

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 14 (1923)
Heft: 8

Artikel: Zur Frage nach dem Unterschiede im Überspannungsschutz bei Anlagen verschiedener Stromart
Autor: Kummer, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1057590>

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: 30.12.2025

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

Alle diese Ausführungen zeigen, welche schwerwiegenden Konsequenzen eine unrichtig ausgeführte Erdung hat und wieviel Mühe es kostet, eine gute Erdung zu erzielen und zu erhalten. Bei der Bedeutung, die diesen Erdungsfragen zukommt, ist eine dauernde sorgfältige Ueberwachung dieser Anlageteile unbedingt nötig. Die Elektrodenwiderstände müssen in regelmässigen Zeitabständen nachgemessen werden und zwar mindestens alle 1 bis 2 Jahre einmal. Ueber das Resultat dieser Untersuchungen sollte Buch geführt werden.

Zur Frage nach dem Unterschiede im Ueberspannungsschutz bei Anlagen verschiedener Stromart.

Von Prof. Dr. W. Kummer, Ingenieur, Zürich.

Anschliessend an die im Bulletin No. 6 dieses Jahres erschienene „Wegleitung für den Schutz von Wechselstromanlagen gegen Ueberspannungen“ untersucht der Autor den Unterschied, der beim Schutz von Gleichstromanlagen zu machen ist.

L'auteur examine en quoi la protection des installations à courant continu contre les surtensions devra différer de la protection des installations à courant alternatif.

Dem Ueberspannungsschutz von Wechselstromanlagen ist sowohl seitens der Betriebsleiter, als auch seitens der Vertreter der Wissenschaft eine wesentlich grössere Beachtung geschenkt worden, als dem Ueberspannungsschutz von Gleichstromanlagen. Für Betriebsleiter handelt es sich bei der Wiedergutmachung von Ueberspannungsschäden in Wechselstromanlagen um Geldaufwendungen, wie sie in entsprechender Höhe in Gleichstromanlagen kaum oder höchst selten in Betracht fallen. Demgemäss hatten sich auch die Vertreter der Wissenschaft bisher in erster Linie mit dem Ueberspannungsschutz der Wechselstromanlagen zu beschäftigen, dessen Entwicklung heute wieder einmal in eine gewisse Ruhelage gelangt ist.

Die verschiedenen, hauptsächlichlichen Arten von Ueberspannungen, die sich in Wechselstromanlagen feststellen lassen, können ohne weiteres auch in Gleichstromanlagen erwartet werden; indessen sind quantitative Unterschiede begründet durch die verschiedene Höhe der bei den verschiedenen Stromarten hauptsächlich verwendeten höheren Spannungen und Leistungen, durch Abweichungen in der Grösse der in Betracht fallenden Kapazitäten, durch geänderten Charakter der Induktivitäten von Maschinen und Apparaten und der bei Schaltoperationen, sowie bei Erdschlüssen und Kurzschlüssen, auftretenden Lichtbogenerscheinungen. Gewisse Ueberspannungsarten, deren Gefährlichkeit in Wechselstromanlagen besonders ausgeprägt erscheint, können deshalb in Gleichstromanlagen regelmässig einen harmloseren Charakter aufweisen. Demgemäss darf man auch, besonders in quantitativer Hinsicht, bei verschiedener Stromart gewisse Unterschiede in den Methoden der Schutzmassnahmen, sowie in den praktischen Nutzenanwendungen erwarten.

A. Die Arten der Ueberspannungen und ihre Bekämpfung.

Im Entwurf der neuen Wegleitung des S. E. V. für Ueberspannungsschutz¹⁾ ist in Ziffer 2 der „Leitsätze“ eine Klassifizierung der Ueberspannungsarten angewendet, an die wir uns auch in der nachstehenden Darlegung halten wollen, um die Frage nach dem Unterschiede der Ueberspannungen und ihrer Bekämpfung bei verschiedener Stromart in möglichst methodischer Weise zu behandeln.

1. *Der aussetzende Erdschluss*, der als gefährlichste Ursache von Ueberspannungsschäden der Wechselstromanlagen gilt, ist in Gleichstromanlagen praktisch kaum jemals als gefährlich aufgetreten. Grundsätzlich kann er in Gleichstromanlagen bei dauernder oder zufälliger Erdung eines Pols oder des Nulleiters eines Dreileitersystems als Abart des von W. Duddel²⁾ entdeckten sog. „singenden“ Lichtbogens entstehen. Im Falle von Wechselstrom hat der aussetzende Erdschluss die Frequenz der Polwechselzahl der Wechselstromquelle, im Falle von Gleichstrom,

¹⁾ Bulletin 1923, No. 6, Seite 301 und ff.

²⁾ Electrician (Ldn.) 1900, Bd. 46, Seiten 269, 310.

gemäss Fig. 1, besitzt er jedoch Hochfrequenz. Dabei entsteht ein nach Fig. 2 pulsierender Lichtbogenstrom I_p , dessen Periodizität durch die Selbstinduktion L und die Kapazität C des Schwingungskreises bedingt ist und bei verschwindend kleiner Dämpfung durch

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

bestimmt ist. Der Lichtbogen wird nur insofern und in denjenigen Momenten völlig aussetzend, wenn die unter dem Mittelwert liegenden Amplituden der Schwingungen die Zeitaxe der Fig. 2 wirklich berühren; die höchste an der Kapazität auftretende Ueberspannung V genügt dann der Beziehung

$$V = I\sqrt{\frac{L}{C}}$$

wobei I den Mittelwert darstellt, um welchen der Lichtbogenstrom pulsiert. Da diese Erscheinung, wie bereits gesagt, in der Praxis der Gleichstrombetriebe kaum bekannt sein dürfte, muss sie wohl auch nicht besonders bekämpft werden. In Dreileiter-

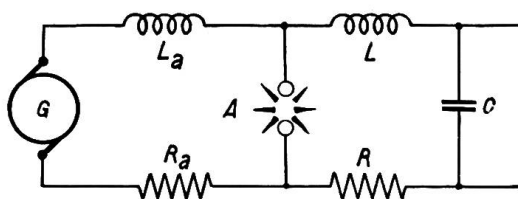


Fig. 1

Schwingungskreis nach Duddell mit Lichtbogen A , Selbstinduktion L , Widerstand R und Kapazität C im Anschluss an den Aussenkreis mit Gleichstrom-generator G , Selbstinduktion L_a und Widerstand R_a , wobei $L < L_a$, $R < R_a$.

systemen höherer Spannung, wo ihr Auftreten noch am ehesten möglich ist, erscheint die Abhülfe durch automatische Ausschaltung vom Nulleiter aus ohne weiteres als gegeben. Andererseits ist der Erdschlusslichtbogen, ob er nun einen konstanten oder einen pulsierenden Strom führe, wie jeder andere Lichtbogen, in Gleichstromanlagen eine besonders gefährliche Erscheinung, deren Gefahr jedoch weniger in der Erzeugung von Ueberspannungen, als vielmehr in der Erzeugung von Ueberstrom be-

gründet ist. Während die in Wechselstromkreisen liegenden Induktivitäten den möglichen Effektivwert, den der Wechselstromlichtbogen annehmen kann, geradezu entscheidend und einschränkend bestimmen, wirken die in Gleichstromkreisen liegenden Induktivitäten meist lediglich glättend auf allfällige Pulsationen des Lichtbogenstromes ein, dessen Intensität endgültig nur durch ohmsche Widerstände bestimmt wird. Zu den ohmschen Widerständen des Lichtbogenkreises gehört aber auch der Widerstand des Lichtbogens selbst, der aber im Falle von Gleichstrom, gemäss der Labilität der Erscheinung, sukzessive bis auf Null fallen kann, worauf der Lichtbogen erst stabil, aber auch von äusserst verheerender Wirkung wird, deren Gefahren lediglich dadurch einigermaßen beschränkt erscheinen, dass in Gleichstromanlagen die Spannung durchschnittlich niedriger und die Leistung kleiner bemessen ist, als in Wechselstromanlagen, dass bei Abgabe von starken Strömen und Stromstössen die Gleichstromgeneratoren gewaltigen Bremsungen unterliegen, und dass ein Anstieg der Stromstärke bei Gleichstrom stets nur langsam erfolgt, zufolge der stark dämpfenden Wirkung der in Generatoren, Motoren und Apparaten verwendeten massiven Eisenmassen. Die langsame Stromstärke-Aenderung erweist sich zwar als wirkungsvoller Ueberstromschutz, erschwert jedoch andererseits die Erzielung einer kurzen und zugleich ausreichenden Schaltzeit der Schalter, wie sie bei Lichtbogenshaltern mit Rücksicht auf Vorbeugung von Schaltüberspannungen erwünscht ist.

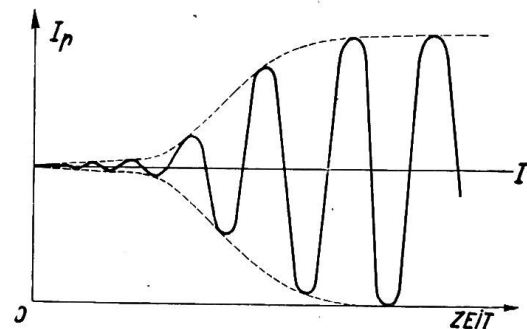


Fig. 2

Pulsierender Lichtbogenstrom I_p vom Mittelwert I gemäss der Schaltung nach Fig. 1.

2. *Ueberspannungen atmosphärischen Ursprungs.* Ob oberirdische Leitungen zur Uebertragung von Wechselstrom oder zur Uebertragung von Gleichstrom dienen,

sind sie doch denselben Ueberspannungen atmosphärischen Ursprungs ausgesetzt, sofern sie dieselbe Isolation und Anordnung der Drähte aufweisen. Schutzringe, bezw. Schutzbügel für besonders exponierte Punkte, sowie Erdseile für Eisenmasten können also unabhängig von der Stromart der Leitungen in Betracht kommen. Ebenso kommen, und zwar auch in Werken und Unterwerken, wieder die gleichen Schutzmittel gegen langsame atmosphärische Ladungen in Betracht, mit der Ausnahme, dass bei Gleichstrombetrieb Erdungsdrosselspulen nicht zur Anwendung kommen können. Die im allgemeinen weniger hohe Betriebsspannung der Gleichstromleitungen wirkt gemäss der schwächeren Isolation weiter einschränkend auf ihre Kapazität gegen Erde und erhöhend auf ihre Ableitung gegen Erde, wodurch das Entstehen besonders erheblicher Ladespannungen atmosphärischen Ursprungs von vornherein illusorisch wird. Gegen die aus momentanen Aenderungen des luftelektrischen Feldes entstehenden Sprungwellen hilft man sich auch bei Gleichstromanlagen durch Reflexionsschutzmittel, wie Spulen und Kondensatoren, und durch Funkenableiter. Dabei tritt aber unter den Funkenableitern der sog. Hörnerableiter, dessen Lichtbogen durch seine eigene elektrodynamische und Wärmewirkung erlischt, als wenig zweckmässig in den Hintergrund; bei Gleichstrombetrieb steigt nämlich der Lichtbogen durch Eigenwirkung nur sehr langsam an den Hörnern auf und wirkt unterdessen möglicherweise so heftig, dass die Hörner anbrennen oder gar zerstört werden. Einen ausgezeichneten Ersatz bietet nun der Hörnerableiter mit magnetischem Gebläse. Bis zu Gleichstrom-Betriebsspannungen von etwa 200 Volt kann der Lichtbogen auch durch eine magnetisch erzeugte mechanische Bewegung betriebssicher zerrissen werden. Gerade die Stromart des Gleichstroms ermöglicht ja den Gebrauch absolut betriebssicherer Elektromagnete. Bezüglich der Verwendung von Spulen und Kondensatoren zur Reflexion und zur Umformung der Wellenstirn von Sprungwellen ist derselbe Standpunkt wie bei Wechselstromanlagen einzunehmen.

3. *Schaltüberspannungen.* Grundsätzlich kann bei Gleichstrom, ebenso wie bei Wechselstrom, beim Schaltvorgang die gemäss dem Selbstinduktionswert L vorliegende magnetische Feldenergie des Stromes I in die gemäss dem Kapazitätswert C mögliche elektrische Feldenergie der Ueberspannung V übergehen, wobei wieder die Beziehung

$$V = I \sqrt{\frac{L}{C}}$$

zur Berechnung der Ueberspannung entsteht. In der Regel findet sich aber in den Gleichstromanlagen nur wenig Kapazität, abgesehen vom Beispiel des mit Kondensatoren ausgerüsteten Induktionsapparates, für dessen Unterbrechungsspannung denn auch durch *Fr. Klingelfuss*³⁾ die Richtigkeit der oben genannten Beziehung schon vor 20 Jahren experimentell nachgewiesen wurde. An Stelle der in der Bedeutung zurücktretenden Kapazität wird nun für den Schaltvorgang in Gleichstromanlagen besonders wesentlich die Charakteristik des Lichtbogens, die mit der Schalterkonstruktion aufs engste zusammenhängt. In der Schalterverwendung, soweit solche für grössere Leistungen in Betracht fallen, zeigt sich nun ein einschneidender Unterschied für die Stromarten des Wechselstroms und des Gleichstroms, der übrigens im Unterschiede der Lichtbogenscheinung bei Wechselstrom und bei Gleichstrom begründet ist. Stromstärke und Spannung des Wechselstromlichtbogens gehen periodisch durch Null, und zwar während jeder Halbperiode der Betriebsfrequenz einmal. Diese Erscheinung erlaubt eine ausgiebige Kühlung der Kontaktstellen des in einem Oelbade untergebrachten Schalters. Damit wird die Lichtbogencharakteristik günstig in der Weise beeinflusst, dass Wechselstrom bei allen praktisch in Betracht fallenden Spannungen betriebssicher, d. h. ohne Nachteile für den Schalter ausgeschaltet werden kann; es entstehen allerdings die bekannten Schaltüberspan-

³⁾ Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel 1901/1903; Drudes Annalen 1901/1903; Mitteilungen der Physikalischen Gesellschaft Zürich 1903.

nungen der Wechselstromanlagen. Im Falle von Gleichstrom versagt die günstige Wirkung des Oelschalters zufolge Wegfalls des Nulldurchgangs von Strom und Spannung, und erweist sich der sog. „Luftschalter“ mit einer in der freien Atmosphäre auftretenden Lichtbogenbildung als zweckmässiger. Das Studium der Vorgänge beim Ausschalten mittels solcher „Lichtbogenschalter“ hat zu der von *R. Rüdenberg*⁴⁾ wissenschaftlich formulierten Erkenntnis geführt, dass die massgebende Ueberspannung beim Ausschalten gar nicht mehr von den Eigenschaften des Stromkreises, sondern nur noch durch die Charakteristik des Lichtbogens und durch die Netzspannung bestimmt erscheint⁵⁾. Durch geeignete Kürzung der Schaltzeit und durch geeignetes Kontaktmaterial (Hülfskohlekontakte usw.) kann die Höhe der Ueberspannung begrenzt werden. Als beste Vorbeugungsmassnahme gegen die Schaltüberspannung ist aber der zwar nur sehr selten wirklich notwendige Parallelwiderstand zum Gleichstromlichtbogenschalter zu betrachten, der damit ein Analogon zum Vorkontaktwiderstand des Wechselstromölschalters bildet.

Einmal entstandene Schaltüberspannungen wandern auf Gleichstromleitungen, ebenso wie auf den Leitungen der Wechselstromanlagen als sog. „Sprungwellen“, und gilt bezüglich ihrer eventuellen Reflexion und der Umformung ihrer Wellenstirne derselbe Standpunkt, der im Ueberspannungsschutz der Wechselstromanlagen einzunehmen ist.

4. Resonanzüberspannungen. Eine „Betriebsfrequenz“ gibt es in Gleichstromanlagen nicht; jedoch kann von Oberwellen gesprochen werden, die einerseits durch den Kollektor von Gleichstrommaschinen, beim Durchgang der einzelnen Lamellen unter den Bürsten, und anderseits durch die magnetischen Fluktuationen in Ankernuten und Ankerzähnen begründet sein können. Solche Oberwellen können zwar in Schwachstromleitungen, welche dem Zuge von Gleichstrom-Energieübertragungen benachbart verlaufen, Störungen auslösen. Zur Bildung eigentlicher Ueberspannungen reicht jedoch die Energie der Oberwellen von Gleichstromanlagen kaum jemals aus; es kommen deshalb auch keine Gefahren zufolge derartiger Resonanzüberspannungen in Betracht. Dagegen besteht grundsätzlich die Möglichkeit der Gefahr von Resonanzüberspannungen der Entladewellen bei Erd- oder Kurzschlüssen, mit Rücksicht auf die genügend grosse Energie solcher Entladewellen. Im allgemeinen fehlt es jedoch bei Gleichstromanlagen an den zu solchen Erscheinungen passenden Schwingungskreisen, besonders auch zufolge der besondern Art der Induktivitäten in Maschinen und Apparaten, die dank der Verwendung unlamellierter Eisenmassen dermassen dämpfende Wirkungen in sich schliessen, dass eine Ueberspannungsgefahr aus den in Betracht fallenden Resonanzmöglichkeiten kaum jemals besteht.

5. Kapazitiv übertragene Ueberspannungen. In allgemeinen fehlt es bei Gleichstromanlagen sowohl an der Höhe der Spannung, als auch an der Grösse der Kapazität, um Ueberspannungen auf rein kapazitivem Wege zu bilden; gemäss der Art der Netzspannung würde es sich übrigens auch nur um ruhende Ladungen handeln, da die beim Schalten auftretenden Wirkungen nicht hier zu betrachten sind. Die kapazitive Uebertragung von Oberwellen führt angesichts deren geringfügiger Energie von vorneherein auf keine Gefährdung durch Ueberspannungen.

6. Direkter Spannungsübertritt. In Gleichstromanlagen fehlen die meisten Gelegenheiten zum direkten Spannungsübertritt, wie ihn die Wechselstromtechnik kennt. Dagegen gibt es in Gleichstromanlagen eine anderweitige, äusserst gefährliche Form des Spannungsübertritts, das sog. „Rundfeuer“ an den Kollektoren der Gleichstromgeneratoren und -Motoren⁶⁾. Grundsätzlich ist das Rundfeuer auch an den Kollektoren der Wechselstromkommutatormotoren möglich, aber hier meist ungefährlich,

⁴⁾ Siehe Bulletin des S. E. V. 1922, Seite 256.

⁵⁾ Der Gültigkeitsbereich dieser Erkenntnis ist jedoch kein unbeschränkter und bei sehr starken Induktivitäten kaum mehr vorhanden.

⁶⁾ Die Erscheinung des „Spannungsübertritts“ ist durch die im Wicklungsinne entstehende Potentialverschiebung als solche gekennzeichnet.

wegen des Nulldurchgangs des Wechselstromlichtbogens, wegen der Grösse der Maschineninduktivität und wegen der Beschränkung in der Spannung zwischen den Bürsten und zwischen den einzelnen Lamellen. Das Rundfeuer an den Kollektoren der Gleichstrommaschinen stellt eine Form des Spannungsübertritts dar, die durch Ueberstromerscheinungen, insbesondere beim Kurzschluss, mit voller oder überhaupt mit erheblicher Spannung, ausgelöst wird. Bei Ueberstrom bildet sich zunächst die gewöhnliche Funkenbildung unter den Bürsten aus, aber begleitet von besonders starker Ionisierung der umgebenden Luft, die dann, unterstützt durch Metallstaub, das sog. Rundfeuer auslöst⁷⁾. Die Wendepolmaschinen, die die gewöhnliche Funkenbildung bei Gleichstrommaschinen mit so gutem Erfolge einschränken, sind nicht ohne weiteres, sondern erst bei besonders sorgfältiger Dimensionierung, gegen das Auftreten von Rundfeuer bei starken Stromstössen gesichert. Im Rundfeuer hat man die für die Maschinen gefährlichste Kurzschlussescheinung der Gleichstromtechnik zu erblicken.

7. Kombinierte Ueberspannungen. Ebenso wie sich in Wechselstromanlagen vielfache Verkettungen von Störungserscheinungen zeigen können, ist die Möglichkeit solcher Verkettungen auch für Gleichstrombetriebe vorhanden. Da aber beim Gleichstrombetrieb viele Störungserscheinungen, die beim Wechselstrombetrieb Gefahren mitsichführen, als harmlos zu betrachten sind, müssen sich auch weniger schwerwiegende Verkettungen erwarten lassen. Die praktische Erfahrung bestätigt denn auch diese Erwartung.

B. Schlussfolgerungen und Nutzenwendungen.

Unter den erörterten sieben Ueberspannungsarten sind für Gleichstromanlagen nur die Ueberspannungen atmosphärischen Ursprungs, die Schaltüberspannungen und der direkte Spannungsübertritt gefährlich genug, um besondere Schutzmassnahmen zu rechtfertigen. Für Wechselstromanlagen betrachtet man heute als beste Sicherheit gegen die, aus den Ueberspannungen atmosphärischen Ursprungs und aus den Schaltüberspannungen entstandenen, gefährlichen Sprungwellen die möglichst hochwertige Isolierung der Transformatoren- und Maschinenwicklungen. Die Isolationsprüfung solcher Wicklungen wird heute, wenigstens soweit als es sich um Transformatoren handelt, nicht nur mittels der Spannungsprobe, sondern auch noch mittels der Sprungwellenprobe, bezw. der Windungsprobe durchgeführt. Die Frage liegt somit nahe, ob es sich empfiehlt, ähnlich verschärfte Isolationsproben auch für Gleichstrom zur Einführung zu empfehlen. Zur Abklärung dieser Frage sind jedoch experimentelle Untersuchungen über das Eindringen von Sprungwellen in Gleichstromwicklungen, insbesondere in Gleichstromanker, unerlässlich; sie sind bisher jedoch noch nicht ausgeführt worden. Ohne dem Ergebnis solcher, an sich durchaus wünschenswerter Untersuchungen vorzugreifen, soll hier der Meinung Ausdruck verliehen werden, dass schon die bisher übliche Spannungsprüfung von Gleichstrommaschinen mit hohen Wechselspannungen, sowie die ebenfalls mit Wechselstrom vorgenommenen Einzelspannungsprüfungen von Formspulen, Kollektoren usw. als genügend scharfe Prüfungen gelten dürften. Einen wirklichen Fortschritt in der Sicherheit von Gleichstromanlagen könnte man unseres Erachtens am ehesten durch zielbewusste Erforschung und Normalisierung von Lichtbogenschaltern und Funkenableitern verwirklichen, auf welchen Apparaten letzten Endes nicht nur ein wesentlicher Teil des Ueberspannungsschutzes, sondern auch des Ueberstromschutzes beruht. Wir sind überhaupt geneigt, den Ueberstromschutz der Gleichstromanlagen dem Ueberspannungsschutz derselben in dem Sinne überzuordnen, dass wir die Erzielung weiterer Fortschritte im Ueberspannungsschutz erst nach völliger Klärung aller Bedingungen des Ueberstromschutzes für möglich halten. Inzwischen scheinen uns die für den Ueberspannungsschutz der Wechselstromanlagen gegebenen Leitsätze

⁷⁾ Durch den Gebrauch von Schnellschaltern kann dieser Vorgang gestört und damit die Gefahr des Rundfeuers vermindert werden.

Uebersicht über die zu verwendenden Schutzmittel für Gleichstromanlagen.

| Art der Ueberspannung | Allgemeine Netze unter 1000 Volt | Bahnanlagen von ca. 500 ÷ 5000 Volt | Serieübertragungen von ca. 5000 ÷ 20000 Volt |
|--|--|---|--|
| Langsame atmosphärische Aufladung von Freileitungen. | Hochohmige Widerstandsableiter von ca. 500 Volt an. | Ableiter meist unnötig. | Hochohmige Widerstandsableiter. |
| Indirekte Blitzschläge an Freileitungen. | An jeder Hauptleitung beidseitig je einen Funkenableiter mit sicherer Löschung, oder dann Vorschaltwiderstände in der Erdleitung, wie bei Wechselstromanlagen. | An jedem Fahrdrabt etwa alle 20 km, an jedem Feeder je beim Werkaustritt je einen Funkenableiter. Im übrigen einheitliche Isolation, bei Eisenmasten der Feeder: Erdseile, Schutzringe bzw. Bügel neben besonders exponierten Isolatoren. | Wie für die Feeder der Bahnanlagen, ausserdem Schutzinduktivitäten oder Schutzkabel vor und hinter der seriegeschalteten Maschinengruppe jedes Werkes. |
| Schaltüberspannungen. | Für Spannungen von 400 Volt an zuverlässige Lichtbogenschnitter, event. mit Parallelwiderständen. Vermeidung der Schmelzsicherungen von 400 Volt an, für Leistungen über etwa 40 kW. | | Bei betriebsmässigem Kurzschliessen der Maschinen und sonst stromloser Unterbrechung überspannungsfrei. |
| Direkter Spannungsübertritt. | Rundfeuersichere Konstruktion von Generatoren und Motoren, sorgfältige Ausführung von Freileitungskreuzungen. Nullpunktserdung oder Durchschlagssicherungen in Dreileiteranlagen. | | Rundfeuersichere, gut von Erde isolierte Maschinen, sorgfältige Ausführung v. Freileitungskreuzungen. |

ohne weiteres auch völlig unverändert für Gleichstromanlagen brauchbar, wobei natürlich für die „Nutzanwendungen“ eine besondere Uebersicht über die zu verwendenden Schutzmittel für Gleichstromanlagen erforderlich wird. In der obstehenden Tabelle lassen wir einen bezüglichen Entwurf folgen, dem wir nichts weiteres beizufügen haben.

Festigkeitsversuche an Holzgestängen.

Bericht an die Obertelegraphendirektion, Bern
erstattet von W. Häusler, Bern.

(Fortsetzung und Schluss.)

Der Autor gibt in Fortsetzung des in den Bulletin Ausgaben No. 6 und 7 erschienenen Teils der Arbeit die Resultate einer weitem Reihe von Versuchen an Kuppelstangen und Doppelstangen an, welche zeigen, dass Kuppelstangen im Vergleich zu dickern einfachen Stangen wirtschaftlich unterlegen sind und dass bei Doppelstangen die Kreuzverstrebung in ca. $\frac{2}{3}$ Stangenhöhe vorzusehen ist, wobei die horizontalen Verbindungsstreben des Kreuzes weggelassen werden können.

Comme suite à l'article paru dans les bulletins nos. 6 et 7 l'auteur donne les résultats d'essai entrepris sur des poteaux doubles.

Il conclue qu'il est préférable d'employer des poteaux simples plus fort plutôt que des poteaux doubles et que les entretoises de ces derniers devront en tous les cas être disposées à deux tiers de la hauteur et seulement en diagonale.

B. Versuchsserie in Arlesheim.

Nachdem die in Ostermundigen mit möglichst vollkommener Stangeneinspannung ausgeführten Versuche über die Wirkung der gekuppelten und der mit Kreuzen versteiften Stangen nähere Aufklärung gebracht haben, soll im folgenden über die