Spannungsänderungen im Elektrizitätswerk und bei den Energieabnehmern führte uns auf die Häufigkeit von Belastungszuständen und damit auch auf die Erscheinung des Belastungsausgleichs und seiner statistischen Regelmässigkeit. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung, mit deren Hilfe diese Regelmässigkeit grundsätzlich berechenbar ist, erscheint indessen einigen Fachleuten der Elektropraxis für diese Aufgabe als ungeeignet. Eine neue Aeusserung in dieser Richtung finden wir soeben in dem 1935 erschienenen Werke «Die Elektrizitätstarife», von G. Siegel und H. Nissel [1]). Auf S. 88 dieses, übrigens von uns sehr geschätzten Buches finden wir eine uns in ihrer verallgemeinernden Formulierung zum Widerspruch veranlassende Ablehnung der Verwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Diese Ablehnung wird nämlich besonders auch damit begründet, dass nach der Meinung der Autoren die Inanspruchnahme elektrischer Anlagen durch die einzelnen Abnehmer willkürlich sein müsste, um die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu rechtfertigen; weil aber während bestimmter Stunden eine durch Lebensgewohnheiten, betriebliche Umstände und tarifarische Massnahmen bedingte Häufung von Abnehmerleistungen eintrete, sei demgemäss die Anlagenbenutzung nicht mehr willkürlich, weshalb die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung ausgeschlossen sei.

Dagegen muss nun geltend gemacht werden, dass die Wahrscheinlichkeitsrechnung, genau wie die ihr auf rein empirischem Gebiete völlig entsprechende, in viele Zweige der Technik seit langem mit Erfolg eingeführte, moderne Grosszahlforschung, die aus statistischen Zahlenreihen hervorgehenden Regelmässigkeiten streng zu formulieren weiss, gleichgültig, ob bei der Bildung der den Zahlen zugrunde liegenden Ereignisse Willkür im Spiele ist oder nicht. Dass insbesondere im Belastungsausgleich eine statistisch feststellbare Regelmässigkeit vorliegt, ist übrigens seit Jahrzehnten bekannt. Aus der *Form* der Häufigkeitskurven, die mit statistischen Zahlenreihen gebildet werden können, lässt sich aber, unabhängig vom Kriterium der Regelmässigkeit, feststellen, ob bei der Bildung der den Zahlen zugrunde liegenden Ereignisse Willkür im Spiele ist oder nicht, und zwar lässt die symmetrische Glockenform der Häufigkeitskurven auf Willkür schliessen, während bei der unsymmetrischen Form Willkür nicht massgebend sein kann. Die Evidenz der Willkür bei der unsymmetrischen Glockenform lehrt der Hinweis auf die Gaußsche «Fehlerkurve», dieses Paradigma einer symmetrischen Glockenkurve; liegt aber den in der Zahlenreihe berücksichtigten Ereignissen ein Zwang zugrunde, so wird die Häufigkeitskurve in die vom Zwang gewiesene, unsymmetrische Form verändert. Die unsymmetrische Form ist als Allgemeinform der Häufigkeitskurven zu betrachten; in ausgeglichener Gestalt wird sie durch Fig. 3 auf S. 126 des Bull. SEV 1936 veranschaulicht und als solche in allgemeinster Weise durch die ebenda mitgeteilte Binomialformel nach J. Bernoulli analytisch bestimmt. Wenn die in dieser Formel vorkommende Abnehmerzahl Z sehr gross wird und wenn zugleich die in der Formel weiter erscheinende relative Abnehmer-Benützungsdauer t_a nahe der Zahl 0,5 liegt, geht die Gleichung nach J. Bernoulli in jene von K. F. Gauss über; d. h. aus dem Allgemeinfall der unsymmetrischen Häufigkeitskurve folgt der Sonderfall der symmetrischen «Fehlerkurve». Da in elektrischen Anlagen Zahlenwerte t_a von etwa 0,5 kaum je vorkommen, indem die vorkommenden Werte t_a stets wesentlich kleiner sind, wird man auch kaum jemals symmetrische Häufigkeitskurven aus den Watt-

[1]) Besprochen im Bull. SEV 1935, S. 242.