Ölarme Schalter für Freiluftaufstellung

Autor(en): **Roth, A.W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **53 (1962)**

Heft 8

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-916922

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

ständig entionisierten Zustand vollzieht sich ja kontinuierlich. Es gibt in diesem Zusammenhang überhaupt keine begriffliche Abgrenzung zwischen Lichtbogenstadium und einem Stadium der Restleitfähigkeit.

Man kann nun zwischen Schalterstrom i_s und Schalterspannung u_s, unter Verwendung der elektrischen Grundgesetze, eine Beziehung herleiten, wenn man annimmt, dass die Schaltstrecke ein zeitveränderlicher Ohmscher Widerstand ist. Diese Schaltergleichung ist in Fig. 16 angegeben.

Bei Schaltversuchen gelingt es meistens, die Spannung um den Strom-Nulldurchgang herum recht genau und mit genügender Zeitauflösung oszillographisch zu messen, während die Messung des zugehörigen Stromverlaufes sehr schwierig, und ohne kostspielige Spezialeinrichtungen gar nicht möglich ist. Man kann daher z. B. mittels dieser Gleichung unter Verwendung des gemessenen Spannungsverlaufes den zugehörigen Stromverlauf berechnen, was in der Regel mit einer Schritt-für-Schritt-Methode gelingt. Oder, falls Spannung und Strom gemessen werden, kann man die Messung dank der Gleichung kontrollieren. Diese Gleichung sagt selbstverständlich weiter nichts aus über die noch wenig bekannten komplexen elektrischen, thermodynamischen und pneumatischen Vorgänge im Schalter.

Zusammenfassend und abschliessend sei festgehalten, dass an einen Schalter zahlreiche extreme Forderungen gestellt werden, die einander z. T. zuwiderlaufen. Z. B. verlangt man beim Ausschalten kapazitiver Ströme eine sehr rasche und sehr gross werdende elektrische Wiederverfestigung zwischen den Kontakten, um Rückzündungen zu vermeiden. Bei kleinen induktiven Strömen hingegen wünscht man eine schwache und langsam ansteigende Festigkeit, um die Schaltüberspannungen auf möglichst kleine Werte zu begrenzen. Oder beim gewöhnlichen Kurzschluss kann es z. B. eine optimale Distanz zwischen den Kontakten geben, welche dem grössten Ausschaltvermögen entspricht, während zur Bewältigung der hohen Phasenoppositions-Spannung eventuell eine grössere Distanz nötig ist.

Es ist verhältnismässig leicht, einen Schalter zu bauen, der nur einem einzigen extremen Schaltfall genügen muss. Ein universeller Schalter jedoch, der alle Fälle beherrschen muss, wird stets einen Kompromiss darstellen, sowie eventuell teilweise überdimensioniert und entsprechend teuer sein.

Adresse des Autors:
Dr. *P. Baltensperger*, Chef des Schalterversuchslokals, AG Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

Ölarme Schalter für Freiluftaufstellung

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 30. und 31. Januar 1962 in Zürich,
von *A. W. Roth*, Aarau

621.316.57.064.25—742

1. Rückblick

Die heutige Situation im Bau von Hochspannungsschaltern ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl der angewendeten prinzipiellen und konstruktiven Lösungen. Es ist deshalb angezeigt, in einem kurzen Rückblick den Weg zu skizzieren, der zur ölarmen Bauweise geführt hat.

Von der Jahrhundertwende bis 1930 wurde das Bild von den Ölkesselschaltern beherrscht, es waren dies einfache Apparate, die den Einbau von Wandlern gestatteten. Ihre Nachteile, hohes Gewicht, Schwierigkeiten der Revision und die Brandgefahr führten dazu, dass zumindest im kontinentalen Europa neue Lösungen gesucht und gefunden wurden. Ab 1930 sehen wir immer häufiger die ölarme oder ölfreie Bauart, die sich mit Ausnahme der unteren Spannung 1945 vollständig durchsetzen. Die neuen Geräte wiesen gegenüber dem Nachteil der mechanischen Komplizierung viele entscheidende Vorteile auf: kleines Gewicht, gute Isolation gegen Erde, leichte Revisionsmöglichkeit und beseitigte Brandgefahr. Wer 1945 auf Grund des erreichten hohen Standes der Schaltertechnik eine rasche Abklärung der Schaltersystemfrage erwartete, muss heute feststellen, dass die Vielzahl der Lösungen zunimmt (Schwefelhexafluor- und Vakuumschalter). Diese Tatsache ist kein Zufall, sondern dem Umstand zuzuschreiben, dass im wesentlichen erst ab 1945 die äusserst komplexen Vorgänge, die sich beim Schalten von Netzteilen ergeben, nach und nach durch umfangreiche Messungen und Vertiefung der Theorien bekannt wurden. Diese breite Forschungsarbeit hat gezeigt, dass es weder ein physikalisches Prinzip noch ein chemisches Medium gibt, durch dessen alleinige Anwendung ein Lichtbogen immer «ideal» gelöscht wird. Je nach dem die eine oder andere Eigenschaft als massgebend in den Vordergrund gerückt wurde, behauptete man die Überlegenheit dieses oder jenes Systems. Die Praxis der Übertragungsnetze hat sich mit Recht abwartend verhalten, eine Haltung, die auch heute noch charakteristisch ist.

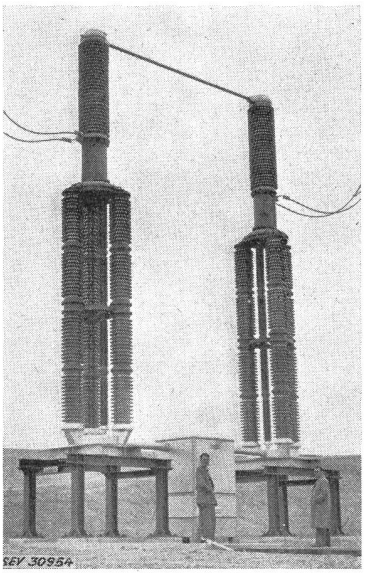


Fig. 1
Der erste 420-kV-Schalter aus dem Jahre 1952

Um das rückblickende Bild abzurunden, seien noch einige markante Entwicklungspunkte des ölarmen Schalters erwähnt. Als 1945 der Aufbau des europäischen 220-kV-Netzes in grossem Umfange einsetzte, wurden zahllose ölarme Schalter verwendet, in Frankreich und Italien sozusagen ausschliesslich. Die Technik der Wiedereinschaltung auf den Spannungsstufen 150 und 220 kV wurde wesentlich gefördert durch deren Verbreitung auf Netze mit ölarmen Schaltern. Die erste 420-kV-Übertragung der Welt, 1952 in Schweden, wurde zum Teil mit ölarmen Schaltern schweizerischer Konstruktion ausgerüstet (Fig. 1). Es sei hier am Rande vermerkt, dass bis heute in diesem schwedischen Netz alle fremden 420-kV-Schalter Konstruktionen schweizerischen Ursprungs sind. Die erste 420-kV-Übertragung auf dem europäischen Festland, 1957—1958 in Frankreich (Paris—Génissiat) wurde ausschliesslich mit ölarmen Schaltern nach der gleichen bereits in Schweden bewährten Konstruktion in Betrieb genommen. In den erwähnten Netzen wurden bei späteren Erweiterungen natürlich auch andere Schalterarten berücksichtigt. Die guten Betriebsresultate haben in allen Fällen zu einer starken Verbreitung der ölarmen Freiluftschalter geführt, so dass die Voraussetzungen für die Weiterentwicklung, die hier beschrieben werden soll, vorhanden sind.

2. Heutige Forderungen

Die letzten 15 Jahre sind durch eine intensive Erforschung der Schaltvorgänge in den Netzen gekennzeichnet. Die Resultate dieser Tätigkeit können in drei mehr oder weniger präzisen Feststellungen angegeben werden:

a) Die Prüfbarkeit der Schalter ist eine wesentliche Voraussetzung für deren erfolgreichen Einsatz. Die wichtigsten Schaltfälle sind symmetrischer und asymmetrischer Kurzschluss mit Schaltfolgen Aus, Ein—Aus und Aus—Ein—Aus, Phasenoppositionskurzschluss mit gleichen Schaltfolgen, Schalten von Leitungen und eventuell Reaktoren. Es lassen sich heute unter genügender Aufteilung auf Elemente alle diese Fälle eindeutig durchprüfen. Die Vielgestaltigkeit der Löschsysteme macht es notwendig, dass eine Festlegung der Schaltbedingungen an Stelle der empirischen Beurteilung erfolgt.

b) Für die Spannungen 245 kV und darüber sollen die Überspannungen auf ein Minimum begrenzt werden, Leitungen sollen rückzündungsfrei geschaltet werden. Die in diesen Spannungsbereichen üblichen langen Übertragungsleitungen bringen durch ihr dynamisches Verhalten und den Ferrantieffekt an sich schon beträchtliche Spannungserhöhungen. Zudem wird aus wirtschaftlichen Gründen die Isolation meist relativ tief angesetzt. Die knappe Marge gegenüber dem Ableiterschutzpegel einerseits und die Vermeidung der Umladeschwingungen lassen heute die Rückzündungsfreiheit als richtige Lösung erscheinen.

c) Verschiedene in den letzten Jahren veröffentlichte Arbeiten haben eine von Betriebsseite hie und da vorgebrachte Auffassung nun eindeutig bestätigt, dass nämlich die Anforderungen in Bezug auf Eigenfrequenz im Netz höher liegen als dies etwa in den Vorschriften des SEV festgehalten wird. Sowohl das Vorhandensein von grossen Kurzschlußleistungen, die transformatorisch auf eine Sammelschiene eingespiesen werden, vielfach mit Autotransformatoren, wie auch die heutige Einbeziehung der Fehler auf Leitungen sind Probleme, die unsere Ansichten über Eigenfrequenzen wesentlich beeinflusst haben. Die Einschwingvorgänge im Netz sind meist aus zwei Schwingungsanteilen zusammengesetzt, die sich nach einer 4parametermethode angeben lassen. Ein Parameterpaar bezieht sich auf einen höherfrequenten Anteil herrührend im Falle des Sammelschienenkurzschlusses von transformatorisch eingespeister Leistung und im Falle des Abstandskurzschlusses von der kapazitätsarmen Leitungsimpedanz. Es zeigt sich nun, dass bis vor kurzem zu niedrige Werte angenommen wurden. Bei Schaltern kleinerer Abschaltleistung verlagert sich die kritische Zone der Abstandskurzschlüsse auf eine grössere Entfernung (etwa 4...5 km für 5000 MVA). Heute sollte ein 10 000-MVA-Schalter dieses Schaltvermögen etwa bei einer Einschwingfrequenz von 2000 Hz und einem zugehörigen Amplitudenfaktor von 1,0 als erstes Parameterpaar beherrschen.

Diese 3 Forderungen, die in den letzten Jahren die Entwicklungsarbeit bestimmt haben, volle Durchprüfung, rückzündungsfreies Leitungsschalten, Beherrschung aller vorkommenden hohen Einschwingfrequenzen, haben auch die Entwicklung des ölarmen Schalters geprägt.

3. Pysikalisches Verhalten des Lichtbogens in Öl

Von den drei erwähnten Schalterproblemen ist dasjenige der Beherrschung der hohen Eigenschwingfrequenzen nach dem Stromnulldurchgang dasjenige, welchem eine grundlegende Bedeutung zukommt.

Versuche, die vom Autor und seinen Mitarbeitern vor einiger Zeit durchgeführt wurden, ergeben ein recht anschauliches Bild des Hochstromlichtbogens in Flüssigkeiten. Zur Herstellung einwandfreier Versuchsbedingungen wurde der Wechselstromlichtbogen in einem Flüssigkeitshohlkanal stabilisiert, wie dies vor Jahren von *Gerdien* und *Lotz* gezeigt wurde. Fig. 2 zeigt die Apparatur, die im wesentlichen aus einem in einem Plexiglasrohr mit etwa 20 000 U./min rotierenden Flüssigkeitshohlzylinder besteht. Gleichzeitig

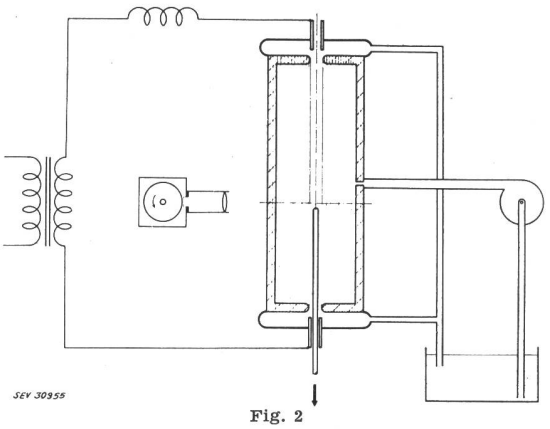


Fig. 2
Schema der Apparatur für Lichtbogenversuche

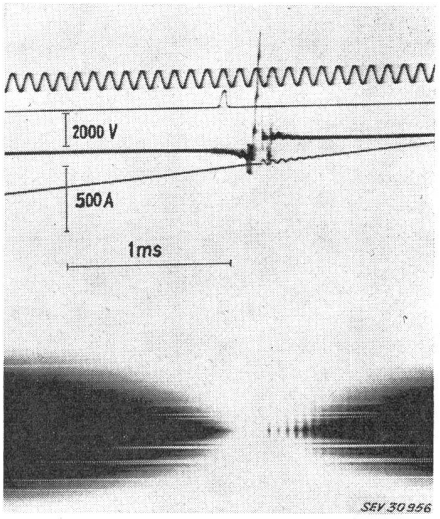


Fig. 3
Oszillogramm und Schlitzbild der Lichtbogenversuche

wurden sodann auf eine rotierende Kamera Strom, Spannung und optisches Lichtbogenschlitzbild aufgenommen. Die resultierenden Aufnahmen, wovon Fig. 3 ein Beispiel darstellt, lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

a) Der geometrisch stabile Lichtbogen brennt mit einer definierten und konstanten Spannung.

b) Der geometrisch stabile Lichtbogen weist nach jedem Stromnulldurchgang eine scharfe wiederkehrende Spannungsfestigkeit auf. Dieser Löscheffekt beruht eindeutig auf Radialkühlung und nicht auf Plasmatransport.

c) Der Lichtbogen zentriert sich innerhalb seines Kanals, bei abnehmendem Strom zieht sich der hell-leuchtende Kern zu einem Faden zusammen. Bei Wiederzündungen wird dieser Strompfad bevorzugt.

d) Die thermische Zeitkonstante und damit die Entionisation des Bogenfadens in der Nähe des Nulldurchganges ist in der Grössenordnung weniger Mikrosekunden. Flüssigkeiten bzw. Dämpfe sind in dieser Beziehung normalen Gasen und sogar auch elektronegativen wie SF_6 überlegen.

Diese Versuche zeigen damit in sehr anschaulicher Weise, dass die mit der Einschwingspannung im Zusammenhang stehenden Probleme vom ölarmen Schalter ohne Zuhilfenahme von Dämpfungselementen sicher gelöst werden können.

4. Das dielektrische Verhalten des Lichtbogens in Öl

Bis vor kurzem waren die ölarmen Freiluftschalter, gleich wie die Ölkesselschalter, gar nicht oder nur bedingt rückzündungsfest. Die Rückzündungsfreiheit kann mit Sicherheit nur dadurch erzielt werden, dass vom Moment der Kontakttrennung weg die Spannungsverfestigung der Schaltstrecke keine kapazitiven Wieder- oder Rückzündungen zulässt. Die Mittel, die uns zur Verfügung stehen, um ein solches dielektrisches Verhalten herbeizuführen, sind: Kontaktgeschwindigkeit, Ölströmung und Öldruck.

Bei der Ölströmung handelt es sich darum, die normalerweise entstehende Gasblase zu verdrängen, um die dielektrische Festigkeit ungestört zu erhalten. Die erwähnten Mittel lassen sich nun in verschiedenen Kombinationen anwenden, da sowohl Kontaktgeschwindigkeit wie Strömung in weiten Grenzen verändert werden können, ohne dass besondere konstruktive Schwierigkeiten auftreten.

5. Neue konstruktive Lösungen

Auf Grund der dargelegten Feststellungen und Überlegungen beschreitet der ölarme Schalter den Weg der Vielfachunterbrechung. Von den erwähnten drei Forderungen ist es vor allem diejenige der vollen Durchprüfung, die eine Aufteilung der Spannung auf mehrere Kammern erfordert. Einerseits stehen Prüfleistungen über 4000 MVA nur sehr bedingt zur Verfügung, anderseits ist der Aufwand für eine unabhängige Durchprüfung jeder einzelnen Spannungsreihe zu gross. Die Neuorientierung der rückzündungsfreien Typenreihe basiert deshalb auf der Konzeption des Grundelementes, das dann für alle Spannungen in Serieschaltung Verwendung findet.

Zwei schweizerische Konstruktionen gestatten es, ein Bild der konstruktiven Verwirklichungen zu machen.

Fig. 4 und 5 zeigen den Y-Pol für 245 kV und 10 000 MVA. Die Schaltleistung ist auf zwei Kammern aufgeteilt, die mit linearen Parallelwiderständen versehen sind. Ein zusätzlicher Schalthub unterbricht den Widerstandsstrom. Die eigentliche Löschkammer arbeitet

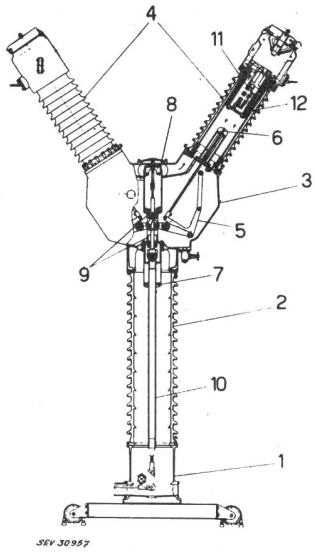


Fig. 4
Schnittbild eines 245-kV-Schalters mit Zweifachunterbrechung
1 Pol-Unterteil; *2* Stützisolator; *3* Getriebekasten; *4* Leistungs-Unterbrecher; *5* Mechanismus; *6* Schaltstift; *7* Ausschaltfedern; *8* Öleinspritzpumpe; *9* Bremszylinder; *10* Isolier-Antriebsstange; *11* Schaltkammer; *12* Widerstand

nach dem Querblasungsprinzip. Zur Unterbrechung der kleineren Ströme und vor allem der kapazitiven Ströme dient eine kräftige Öleinspritzung. Diese wird durch eine bewegungsunabhängige gemeinsame Pumpe im Mittelgehäuse erzeugt.

Das Grundelement (V-Element) der HPF 500-Schalterreihe ist ein Doppelelement, das für etwa 80 kV Nennspannung dimensioniert ist. Die Schnelligkeit der Schaltbewegung gestattet einerseits, sehr kurze Licht-

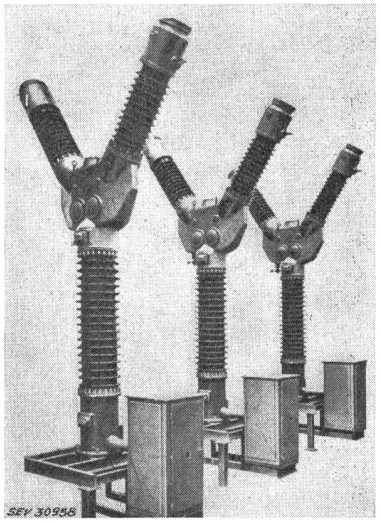


Fig. 5
Ansicht einer dreipoligen Schaltergruppe von 245 kV

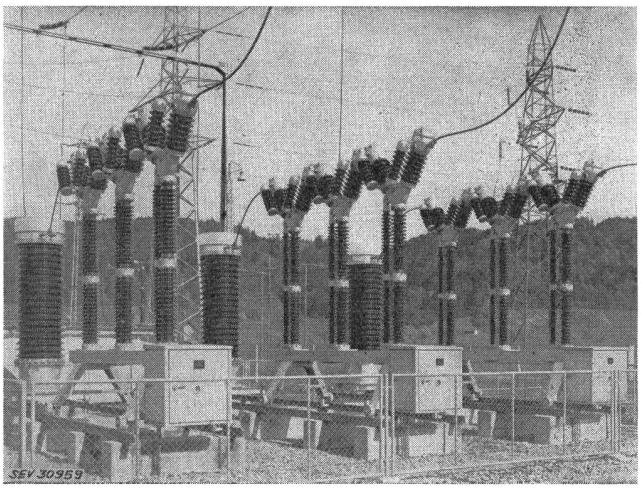


Fig. 6
245-kV-Schalter in Betrieb

bogenzeiten zu erreichen und anderseits die kapazitiven Ströme rückzündungsfrei zu unterbrechen. Dieses wird noch unterstützt durch bewegungsunabhängige Pumpen in jedem festen Kontakt. Parallel zu den Unterbrechungsstellen befinden sich aussen angebrachte Kondensatoren. Fig. 6 zeigt einen auf dem beschriebenen Grundelement aufgebauten und in Betrieb stehenden 245-kV-Schalter.

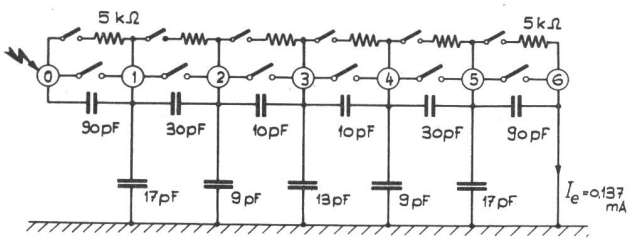
Die früheren Eigenschaften der ölarmen Freiluftschalter, Sicherheit der Erdisolation, Sicherheit gegen Kondenswasser, Betriebsautonomie, Einfacheit der Revision, wurden beibehalten. Die Ausschaltzeiten mit 50 ms liegen unter den heute gebräuchlichen Werten.

6. Spannungsverteilung

Die Verwendung von Serieunterbrechern ist nur dann erfolgreich, wenn die Frage der Spannungsverteilung sorgfältig untersucht, gelöst und geprüft wird. Die zur Verfügung stehenden Wege sind hier durch den Kesselölschalter und den Druckluftschalter bereits aufgezeigt.

Fig. 7 zeigt eine gemischt Ohmisch-kapazitive Steuerung, während Fig. 8 eine rein kapazitive Steuerung darstellt. Die Ohmische Steuerung gestattet in den Fällen, wo dies erforderlich ist, eine Dämpfung der induktiven Überspannungen, während die rein kapazitive Steuerung die einfachste Lösung darstellt.

Eine Reihe grundlegender Versuche wurde unternommen, um den Einfluss der Nachströme beim Stromnulldurchgang zu untersuchen, und zwar durch direkte Spannungsmessungen während der Abschaltvorgänge. Das Doppelelement eignet sich hiezu ausgezeichnet, da es mit voller Leistung beansprucht werden kann. Es konnte aufgezeigt werden, dass auch mit sehr hochohmigen Steuerimpedanzen eine proportionale Verteilung der einschwingenden Spannung erzielt wird.



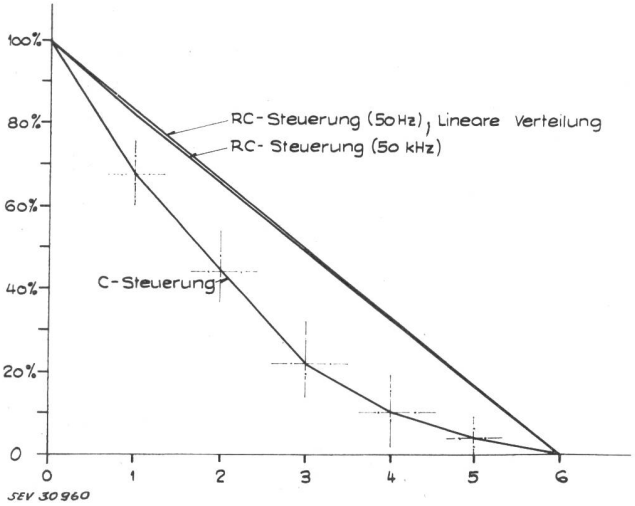


Fig. 7
Ohmisch-kapazitive Steuerung eines Vielfachunterbrechungsschalters

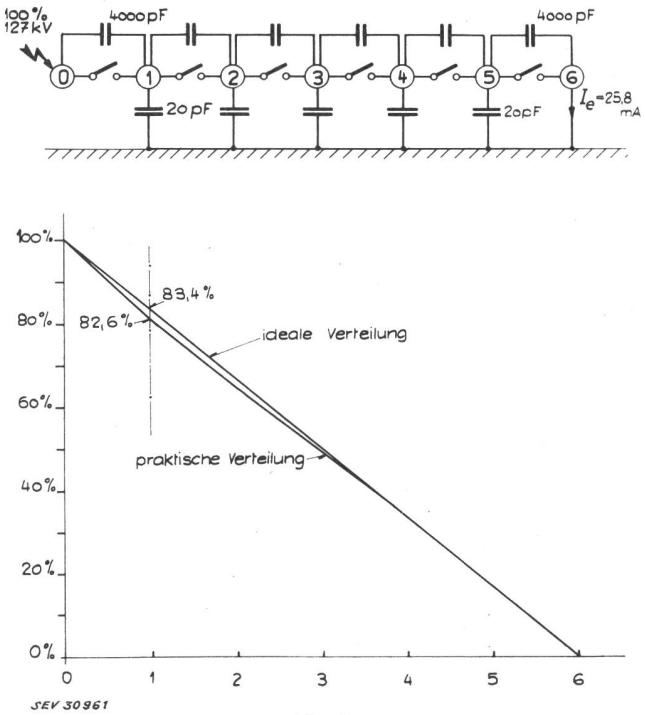


Fig. 8
Rein kapazitive Steuerung eines Vielfachunterbrechungsschalters

Ein wichtiger Punkt, der oft ungenügende Beachtung findet, ist die Synchronisierung der Schaltstellen einer Phase. In Schalterreglementen werden max. 3,3 ...5 ms als Zeitunterschiede der Kontakttrennung zugelassen. Diese Werte sind jedoch zu gross, als dass eine echte Vervielfachung der Schaltleistung des einzelnen Elementes belegt werden könnte. Der notwendige Wert beträgt eher 2 ms. Die mechanische Kopplung der Schaltstellen des ölarmen Schalters gestattet, 1 ms zu erreichen.

7. Versuche mit ölarmen Schaltern

Einige wenige Beispiele von Netzversuchen seien hier angeführt, um zu zeigen, dass das gesteckte Ziel der rückzündungsfreien Abschaltung von Freileitungen, Kabeln und Kondensatorbatterien in vollem Umfange erreicht wurde.

Fig. 9 zeigt das Oszillogramm einer Abschaltung einer 862-km-Leitung eines italienischen Netzes. Der

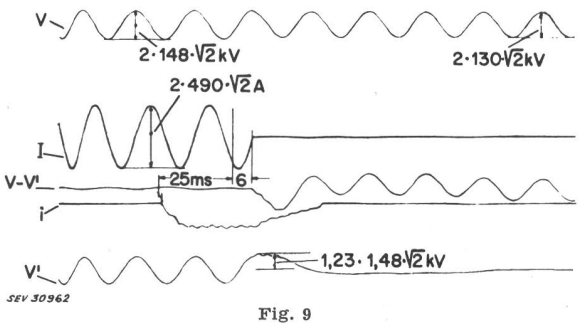


Fig. 9
Oszillogramm der Abschaltung einer leerlaufenden Leitung (257 kV, 862 km)
V Spannung Phase—Erde des speisenden Netzes; *V'* Phasenspannung der Prüfleitung; *V—V'* wiederkehrende Spannung am Schalterpol; *I* Ladestrom der Leitung; *i* Strom der Auslösespule

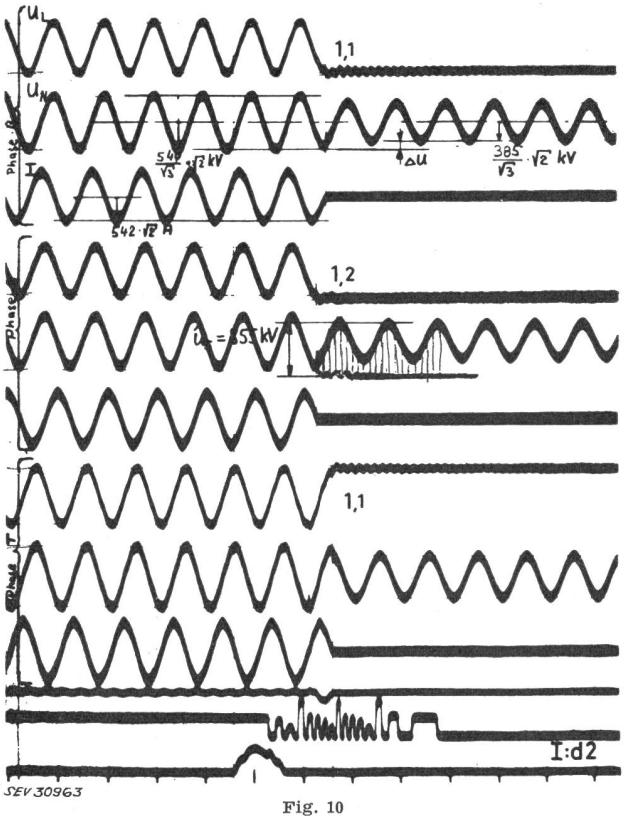


Fig. 10
Oszillogramm der Abschaltung einer leerlaufenden 420-kV-Leitung unter überhöhter Spannung (540 kV, Schweden)

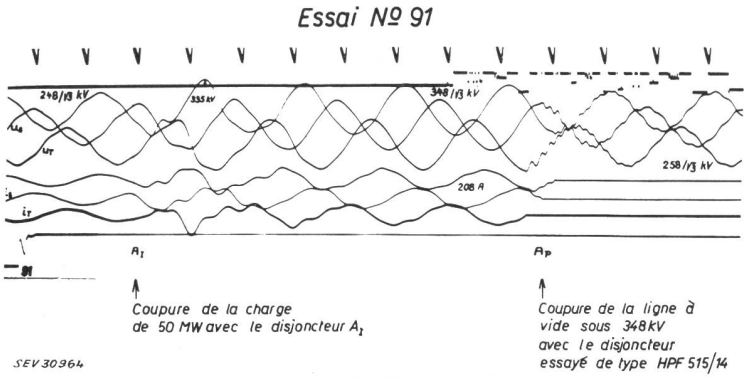


Fig. 11
Oszillogramm einer 220-kV-Leitungsabschaltung nach Lastabwurf bei 330 kV

untersuchte Schalter war bei der CESI in Mailand aufgestellt und schaltete eine Netzspannung von 257 kV.

Unter der Leitung der FKH in Mettlen wurden zahlreiche Versuche durchgeführt. Zu der Erhöhung der Beanspruchung auf einem 245-kV-Schalter der Reihe

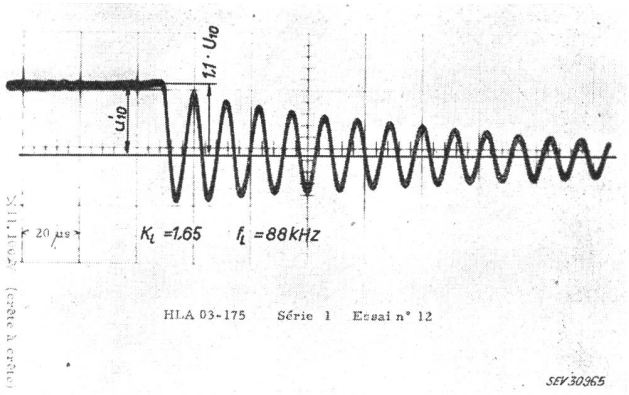


Fig. 12
Oszillogramm des leitungsseitigen Spannungsanstieges beim Abstandskurzschluss
Aufgenommen in Fontenay (Frankreich)

HPF wurden 2 von 6 Schaltstellen kurzgeschlossen. In allen Fällen, d. h. Leistungslängen bis 500 km, konnte damit die verkettete Spannung von 250 kV rückzündungsfrei geschaltet werden.

Ein interessantes Oszillogramm zeigt Fig. 10. Es handelt sich um dreiphasige Netzversuche nach einem schwedischen Pflichtenheft. Eine etwa 500 km lange Leitung wurde unter 540 kV verketteter Spannung erfolgreich abgeschaltet. Zwei dieser 420-kV-Schalter-Gruppen stehen nun im Betrieb, und zwar mit kapazitiver Steuerung.

Ein besonderer Schaltfall wurde auf der Verbindung Maggia-Oberhasli durchgeführt. Es ist dies der erste eingehende Versuch, wo Lastabwurf und Leerabschaltung kombiniert wurden. Da die Beherrschung von Spannungserhöhungen bis 380 kV infolge der schwachen Speisung und der hohen Belastung durch lange Kabelstrecken verlangt worden war, wurde ein Schaltertyp HPF 500 mit 8 Unterbrechungsstellen eingesetzt. Die dreiphasigen Versuche ergaben gute Übereinstimmung der Spannungserhöhung mit den Berechnungen (Fig. 11). Alle Schaltungen erfolgten rückzündungsfrei.

Bezüglich des Abschaltens von Kurzschlussströmen sei auf 2 Beispiele hingewiesen, 21,8 kA in Fontenay mit dem Schaltertyp MFO entsprechend 8300 MVA, 220 kV, und 27 kA an der KEMA mit dem Schaltertyp HPF in der Schaltfolge 0 – CO, d. h. 12 000 MVA bei 260 kV. Die erstaunliche Eigenfrequenzsicherheit wird dadurch unterstrichen, dass auf diesem Schalter die volle Abschaltleistung mit 16 kHz erreicht wurde.

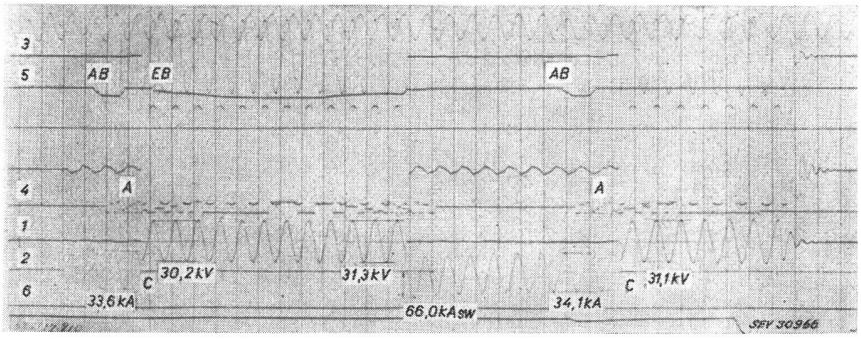


Fig. 13
Oszillogramm eines O-CO-Kurzschlusses bei erhöhter Leistung

HPF 500, 1 Schaltelement
Aus—Ein—Aus-Versuch in der KEMA
A Kontakttrennung; *C* Lichtbogenlöschung; *AB* Ausschaltbefehl; *EB* Einschaltbefehl; *1* wiederkehrende Spannung; *2* Kurzschlußstrom; *3* Lichtbogenspannung; *4* Kontaktrohrbewegung; *5* Spulenstrom; *6* Manometer

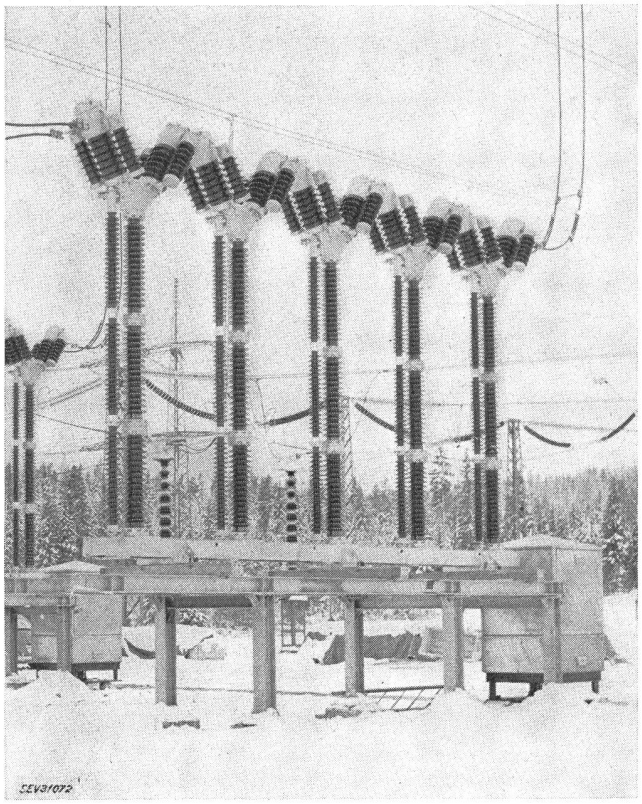


Fig. 14
Ölarmer Schalter mit Vielfachunterbrechung für 420 kV in Schweden

Die erwähnte Sicherheit liess erwarten, dass die Versuche für den Schaltfall des Abstandskurzschlusses günstig verlaufen würden. Beide erwähnten Typen haben dies für eine Sammelschienenkurzschlussleistung von 10 000 MVA bestätigt. Fig. 12 zeigt die hochfrequente Einschwingspannung während einer O – CO Schaltfolge dieser Leistung mit 0,5...3 km Leitung in Fontenay. Im Gegensatz zu den meist veröffentlichten Prinzipskizzen kann aus diesem schönen Oszillogramm die Abrundung der «Sägezähne» deutlich festgestellt werden.

Auch die Abschaltung eines induktiven Stromkreises von 90 A wurde erprobt. Dank dem Parallelwiderstand beträgt die Überspannung nur 1,6.

Als letztes Oszillogrammbeispiel sei Fig. 13 angeführt. Es ist dies eine 0 – CO Schaltung aus einer Versuchsserie mit Strömen von 34 kA. Dieser schwierige Schaltfall wurde weit über der normalen Abschaltleistung durchgeführt und zeigt, dass der ölarme Schalter diesbezüglich auch zukünftigen Forderungen gerecht werden kann.

8. Schlussbemerkungen

Die neuen Typen von Freiluftschaltern in ölarmer Bauart weisen für Höchstspannungen Mehrfachunterbrechung und ein Abschaltvermögen bei 245 kV von 10 000...12 000 MVA auf. Gleichzeitig ist es gelungen, auf die wichtigen Forderungen der Rückzündungsfreiheit, der Eigenfrequenzsicherheit und der Prüfbarkeit Rücksicht zu nehmen. Dem Problem der wiederkehrenden Spannungen, hohe Eigenfrequenz und Abstandskurzschluss bei allen Leistungstufen, kommt hierin eine besondere Bedeutung zu, da in den letzten Jahren festgestellt wurde, dass die tatsächlichen Netzverhältnisse bei allen Kurzschlussleistungen wesentlich strenger sein können, als dies auf Grund der Vorschriften und Normen bisher angenommen wurde. Die Lichtbogenlöschung in Flüssigkeiten hat diesbezüglich hervorragende Eigenschaften. Die durch die Vielfachunterbrechung herbeigeführte Horizontalbauweise passt sehr gut zum modernen Konzept des Schaltanlagenbaues mit Pantographentrennern und oben angeordneten Sammelschienen.

Als erfreulich darf unterstrichen werden, dass es der Schweizer Industrie gelungen ist, wie bereits beim ersten ölarmen 420-kV-Schalter, auch diesmal bei den ersten 245- und 420-kV-Schaltern der Vielfachunterbrechungstypenreihe eine Pionierleistung zu vollbringen. Schalter der gezeigten Typenreihe sind seit einiger Zeit im In- und Ausland im Betrieb (Fig. 14).

Adresse des Autors:
A. W. Roth, dipl. Ingenieur, Direktor der Sprecher & Schuh AG, Aarau.

Les disjoncteurs à air comprimé et à gaz

Conférence donnée à l'Assemblée de discussion de l'ASE, les 30 et 31 janvier 1962 à Zurich,
par *R. Petitpierre*, Baden

621.316.57.064.45—742

Les disjoncteurs d'extérieur à air comprimé ont révélé des qualités évidentes dès le début de leur production industrielle. Les travaux de recherche poursuivis en Suisse dans ce domaine depuis une trentaine d'années ont élevé ces appareils à un haut niveau de qualité et de performances. Les expériences faites avec les disjoncteurs actuels de fabrication courante sont décrits. Une nouvelle construction conçue pour des pouvoirs de coupure très élevés est présentée. Quelques considérations sur le disjoncteur à hexafluorure de soufre établissent la situation actuelle dans le domaine plus général du disjoncteur à gaz.

Druckluftschalter für Freiluft zeigten schon am Anfang ihrer industriellen Erzeugung hervorragende Eigenschaften. Seit etwa 30 Jahren wurden in der Schweiz bedeutende Entwicklungsarbeiten in diesem Gebiet durchgeführt, dank welchen solche Apparate einen hohen Qualitätsgrad erhalten haben und die höchsten Ansprüche erfüllen. Die Erfahrungen mit den heutigen Schaltern aus laufender Fabrikation werden beschrieben. Eine neue Ausführung für sehr hohe Ausschaltleistung wird erwähnt. Mit einigen Betrachtungen über den SF_6-Schalter wird die heutige Lage im allgemeinen Gebiet des Druckgasschalters festgelegt.

1. Aperçu historique

Les premiers travaux de recherche de grande envergure entrepris en Suisse dans le domaine du disjoncteur pneumatique datent d'il y a une trentaine d'années. Des appareils moyenne tension ont été réalisés tout d'abord, appréciés pour leur pouvoir de coupure élevé et l'abandon de tout élément liquide à proximité de l'arc. Des essais systématiques ont permis alors de mettre au point un dispositif d'interruption très simple. Son principe (fig. 1) n'a cessé de