

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 65 (1974)

Heft: 11

Artikel: 110-kV-Leitungen auf 50-kV-Betonmasten

Autor: Staub, B. / Müller, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915421>

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: 23.02.2026

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

110-kV-Leitungen auf 50-kV-Betonmasten

Von B. Staub und R. Müller

Ausgehend vom in der Schweiz üblichen 50 kV-Betonmastbild mit 2,5 m Vertikaldistanz zwischen den Auslegern, werden 5 Vorschläge zur Dimensionierung der Isolation von Leitungen mit einer Blitzstosshaltespannung von 550 kV gemacht. Die notwendigen Abmessungen sind an einem Mastmodell natürlicher Grösse im Laboratorium ermittelt worden.

1. Problemstellung

Vor wenigen Jahren war 110 kV eine Betriebsspannung, welche in der Schweiz kaum bekannt war. Die regionale Verteilung der elektrischen Energie erfolgte mit 50 kV. Verschiedene dieser Leitungen sind bereits heute oder in naher Zukunft am Ende ihrer Übertragungskapazität angelangt. Es wurde deshalb ein System mit einer maximalen Betriebsspannung zwischen 123 kV und 145 kV vorgesehen und teilweise bereits eingeführt [1, 2]. Die minimalen Abmessungen in elektrischer Hinsicht werden durch die vorgeschriebenen Blitz-Stosshaltespannungen bestimmt. Diese betragen in der Schweiz für 123 kV mit voller Isolation und 145 kV mit reduzierter Isolation in beiden Fällen 550 kV gegenüber 250 kV bei einer Betriebsspannung von 50 kV [3]. Die Frage stellt sich, ob es möglich ist, bestehende 50-kV-Betonmastleitungen so umzubauen resp. zu isolieren, dass auf denselben Masten eine Leitung mit einer Stosshaltespannung von 550 kV verlegt werden kann.

2. Lösungen

Für 550-kV-Blitz-Stosshaltespannung sind in Luft an Isolatoren Schlagweiten um 1020 mm erforderlich. Bei der Verwendung von Schutzarmaturen und handelsüblichem Klemmen- und Verbindungsmaterial ergibt dies eine Baulänge von Aufhängepunkt zu Leiterachse von ca. 1650 mm. Ein normaler 50-kV-Betonmast weist die in Fig. 1 angegebenen Abmessungen auf. Beim Abspannmast treten keine besonderen Probleme auf. Die Isolatorenketten weisen in Leiterrichtung und die Unterführung des Seiles erfolgt gefahrlos im Raum zwischen den Auslegern. Wird eine zu starke Annäherung der Seilschlaufe an den Mast bei Windstössen befürchtet, so kann die Schlaufe durch einen Stützisolator bescheidener mechanischer Festigkeit gehalten werden.

Beim Tragmast hingegen sind die Abstände zwischen oberer Phase und mittlerem Ausleger sowie mittlerer Phase und unterem Ausleger für den Fall der konventionellen Tragkette zu gering, um 550 kV zu halten. Für diese beiden Fälle müssen besondere Anordnungen gesucht werden. Es wird dabei nicht untersucht, ob die Abstände, welche am Mast in elektrischer Hinsicht genügen, auch in der freien Spannweite ausreichen. Falls bei Abwurf von Zusatzlast ein Zusammenschlagen der Leiter befürchtet wird, können z. B. Phasendistanzhalter [4] eingebaut werden.

Wenn von der Blitz-Stosshaltespannung $U_{0,0\%}$ gesprochen wird, so ist darunter diejenige positiver Polarität zu verstehen. Sie wird aus einer gemessenen Verteilung bei einer Ansprechhäufigkeit von 0,1 % abgelesen. D. h. von 1000 Stössen mit $U_{0,0\%}$ führt 1 Stoss zum Überschlag. Die Verteilung selber wird durch 4 bis 5 Punkte bestimmt, wobei bei

Se basant sur les pylônes en béton pour 50 kV avec 2,5 m de distance verticale entre les traverses, utilisées normalement en Suisse, 5 solutions sont proposées pour l'isolation de lignes avec une tension de tenue aux impulsions de foudre de 550 kV. Les dimensions nécessaires ont été mesurées en laboratoire sur un pylône – modèle de grandeur naturelle.

jedem Punkt die Ansprechhäufigkeit von 20 Stössen festgestellt wird.

Alle Angaben beziehen sich auf Messungen bei trockenen Isolatoren.

2.1 Verhältnisse an der oberen Phase

Zur Untersuchung der Verhältnisse zwischen oberem und mittlerem Ausleger ist eine Nachbildung natürlicher Grösse gebaut worden. Bei konventioneller Hängekette beträgt der Abstand Leiter-Oberkante der mittleren Traverse ca. 700 mm. Dieser Abstand hält nur eine Stoßspannung von ca. 350 kV. Es müssen deshalb andere Isolieranordnungen gesucht werden.

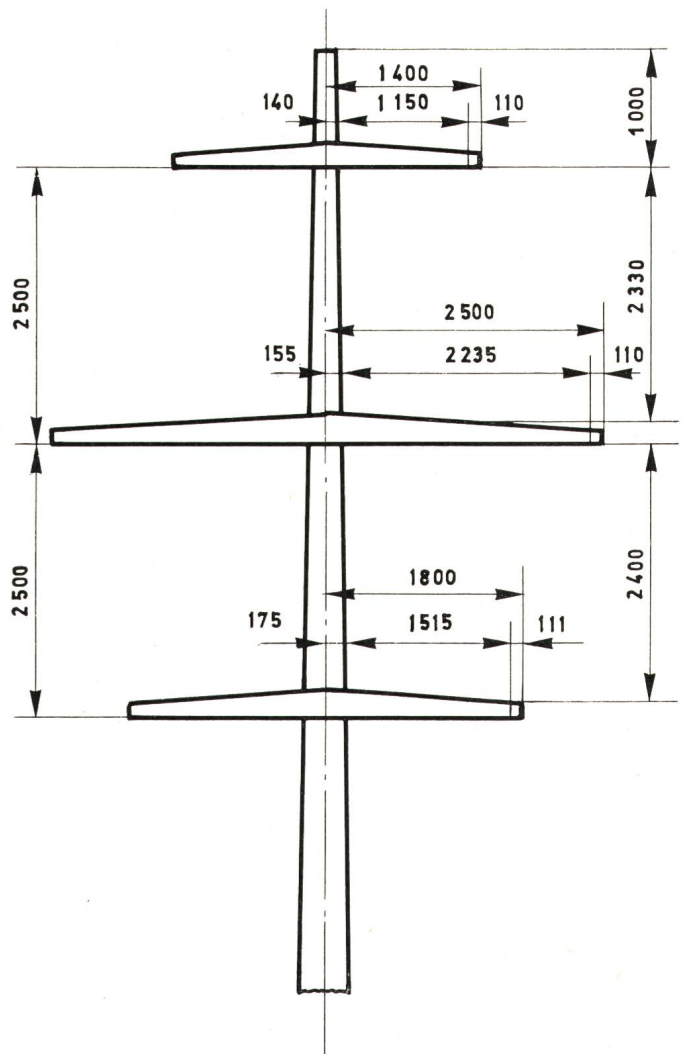
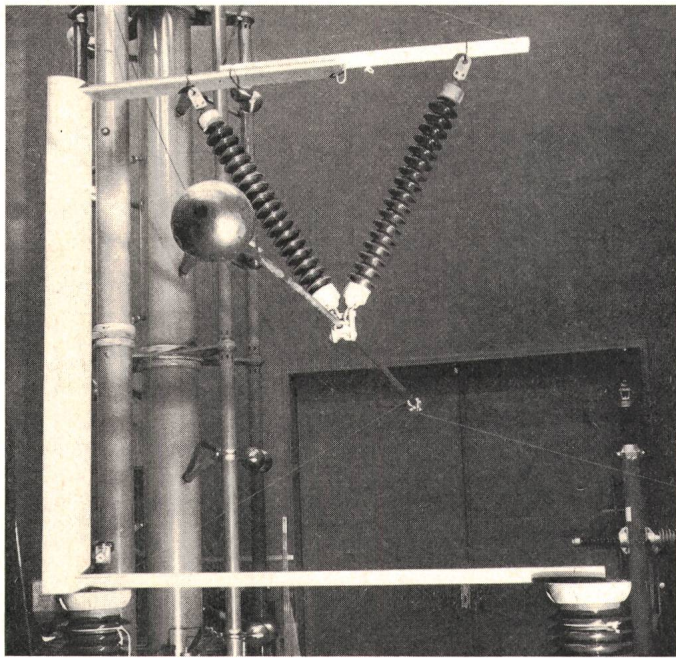
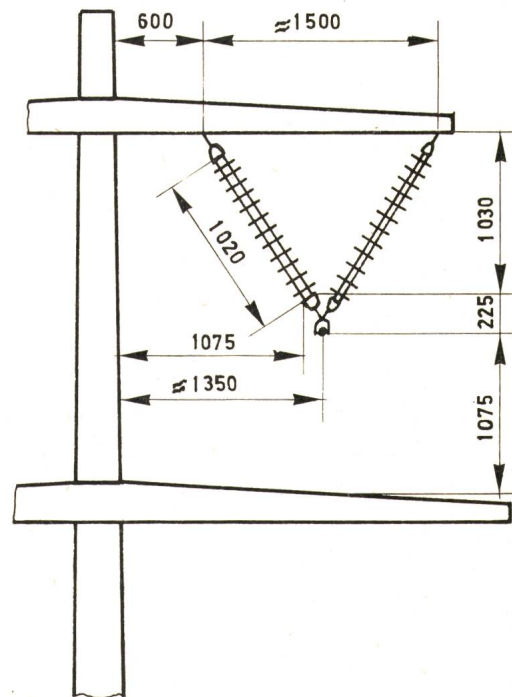


Fig. 1 Abmessungen eines 50-kV-Normmastes



a) Versuchsaufhängung



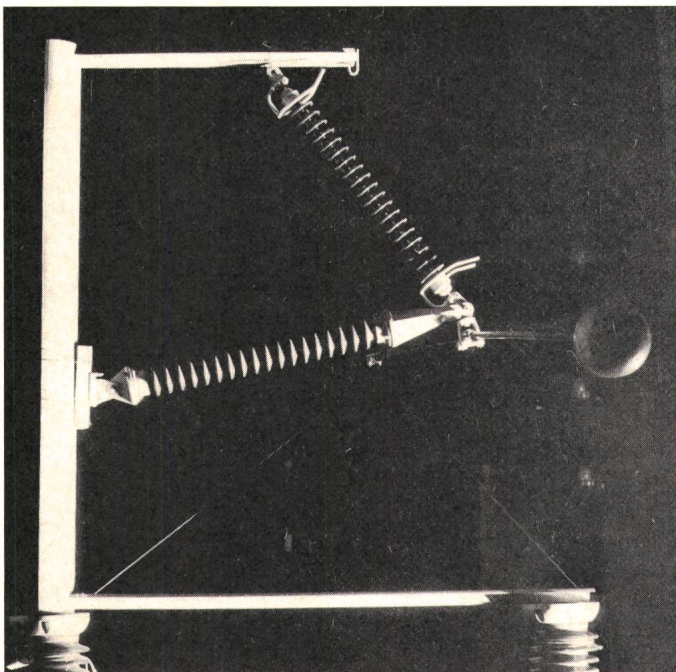
b) Abmessungen

Fig. 2 V-Schwinge

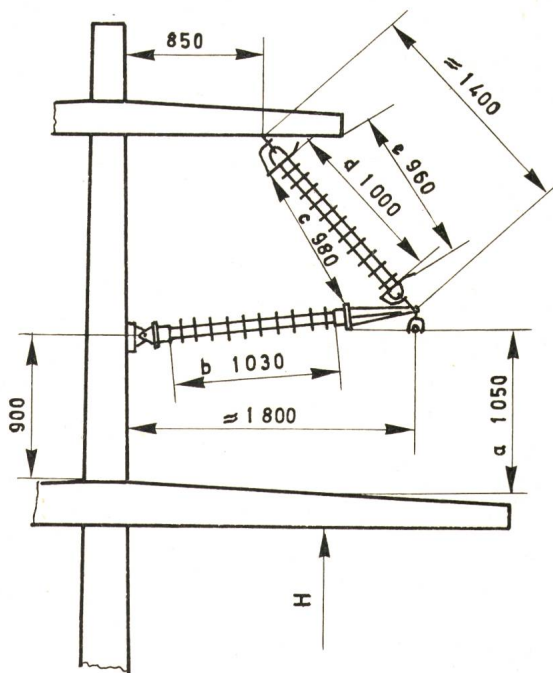
2.1.1 Vorschlag 1: V-Schwinge (siehe Fig. 2)

Aus der Forderung, dass die notwendige Schlagweite der Isolatoren 1020 mm beträgt, und dass die Überslagshäufigkeit vom leiterseitigen Ende der Isolatoren nach mittlerem und oberem Ausleger und nach dem Mastschaft gleich sein soll, ergeben sich die Abmessungen wie in Fig. 2b eingetragen. Die V-Schwinge erfordert eine Verlängerung der oberen

Traverse. Hervorzuheben ist bei der V-Schwinge, dass sie sich in Leiterrichtung wie ein konventioneller Tragisolator verhält, und dass der Leiter bezüglich des Abstandes zum Mastschaft fixiert ist. Es wird nur durch die Verwendung von Spezialarmaturen möglich sein, die in Fig. 2b angegebenen Abmessungen und damit das Stossniveau von 550 kV zu erreichen.



a) Versuchsaufhängung



b) Abmessungen mit Angabe der prozentualen Überslagshäufigkeit. Parameter H ist die Höhe ab Boden

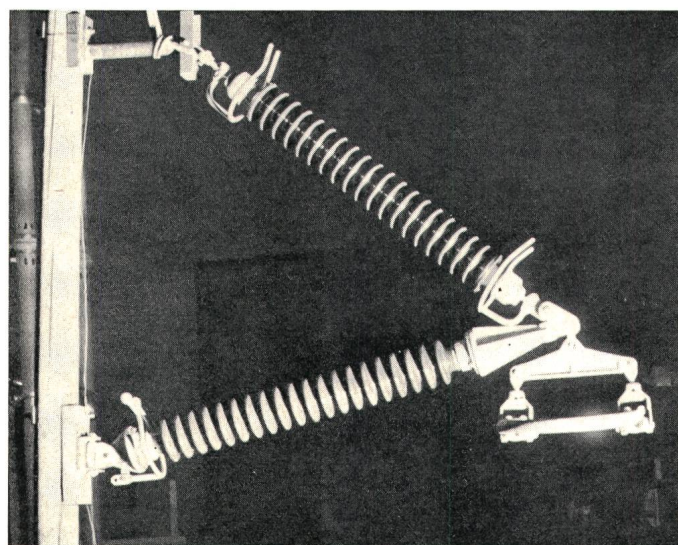
Fig. 3 Isoliertraverse zwischen den Auslegern

2.2 Isoliertraverse

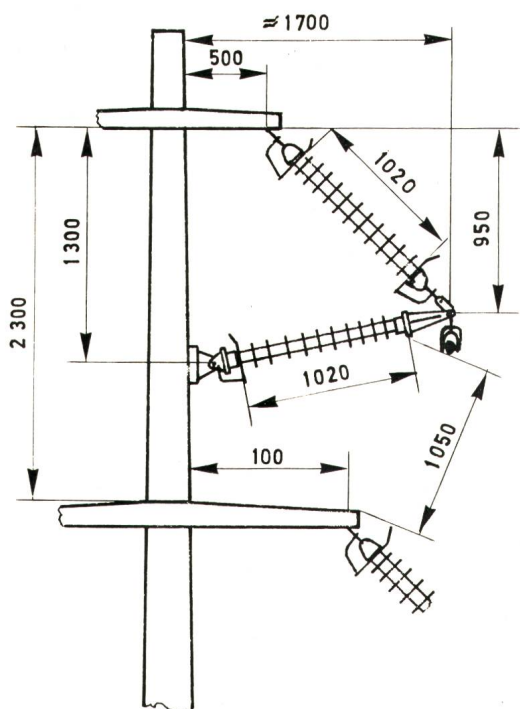
Diese Anordnung erlaubt die engste Trassebreite und die niedrigste Masthöhe. Sie ist am Mast in Leitungsrichtung schwenkbar gelagert und verhält sich deshalb im wesentlichen wie eine konventionelle Tragisolation.

2.2.1 Vorschlag 2: Isoliertraverse zwischen den Auslegern (siehe Fig. 3)

Die optimale Auslegung bei der Verwendung von handelsüblichem Material ist in Fig. 3b eingetragen. Die erreichbare Stosshaltespannung beträgt knapp 550 kV. Die prozentuale Verteilung der Überslagshäufigkeit der verschiedenen Überslagwege ist in Fig. 3b ebenfalls angegeben. Die Werte sind bei einer Höhe H ab Boden der mittleren



a) Versuchsaufhängung

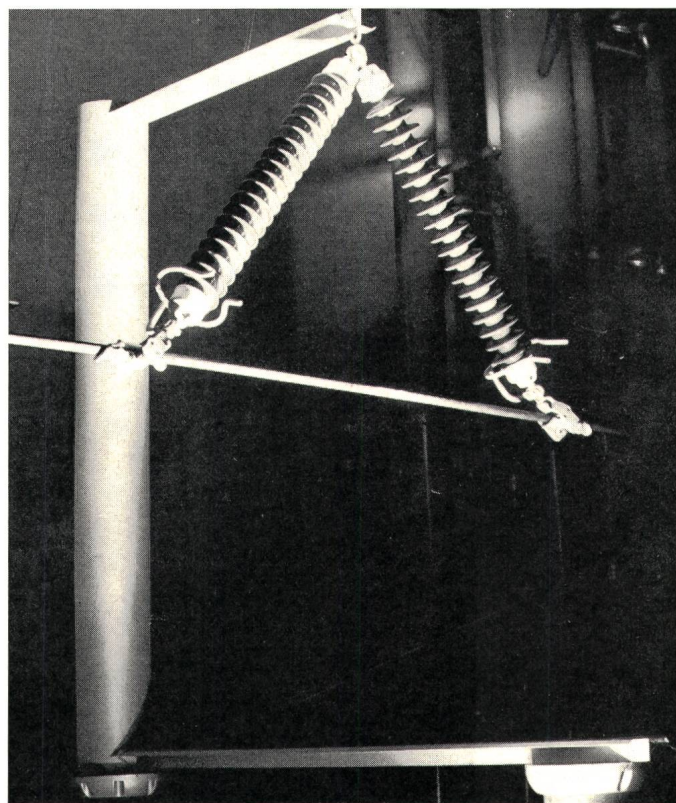


b) Abmessungen

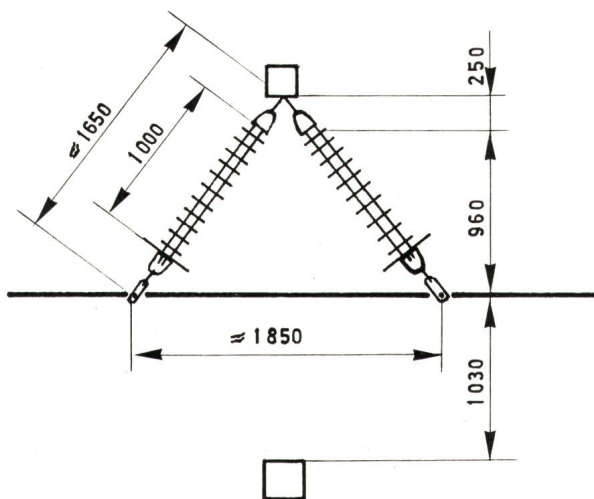
Traverse von 1,6 m und bei einer solchen von 4 m gemessen worden. Durch die Anwendung besonders konstruierter Armaturen und Verbindungsteile liesse sich innerhalb des zur Verfügung stehenden Raumes die geforderte Stosshaltespannung von 550 kV mit Sicherheit erreichen.

2.2.2 Vorschlag 3: Isoliertraverse an Mast ohne die ursprünglichen Ausleger (siehe Fig. 4)

Fig. 4b zeigt die minimale Bauhöhe bei horizontal um 0,5 m versetzten Phasen. Falls eine Versetzung nicht als nötig erachtet wird, ist die Stosshaltespannung zwischen den Phasen für den vertikalen Abstand massgebend, sofern, wie eingangs erwähnt, die Phasendistanz in der Spannweite nicht in Betracht gezogen wird.



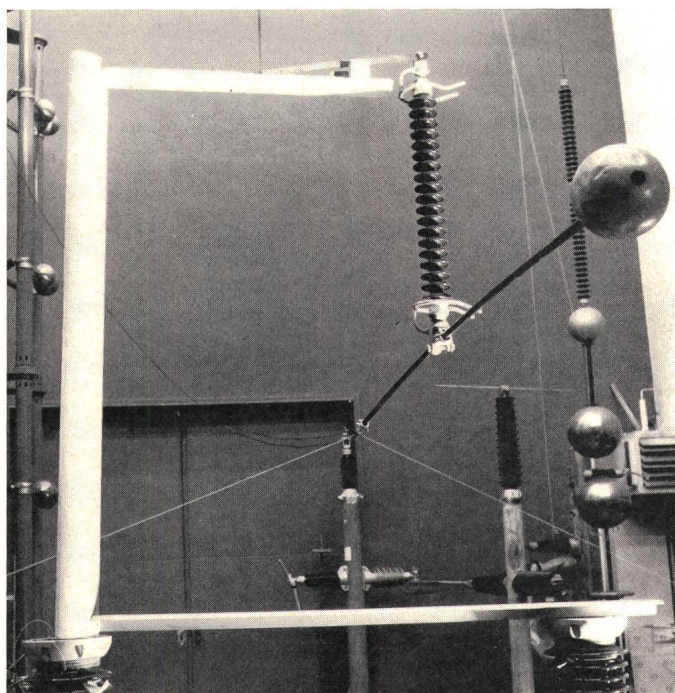
a) Versuchsaufhängung



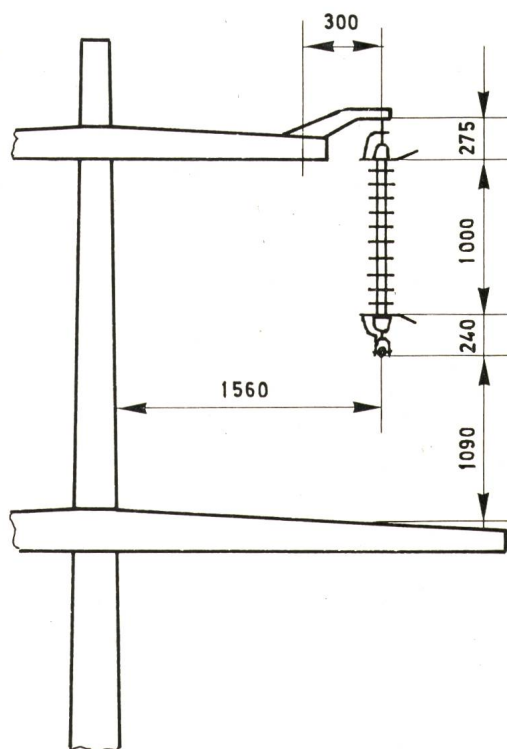
b) Abmessungen

Fig. 4 Isoliertraverse ohne die ursprünglichen 50-kV-Ausleger

Fig. 5 Tragabspannung



a) Versuchsaufhängung



b) Abmessungen

Fig. 6 Konventionelle Tragisolation mit erhöhter Aufhängung

2.2.3 Vorschlag 4: Tragabspannung nach Fig. 5

Diese Lösung hat den Vorteil, dass sie am Betonmast keine Änderungen erfordert. Bezüglich ihres Einflusses auf den Mast ist sie als Synthese aus reiner Abspannung und reiner Tragaufhängung anzusehen. Es muss deshalb in jedem Fall untersucht werden, ob ein bestehender Tragmast den zu erwartenden Torsionskräften gewachsen ist. Gegenüber den zwei ersten Varianten ist hier der Abstand Leiter-Mastschaft nicht fest. Die nötigen Abstände sind in Fig. 5b angegeben.

2.2.4 Vorschlag 5: Konventionelle Aufhängung nach Fig. 6

Diese Anordnung beruht auf der Verwendung eines normalen Tragisolators. Der Isolator muss gegenüber der oberen Traverse erhöht aufgehängt werden, damit der erforderliche Abstand zur mittleren Traverse eingehalten wird. Dies lässt sich z. B. mit der in der Figur abgebildeten Vorrichtung erreichen. Die Abmessungen von Fig. 6b ergeben eine Stosshaltespannung von 525 kV. Soll die Stosshaltespannung auf 550 kV angehoben werden, so ist dies, wie Versuche gezeigt haben, mit einer Sonderausführung der unteren Schutzarmaturen möglich.

2.3 Verhältnisse bei der mittleren Phase

Die Untersuchung hat ergeben, dass je nach Anordnung ein Abstand von 1020 mm bis 1090 mm zwischen nächstem, unter Spannung stehendem Punkt und unterem Ausleger erforderlich ist. Sofern dieser Abstand leicht unterschritten wird, ist mit einer proportionalen Reduktion der Stosshaltespannung zu rechnen. Bei der konventionellen Aufhängung eines Langstabes am mittleren Ausleger reicht die Stosshaltespannung nicht aus. Sie beträgt nur etwa 535 kV. Dieser

Wert liegt ca. 3 % unterhalb den verlangten 550 kV. Falls man sich damit nicht begnügen will, kann der Abstand zur unteren Traverse um 3 % vergrößert werden, entweder durch Verlängerung der mittleren Traverse oder durch Verwendung von Spezialarmaturen. Es soll hier nochmals darauf hingewiesen werden, wie stark die Stosskennwerte von der Anordnung abhängen. Fig. 7 zeigt die Stosskennlinien für verschiedene Anordnungen. Der Unterschied in den positiven Stosshaltespannungen der Geraden a und b beträgt ganze 7 %. Diese Feststellung lässt vermuten, dass in den meisten Leitungen die Stosshaltespannung merklich niedriger liegt, als man dies nach den Labormessungen an einzelnen Isolatoren erwartet. Die Figur zeigt weiter auch die enorme Abhängigkeit der negativen Stosshaltespannung vom Regen. Bereits bei 110-kV-Material sinkt die Stosshaltespannung gegenüber dem trockenen Wert um 16 % und kann damit bei gewissen Anordnungen noch unter die vergleichbare positive Spannung fallen. Dieser Effekt tritt bei höheren Spannungen verstärkt in Erscheinung, sofern keine Gegenmassnahmen ergriffen werden [5]. Es ist eigentlich eigenartig, dass Blitzstossprüfungen nur trocken durchgeführt werden, wo es doch bei Gewittern meist regnet und überdies der weitaus grössere Teil der Blitzüberspannungen negative Polarität aufweist.

3. Zusammenfassung

Es werden 5 Vorschläge für die Auslegung der 110-kV-Isolation gemacht. Diese sind nur in elektrischer Hinsicht massgebend. In mechanischer Hinsicht müssen teilweise noch konstruktive Probleme gelöst und die Rückwirkungen

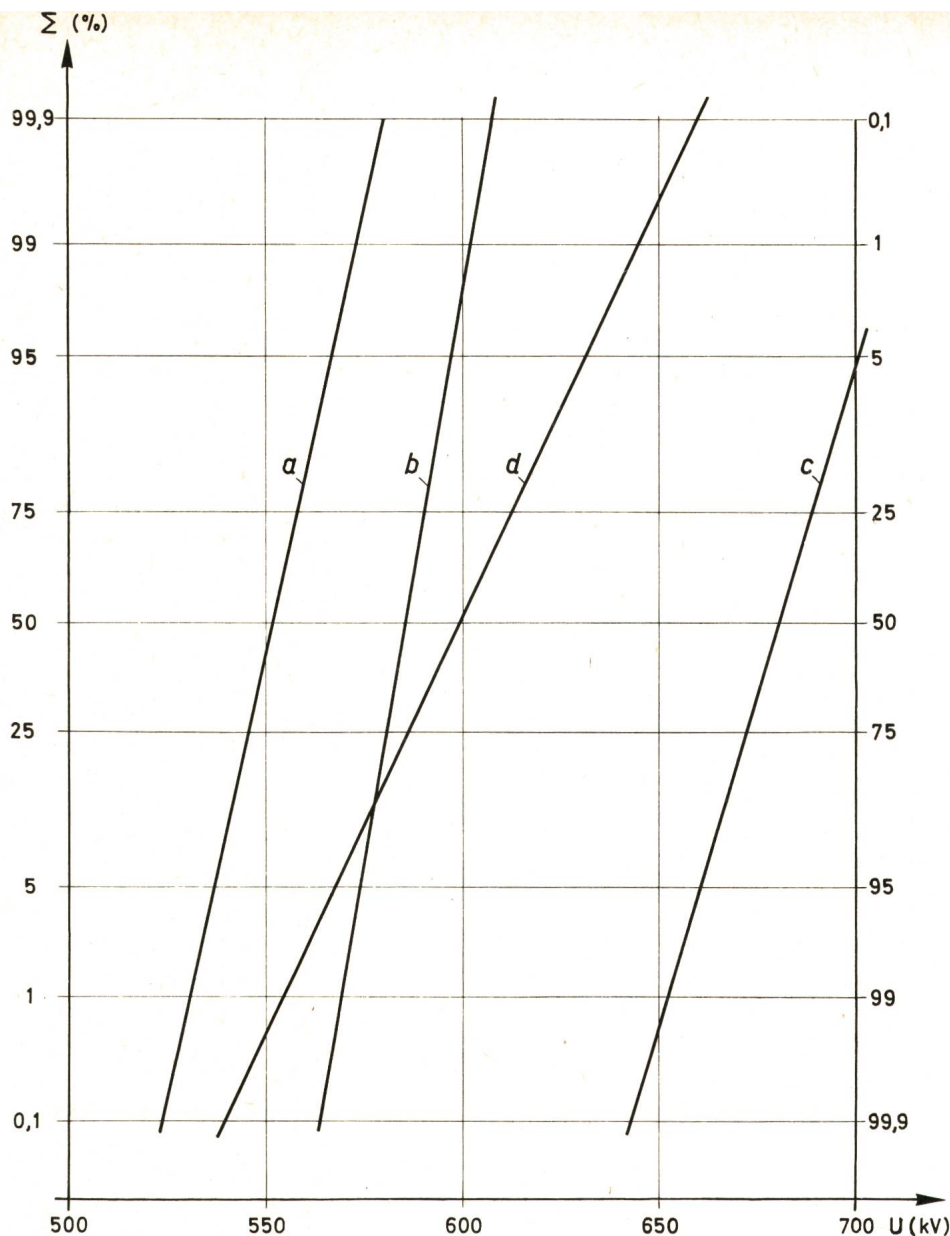


Fig. 7

Beeinflussung der Stosskennlinien einer konventionellen Tragkette durch die Art der Aufhängung und des (Normal-) Regens

- a) Stoss positiv, trocken und berechnet im Mastmodell gemäss Fig. 6
- b) Stoss positiv, trocken und berechnet, an Kranseil
- c) Stoss negativ, trocken, Aufhängung wie a)
- d) Stoss negativ, berechnet, Aufhängung wie a)

der Aufhängung auf den Mast untersucht werden. Die Vorschläge zeigen, dass bestehende 50-kV-Betonmastenleitungen auf 110 kV, allerdings teilweise durch die Verwendung von Spezialarmaturen, umgebaut werden können.

Literatur

- [1] H. R. Strickler: Überlegungen, welche die Bernischen Kraftwerke zum Einführen der 132-kV-Spannungsebene bewogen haben. Bull. SEV 64(1973)8, S. 525...531.

- [2] E. Nohl: Untersuchungen der NOK zur Einführung einer neuen Spannungsebene zwischen 100 und 150 kV. Bull. SEV 64(1973)8, S. 532...537.
- [3] IEC-Publikation 71, 4. Auflage 1967.
- [4] E. Moser: Umbau einer 20-kV-Leitung zur Doppelleitung unter Verwendung von Isolatoren aus Kunststoff. Elektrizitätswirtschaft 68(1969)8, S. 267...269.
- [5] H. Kläy: Anomalie bei Stossentladungen. ETZ-A 85(1964)10, S. 289...293.

Adressen der Autoren:

B. Staub und R. Müller, Porzellanfabrik Langenthal AG, 4900 Langenthal.