

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 44 (1953)
Heft: 2

Artikel: Bemerkungen zum Entwurf der neuen Regeln des SEV für Wechselstrom-Hochspannungs-Schalter
Autor: Puppikofer, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059907>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Bemerkungen zum Entwurf der neuen Regeln des SEV für Wechselstrom-Hochspannungs-Schalter

Von H. Puppikofer, Zürich

389.6 : 621.316.5 (494)

Der Autor, zur Zeit Präsident des Fachkollegiums 17 des CES (Hochspannungsschalter), gibt einen kurzen Überblick über die Leitgedanken, die beim Aufstellen der neuen schweizerischen Schalterregeln massgebend waren und erläutert, inwieweit es möglich war, die in Arbeit befindlichen internationalen Regeln zu berücksichtigen. Ferner wird gezeigt, in welcher Weise versucht worden ist, den Einfluss der Eigenfrequenz der Netze auf die Schalterbeanspruchungen beim Nachweis der Ausschaltleistung zu berücksichtigen. Schliesslich werden in einem Anhang als Auszug aus dem CIGRE-Bericht Nr. 119 des Jahres 1946 von E. Vogelsanger die Tabellen aufgeführt, welche die Beanspruchungen der einzelnen Schalterpole durch Strom und Spannung bei den verschiedenen möglichen Fehlerfällen geben.

L'auteur, actuellement président du Comité Technique n° 17 du CES (Appareils d'interruption), donne un bref aperçu des idées directrices de l'élaboration des nouvelles Règles suisses pour les interrupteurs et indique dans quelle mesure il a été possible d'appliquer les Règles internationales en préparation. Il montre également comment on a tenté de tenir compte de l'influence de la fréquence propre des réseaux sur les sollicitations des interrupteurs, pour déterminer la puissance de coupure. Une annexe renferme les tableaux des sollicitations de pôles d'interrupteurs par le courant et la tension, pour différentes possibilités de défauts, tableaux qui sont tirés du Rapport n° 119 présenté par M. E. Vogelsanger à la CIGRE de 1946.

Die Schweiz kann in den Fragen der Hochspannungsschalter auf eine langjährige und erfolgreiche Tradition zurückblicken, die sich nicht nur auf den Bau, sondern auch auf die Prüfung und die Reglementierung dieser wichtigsten Apparategattung erstreckt. Die systematischen Untersuchungen, die in den Jahren 1914 bis 1917 durch Bruno Bauer im Auftrag des SEV gemacht wurden, führten im Jahre 1924 zu grundlegenden Erkenntnissen und zur Aufstellung der damals sehr fortschrittlichen «Richtlinien für die Wahl der Schalter in Wechselstrom-Hochspannungsanlagen». Es galt nun, jene Richtlinien zu eigentlichen Regeln auszubauen und auf den derzeitigen Stand der Technik zu bringen.

Die ersten Arbeiten an den Regeln für Wechselstrom-Hochspannungs-Schalter gehen bis auf das Jahr 1938 zurück. Sie wurden im Jahr 1939 durch den ausgebrochenen Krieg und die daraus resultierenden Verhältnisse unterbrochen und konnten erst 1942 durch ein besonderes Arbeitskomitee¹⁾ des Fachkollegiums 17 des CES wieder aufgenommen werden.

Der heute vorliegende Entwurf soll uns in der Schweiz von den bisher verwendeten ausländischen Regeln unabhängig machen, was um so nötiger ist, als diese inzwischen auch in wesentlichen Punkten durch die Fortschritte der Technik überholt worden sind. Die CEI-Schalter-Regeln, Fascicule 56 der CEI vom Jahre 1937, dienten zuerst als Ausgangsbasis, und deren grundlegende Definitionen wurden übernommen; jedoch mussten wir entsprechend den erweiterten Erkenntnissen in einer Reihe von Punkten

weiter gehen und haben dabei auch die letzten Arbeiten der CEI [Entwurf 17 (Bureau Central) 701 vom Mai 1952] berücksichtigt. Inhalt und Redaktion entsprechen aber der schweizerischen Praxis. Im Interesse der Eindeutigkeit wurde die Bezeichnung «Abschaltung» durch «Aus-schaltung» ersetzt, entsprechend dem Ausdruck «Einschaltung».

Allgemein wurde den Definitionen sehr grosse Aufmerksamkeit geschenkt. So wurden die elektrischen Grössen zur Kennzeichnung der Netze im Kurzschluss getrennt und vor den elektrischen Grössen zur Kennzeichnung des Verhaltens der Schalter definiert. Dadurch ergab sich eine grössere Klarheit und die Möglichkeit, später in den Abschnitten «Bestimmungen» und «Auswahl der Schalter» das eine auf das andere zu beziehen. Im Abschnitt C «Elektrische Grössen zur Kennzeichnung des Verhaltens der Schalter usw.» wurden alle nötigen Grössen getrennt zuerst als allgemeine Begriffe und hernach als Nenngrössen eines bestimmten Schalters definiert.

Der Begriff «Ausschaltvermögen» der CEI (pouvoir de coupure) wurde als unklar und unnötig fallen gelassen, da darunter sowohl Strom, als auch Leistung verstanden werden kann. An seine Stelle treten mit Vorteil die eindeutigen Begriffe «Nennausschaltleistung» und «Nennausschaltstrom». Der in der Schweiz durch die ersten Richtlinien seit 1924²⁾ eingeführte und seither immer verwendete Begriff der «Ausschaltleistung» wurde beibehalten und auf Grund der CEI-Regeln näher präzisiert. In den neuesten Entwürfen der CEI ist die Ausschalt-

¹⁾ Das Arbeitskomitee bestand aus H. Puppikofer (Vorsitz), K. Berger, A. Kraft, E. Scherb, F. Schiller, W. Wanger und O. Naef als Protokollführer. Für Spezialfragen wurden zeitweise zugezogen: H. Wüger, H. Thommen und E. Vogelsanger.

²⁾ Der Begriff der Kurzschlußleistung wurde 1912 durch die ersten uns bekannten Schaltervorschriften, d. h. durch die deutschen «Normalien für die Konstruktion und Prüfung von Wechselstromhochspannungsapparaten für Innenraum» (ETZ 1912, Nr. 14, S. 354) in die Technik eingeführt.

leistung ebenfalls wieder aufgenommen worden. Aus den CEI-Regeln und aus den bisher in unserem Lande verwendeten ausländischen Normen wurde der Begriff des «*Stosskurzschlußstromes*» als höchster Momentanwert des Stromes nach Eintritt des Kurzschlusses übernommen. Aus den alten schweizerischen Richtlinien wurde der Begriff des in Gleich- und Wechselstromkomponente zerlegbaren «*Anfangskurzschlußstromes*» beibehalten, jedoch auf den Wert festgelegt, der aus den Hüllkurven eine halbe Periode nach Kurzschlussbeginn bestimmt wird.

Bei der «wiederkehrenden Spannung» wurden die im letzten Jahrzehnt gemachten Erfahrungen über den Einfluss der Eigenfrequenzen der Netze auf den Verlauf der wiederkehrenden Spannung verwertet. Es wurde jedoch vermieden, heute schon bestimmte Werte vorzuschreiben und man begnügte sich mit einer vorläufigen Empfehlung. Es wurde daher die «*transitorische wiederkehrende Spannung*» als *Summe* der betriebsfrequenten Spannung und der übergelagerten Eigenschwingungen definiert und der für die Bestimmung der Ausschaltleistung usw. massgebenden wiederkehrenden Spannung nach Fascicule 56 der CEI (Art. 5) das Wort «*betriebsfrequent*» vorgesetzt. Ausserdem wurde der Begriff der «*Eigenfrequenzen der Netze*» festgelegt.

Es bleibt einer späteren Zeit vorbehalten, für das Studium der Stabilität und dergl. die Zahl der Begriffe zu vergrössern; wir haben lediglich versucht, unsere Definitionen so zu wählen, dass die Erweiterungsmöglichkeit vorhanden ist und dass sie mit den zur Zeit anerkannten internationalen Definitionen übereinstimmen.

In Abweichung von den CEI-Regeln wurde die Bestimmung des *Leistungsfaktors* des Kurzschlusskreises auf zwei einfache Messungen am Kurzschlusskreis zurückgeführt.

Aus den andern SEV-Regeln wurde der Begriff der *Nennisolationsspannung* übernommen im Sinne einer Isolationsklasse oder einer Reihenspannung. Minimale Schlagweiten wurden nicht vorgeschrieben, um in keiner Beziehung den Fortschritt zu hemmen. Dagegen wurde aber die seit Jahrzehnten auch in der Schweiz übliche *industriefrequente Prüfspannung*, die der Formel $2,2 U_n + 20 \text{ kV}$ folgt, festgelegt. Schliesslich wurden die *Stossprüfungen* entsprechend den Regeln und Leitsätzen des SEV für die Koordination der Isolationsfestigkeit in Wechselstrom-Hochspannungsanlagen, Publikation Nr. 183, vorgeschrieben. Auch sonst entspricht natürlich der Entwurf den Koordinationsregeln.

Ebenso entsprach es einem praktischen Bedürfnis, zahlreiche *Begriffe für Auslöser und Relais* und die zugehörigen Zeitgrössen für die Schalter und die Auslöser und Relais zu definieren. Es wurden unter anderem auch alle für die Besprechung der *Schnellwiedereinschaltung* nötigen Zeitgrössen festgelegt.

Grosse Arbeit verursachte dem Arbeitskomitee der Versuch, dem *Einfluss der Eigenfrequenzen* auf die Schalterbeanspruchung bei den Schalterversuchen Rechnung zu tragen. Dieser Einfluss ist für die verschiedenen Schalterarten ungleich. Gewisse

Schalterarten zeigen im ganzen Bereich der zu erwartenden Eigenfrequenzen praktisch keine Abhängigkeit der Nenn-Ausschaltleistung von der Eigenfrequenz. Bei anderen Schaltern wird eine Abhängigkeit hyperbolischen Charakters festgestellt. Gewisse Messungen, die im Auftrag des Arbeitskomitees in einzelnen Kraftwerken gemacht wurden, zeigten, dass die Eigenfrequenzen der Netze in Funktion der Spannung sehr stark abnehmen. Man führte daher für eine Anzahl von charakteristischen Netzkonfigurationen und für alle heute üblichen Spannungen, unter gewissen den wirklichen Netzen entnommenen Annahmen, Berechnungen über die auftretenden Eigenfrequenzen durch. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Rapport Nr. 138 der Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE) 1948 festgehalten. Wir begnügen uns mit der Wiedergabe der Fig. 1 (3) und verweisen

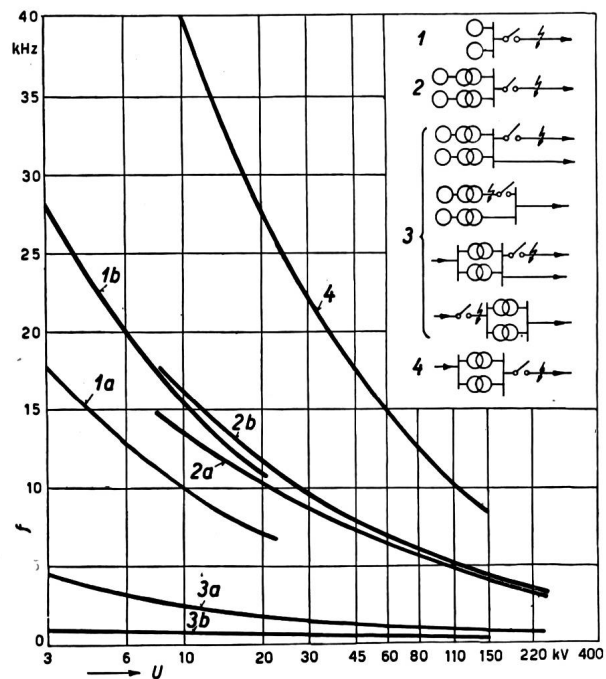


Fig. 1
Eigenfrequenzen (f) in Funktion der Betriebsspannung (U), berechnet für verschiedene Netzkonfigurationen

- 1 Kraftwerk ohne Transformatoren, ohne angeschlossene Leitungen
 - a) mit Polradgeneratoren
 - b) mit Turbogeneratoren
- 2 Kraftwerk mit Transformatoren, ohne angeschlossene Leitungen
 - a) mit Polargeneratoren
 - b) mit Turbogeneratoren
- 3 Kraft- oder Unterwerk, an ein ausgedehntes Netz angeschlossen
 - a) mit Freileitungsnetz
 - b) mit Kabelnetz
- 4 Unterwerk ohne angeschlossene Leitungen, gespeist durch ein starkes Hochspannungsnetz

im übrigen auf den erwähnten Bericht. Aus diesem Kurvenblatt erkennt man 3 deutlich getrennte Zonen: die Zone kleinster Eigenfrequenzen ergibt sich für ganze Netze, die mittlere gilt für die Oberspannungsseite von Kraftwerken und die höchste tritt an den Klemmen von Transformatoren auf. Ordnet man die Werte dieser 3 Zonen, die zu einer bestimmten Nennspannung gehören, den Kurzschlussleistungen zu, die in den diesen Zonen entsprechenden Netzkonfigurationen auftreten, so ergibt sich eine neue Erfahrungsregel. Die höchsten Kurz-

schlussleistungen treten auf bei der Grösstzahl gekuppelter Kraftwerke und Netze, also bei maximaler Zahl von Leitungen, und es ergeben sich dabei die niedrigsten Eigenfrequenzen. Umgekehrt treten die höchsten Eigenfrequenzen bei den kleinsten Belastungen der Netze an leerlaufenden Transformatorstationen und dergl. auf, d. h. dann, wenn die Kurzschlussleistung am kleinsten ist. Um zu wirtschaftlich tragbaren Schalterkonstruktionen zu kommen, wurde daher versucht, die Anforderungen an diese bezüglich Eigenfrequenzen der wiederkehrenden Spannung entsprechend den Netzbeanspruchungen zu staffeln, indem man für die Nennausschaltleistung eine relativ niedere und für die kleinen Ausschaltleistungen bis zu 50 % des Nennwertes eine wesentlich höhere (fünffach höhere) Eigenfrequenz der wiederkehrenden Spannung vorschrieb. Ausserdem sollen die Werte der entsprechenden Tabelle nicht als starre Regel gelten, sondern vorläufig bis zur Gewinnung genügender Unterlagen nur als Empfehlungen. Diese Lösung bedeutet in der Regelung der Schalterfragen ein absolutes Novum und wurde bereits von andern Ländern übernommen. Sowohl im Fachkollegium 17 des CES als auch im internationalen Schalterkomitee der CIGRE werden energische Bestrebungen unternommen, um aus den Netzen möglichst viele Zahlen zu schöpfen und so die Grundlagen für eine definitive Regelung zu sammeln. Im Rapport 139 der CIGRE 1948 wurde durch *F. Kurth* eine Methode angegeben, die gestattet, die Netzeigenfrequenzen bei der Ausschaltung von Leistungen in der Gröszenordnung der Nennleistungen der Leitungen zu messen, so dass Störungen als ausgeschlossen zu betrachten sind. Es wäre sehr zu begrüssen, wenn unsere grossen Kraftwerke sich zu derartigen oder ähnlichen Versuchen entschliessen könnten.

In den durch Bombenangriffe und dergl. häufig gestörten Höchstspannungsnetzen der vom Kriege betroffenen Länder hatten sich bisher unbekannte Störungen gezeigt. Schalter, die allen offiziellen Regeln genügten und zur Kupplung von grossen Kraftwerken und Netzen dienten, nahmen Schaden, wenn sie beim schlechten Parallelschalten oder bei Aussertrittfallen der Netze unterbrechen mussten. Um die maximal möglichen Beanspruchungen solcher Schalter abzuklären, veranlasste das Arbeitskomitee eine gründliche theoretische Untersuchung. *E. Vogelsanger* hat im Rapport Nr. 119 der CIGRE 1946 alle möglichen Störungsfälle erläutert und die daraus resultierenden Beanspruchungen der Schalter zusammengestellt. Wir begnügen uns hier mit der Wiedergabe einer zusammenfassenden Tabelle (siehe Anhang) und verweisen im übrigen auf den Bericht. Nach längeren Beratungen beschloss das Arbeitskomitee, um eine unwirtschaftliche Ausführung der Mehrzahl aller Schalter zu verhüten, sich zu begnügen mit einem Hinweis auf dieses *Problem der Kuppelschalter* und mit einer Empfehlung, zu prüfen, ob evtl. der nächst höhere Schaltertyp zu wählen sei.

Von den Vertretern der Kraftwerke wurde die Erfassung der *Leistungstrenner* und der *Mastschalter* durch die vorliegenden Regeln verlangt. Durch

längere Untersuchungen und Versuche kam man zu Anforderungen, welche eine wesentlich höhere Qualität dieser beiden Schalterarten zur Folge haben wird. Für die Hochspannungssicherungen ist die Herausgabe von getrennten Regeln vorgesehen. Sie befinden sich in Arbeit und haben die wichtigsten Definitionen der vorliegenden Schalterregeln übernommen.

Wir hoffen, dass die neuen Schalterregeln nicht nur der besseren Verständigung zwischen den Werkleitern und Konstrukteuren, sondern auch ganz allgemein dem Fortschritt unserer Technik dienen werden.

Den Mitgliedern des Arbeitskomitees, die sich alle in freundschaftlich kollegialer Weise zur Verfügung gestellt und mit grosser Aufopferung mitgearbeitet haben, sei der herzlichste Dank ausgesprochen.

Adresse des Autors:

H. Puppikofer, Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich 50.

A n h a n g

Grösste Beanspruchungen der Schalterpole bei Kurzschluss- und Erdschlußstörungen in gekuppelten Dreiphasennetzen

(Auszug aus dem CIGRE-Bericht 1946, Nr. 119, von *E. Vogelsanger*, Zürich)

Die folgenden Tabellen geben eine Zusammenstellung der Beanspruchungen durch Strom und wiederkehrende Spannung, die an einzelnen Schalterpolen auftreten können, wenn zwei gekuppelte Dreiphasennetze mit isoliertem oder direkt geerdetem Nullpunkt bei Kurzschluss- oder Erdschlußstörungen oder beim Aussertrittfallen der Netze durch den Schalter getrennt werden.

Die Angaben für direkt geerdete Netze basieren auf der idealisierenden Annahme einer absolut starren Erdung, d. h. einer Erdung ohne Widerstand. In den praktischen Netzen gibt es natürlich keine so ideale Erdung. Für wirkliche Netze müssen sich daher Werte ergeben, die irgendwo zwischen den Angaben für starr geerdete Netze und denjenigen für isolierte Netze liegen.

In den Tabellen bedeutet:

Kolonne 1: Numerierung der Störung.

Kolonne 2: Schema der Störung.

Kolonne 3: Beide Netze isoliert (\wedge) oder beide mit direkt geerdetem Sternpunkt (\downarrow)

Kolonne 4: Beide Netze in Phase (||) oder ausser Tritt gefallen (\neq).

Kolonne 5: I , grösster Strom, der vor und während der Ausschaltung den Schalterpol durchfliesst, als Vielfaches des gesamten Kurzschlußstromes der beiden gekuppelten Netze.

Kolonne 6: u , grösster Momentanwert der wiederkehrenden Spannung an einem Schalterpol im Löschmoment, als Vielfaches des Scheitelwertes der Sternspannung der Netze.

Kolonne 7: P , grösste Ausschaltleistung eines Schalterpols, als Vielfaches der gesamten lphasigen Kurzschlussleistung³⁾ der beiden gekuppelten Netze. Der Berechnung der Ausschaltleistung ist dabei der Momentanwert der wiederkehrenden Spannung im Löschmoment zu Grunde gelegt.

Kolonne 8: U_{\sim} , grösster Wechselspannungsanteil der wiederkehrenden Spannung an einem Schalterpol nach der Ausschaltung aller 3 Pole als Vielfaches der Sternspannung der Netze.

³⁾ Kurzschlußstrom mal Sternspannung.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr.	Störung	Netze isoliert oder geerdet	Netze in Phase oder ausser Tritt	I	u_r	P	U_{\sim}	U_{-}
1		↑		-	-	-	-	-
			+	0,5	3	1,5	2	-
			↓	+	0,5	2	1	2
2		↑		-	-	-	1	0,87
			+	0,5	3	1,5	2,73	1
			↓	+	1	1	1	1
3		↑		0,87	0,87	0,75	0,87	-
			+	0,87	3	1,5	2	0,58
			↓	+	0,87	1,73	1,5	0,87
4		↑		0,87	0,87	0,75	1	-
			+	0,87	3	1,5	2,5	1
			↓	+	1	1	1	1
5		↑		0,87	0,87	0,75	1,32	-
			+	0,87	3	1,5	2,5	1,5
			↓	+	1	1,73	1,5	1
6		↑		0,87	0,87	0,75	1,32	-
			+	0,87	3	1,5	2,23	1,15
			↓	+	1	1,73	1,5	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr.	Störung	Netze isoliert oder geerdet	Netze in Phase oder ausser Tritt	I	u_r	P	U_{\sim}	U_{-}
7		↑		0,87	1,73	1,5	1,8	-
			+	0,87	3	1,5	2,73	1,45
			↓	+	1	1	1	0,87
8		↑		0,87	1,73	1,5	1,73	-
			+	0,87	3,46	1,5	3,46	-
			↓	+	1	1	1	1
9		↑		1	1,5	1,5	1	-
			+	1	1,5	1,5	1	-
			↓	+	1	1,5	1,5	1
10		↑		1	1,5	1,5	1	-
			+	1	1,5	1,5	1	-
			↓	+	1	1	1	1
11		↑		1	1,73	1,5	1,73	-
			+	1	1,73	1,5	1,73	-
			↓	+	1	1,73	1,5	1
12		↑		1	1,5	1,5	0,87	0,25
			+	1	2	1,5	1,5	0,5
			↓	+	1	1,5	1,5	0,87

Kolonne 9: U_{-} , grösster Gleichspannungsanteil der wiederkehrenden Spannung nach dem Ausschalten aller 3 Pole, als Vielfaches des Scheitelwertes der Sternspannung der

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr.	Störung	Netze isoliert oder geerdet	Netze in Phase oder ausser Tritt	I	u_r	P	U_{\sim}	U_{-}
13		↑		1	1,5	1,5	1,32	0,5
			+	1	2	1,5	2	1
			↓	+	1	1,5	1	1,5
14		↑		1	1,5	1,5	1,8	0,75
			+	1	2,5	1,5	2,5	1
			↓	+	1	1,5	1	1,5
15		↑		1	1,73	1,5	1,73	-
			+	1	1,73	1,5	1,73	-
			↓	+	1	1	1	1
16		↑		1	2,3	1,5	2,3	-
			+	1	3,23	1,5	3,23	-
			↓	+	1	1,5	1	1,5
17		↑		1	2,6	1,5	2,6	-
			+	1	3	1,5	3	-
			↓	+	1	0,87	0,5	0,87

Netze. Der Gleichspannungsanteil der wiederkehrenden Spannung rührt daher, dass bei isolierten Netzen (und wenn nicht beide Netze einen Erdschluss aufweisen) das eine Netz oder beide Netze nach der Ausschaltung eine Gleichspannungsaufladung gegen Erde aufweisen können. Der Gleichspannungsanteil muss mit einer durch die Ableitung der Isolation gegebenen Relaxationszeit auf Null abklingen. In Netzen mit über Drosselspulen geerdetem Sternpunkt kann der Gleichspannungsanteil ebenfalls auftreten, er wird dann aber in einer gedämpften Schwingung auf Null abklingen.

Die angegebenen Werte sind die Höchstwerte, die sich aus den angegebenen Voraussetzungen errechnen lassen, das heisst sie beziehen sich auf diejenige Verteilung der Kurzschlussimpedanzen der beiden Netze, auf diejenige Löschnfolge der 3 Pole, auf denjenigen Pol und — bei ausser Tritt gefallen Netzen — auf diejenige Phasenverschiebung, bei der der höchste Strom bzw. die grösste wiederkehrende Spannung auftritt. In vielen Fällen treten die verschiedenen in den Kolonnen 5 und 9 angegebenen Höchstwerte nicht unter den gleichen Bedingungen auf (z. B. kann der Höchstwert der wiederkehrenden Spannung oft nur zusammen mit einem kleineren Strom auftreten und umgekehrt). Die in den Kolonnen 8 und 9 angeführten Höchstwerte des Wechselspannungs- und Gleichspannungsanteiles können auch gleichzeitig in Erscheinung treten (bei aussertritt gefallen Netzen allerdings nur dann, wenn nach dem Löschen der Lichtbogen eine weitere Phasenverschiebung stattfindet); man kann daher die Summe dieser beiden als Mass für die grösste nach der Ausschaltung an einem Schalterpol auftretende Spannung betrachten. In Wirklichkeit wird aber diese Spannung kleiner sein, da sich der Gleichspannungsanteil und die Amplitude des Wechselspannungsanteiles im allgemeinen erst etwa eine Halbwelle nach dem Löschen des letzten Poles addieren, und der Gleichspannungsanteil bis dann schon beträchtlich abgeklungen sein kann.