Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 53 (1962)

Heft: 10

Artikel: Ölarme Schalter für Innenraumanlagen

Autor: Marty, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916939

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: 06.01.2026

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

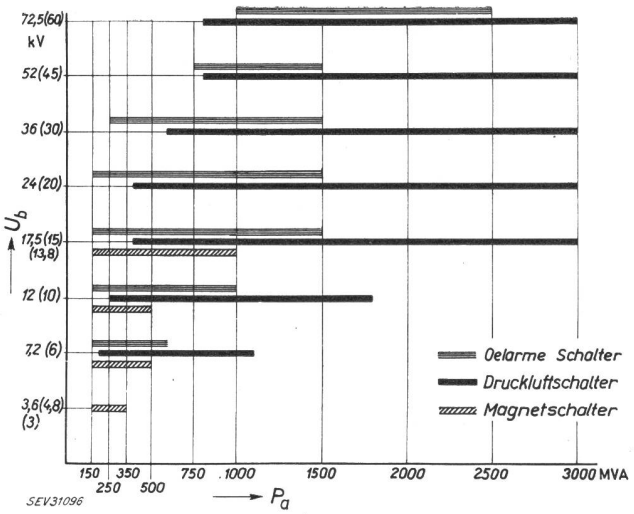


Fig. 24
Übersicht der verfügbaren Schaltertypen unter Berücksichtigung ihrer Betriebsspannung U_b und Ausschaltleistung P_a

gnet- und Druckluftschaltern nicht durchsetzen. Innerhalb der Gruppe der Magnet- und Druckluftschalter wird sich die Wahl eher nach der Preisfrage richten. In Stationen mit einer grösseren Anzahl von Schaltern und höheren Spannungen wird der Druckluftschalter nach wie vor der bevorzugte Typ sein.

Fig. 24 gibt eine Übersicht über die verfügbaren Typen der verschiedenen Schalterarten unter Berücksichtigung ihrer Nenndaten. Die Magnetschalter sind auf die Spannungen 3...17,5 höchstens 24 kV mit Ausschaltleistungen bis 500, höchstens 1000 MVA, begrenzt. Die ölarmen und Druckluftschalter überdecken sich auf einem grösseren Bereich. Die Vorherrschaft des Druckluftschalters ist im Gebiet grosser und grösster Ausschaltleistungen klar ersichtlich.

Die fortschreitende Entwicklung und das ständige Wachsen der Übertragungs- und Verteilnetze haben die Wechselstrom-Leistungsschalter zu wichtigsten Gliedern in der Energieversorgung gemacht. Ihre Bedeutung wird zukünftig durch die steigenden Kraftwerkleistungen und damit der Kurzschlussleistungen erheblich zunehmen.

Adresse des Autors:
J. Schneider, dipl. Ingenieur, AG Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

Ölarme Schalter für Innenraumanlagen

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 30. und 31. Januar 1962 in Zürich,
von G. Marty, Zürich
621.316.57.064.25-744

Nach einem kurzen geschichtlichen Rückblick wird auf das Prinzip der Lichtbogenlöschung beim ölarmen Schalter für Mittelspannungen näher eingetreten. Es werden anschliessend Konstruktionen und Schaltverhalten moderner Schalter schweizerischer Provenienz beschrieben und gezeigt, dass der ölarme Hochspannungsschalter ein betriebssicherer, einfacher Apparat ist, der alle auftretenden Schaltfälle einwandfrei beherrscht.

Après un bref historique, l'auteur expose plus en détail le principe du soufflage des arcs dans des disjoncteurs à faible volume d'huile, pour moyennes tensions. Il décrit ensuite la construction et le comportement en service de disjoncteurs de fabrication suisse et montre que le disjoncteur à faible volume d'huile est un appareil simple et sûr, qui fonctionne impeccablement dans tous les cas qui peuvent se présenter.

In der Schweiz werden Mittelspannungsanlagen üblicherweise als Innenraumanlagen gebaut, während für höhere Spannungen im allgemeinen die Freiluftausführung gewählt wird. Basierend auf diese grobe spannungsmässige Abgrenzung der beiden Bauarten von Hochspannungsanlagen beschränken sich die folgenden Ausführungen auf das Gebiet der Mittelspannungsschalter.

Verfolgt man die Geschichte des ölarmen Schalters rückwärts, so lässt sich feststellen, dass diese Schalterart heute rund 60 Jahre alt ist. Die Entwicklung begann mit dem von *Ferranti* und *Rice* knapp vor der Jahrhundertwende karzipierten sog. Topfschalter. Dieser Schalter wies schon alle Kennzeichen des ölarmen Schalters auf, nämlich die durch Luftstrecken erreichte Isolation des Schaltelementes gegen Erde und die geringe Ölmenge, die gerade nur jenes Quantum Öl vorsah, das für den eigentlichen Löschvorgang notwendig war.

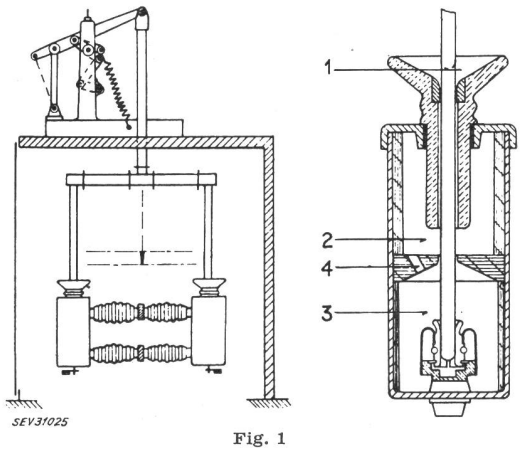


Fig. 1
Topfschalter (1904...1908)
1 Stellung «Aus» des Schalters; *2* Pufferkammer mit Luftpolster; *3* Druckkammer (ölgefüllt); *4* Öffnung zur Druckbegrenzung

Der Topfschalter wurde bei der Maschinenfabrik Oerlikon 1904 eingeführt (Fig. 1). Der das Kontaktsystem enthaltende Topf bestand ursprünglich aus einem einzigen Raum, der jedoch nach kurzer Zeit unterteilt wurde in zwei Kammern, wovon die untere ölgefüllte die eigentliche Druckkammer war und die obere als Pufferkammer mit Luftpolster wirkte. Verbunden waren beide durch eine Öffnung, durch welche eine Druckbegrenzung der untern Kammer erreicht wurde.

Die Ausführung eines solchen Schalters für eine Nennspannung von 20 kV und einen Nennstrom von 600 A zeigt Fig. 2. Trotz der Serieschaltung von zwei Unterbrechungsstellen pro Pol ist die mit 60 MVA angegebene Schaltleistung, die einem Abschaltstrom von 1700 A entspricht, äusserst bescheiden. Dieser Schaltertyp wurde bis in die zwanziger Jahre hinein gebaut. Abgelöst wurde er durch den Kesselölschalter. Der Hauptgrund für den Übergang zum Kesselölschalter dürfte darin zu suchen sein, dass sich bei diesem die konstruktiven Probleme, die sich bei der Weiterent-

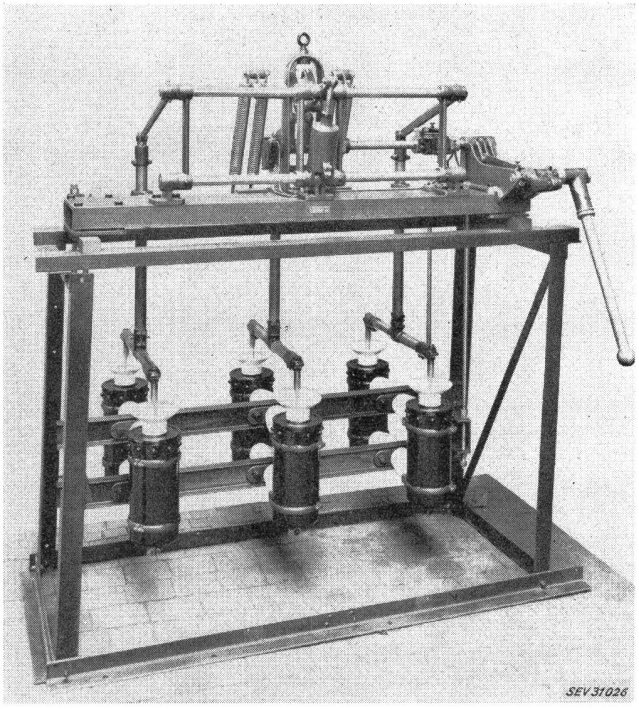


Fig. 2
Ausführung eines Topfschalters, Typ ZO 20
Nennspannung 20 kV; Nennstrom 300 A; Ausschaltleistung 60 MVA

wicklung zu höheren Schaltleistungen stellten, leichter bewältigen liessen. Die Situation im Schalterbau wurde noch erschwert durch die im damaligen Zeitpunkt sehr begrenzten Versuchsmöglichkeiten und -einrichtungen. Alle diese Umstände begünstigten die Entwicklung des Kesselölschalters, der in der Folge als Innenraumschalter seine Blütezeit erlebte.

Die Erstellung leistungsfähiger Schalterprüfanlagen in den folgenden Jahren ermöglichte es, genauere Kenntnisse über den Lichtbogen, sein Verhalten und seine Löschung zu gewinnen. Die vorzüglichen Resultate, die mit Öl als Löschmittel erhalten wurden, führten zum Bau einer Reihe von ölarmen Schaltern. Diese in den vierziger Jahren auf den Markt gebrachten Innenraumschalter waren ihrer Konzeption nach schon recht moderne Apparate. Sie verfügten über nachweisbare Abschaltleistungen, die auch in den heutigen Verteilanlagen in der Mehrzahl der Fälle genügen. Die Schalter wurden für Wandmontage gebaut und ihre Hauptanschlüsse waren so disponiert, dass eine geradlinige, vertikale Führung der Leiter in der Zelle möglich war. Die Lichtbogenlöschung erfolgte in einer Löschkammer, die durch umfangreiche Versuche bestimmt worden war. Ein Vertreter aus dieser Zeit ist der in Fig. 3 wiedergegebene Schalter mit einer Schaltleistung von 400 MVA bei 20 kV, was einem Kurzschlußstrom von 11,5 kA entspricht.

Vom modernen Hochspannungsschalter wird verlangt, dass er alle vorkommenden Schaltfälle sicher beherrscht. Dazu gehört zum Schalten von normalen Betriebsströmen auch dasjenige stark induktiver und kapizitiver Stromkreise, wie sie z. B. von leerlaufenden Transformatoren und Kabelnetzen, sowie von Kondensatorenbatterien gebildet werden. Von grösster Bedeutung ist jedoch ein einwandfreies Verhalten im Kurzschlussfall. Der Schalter muss imstande sein, auf einen bestehenden Kurzschluss einzuschalten und den Kurzschlußstrom sofort wieder zu unterbrechen. Bei Schnellwiedereinschaltung wird verlangt, dass er den Schaltzyklus Aus—Ein—Aus bei seiner vollen garantierten Abschaltleistung beherrscht.

Seine Hauptverwendung findet der Mittelspannungsschalter in Verteilanlagen der öffentlichen oder privaten Energieversorgung. Die in solchen Anlagen vom Schalter geforderten Schaltleistungen liegen in der Mehrzahl der Fälle bei 300...400 MVA für 16-kV-Anlagen. Leistungen von 700 bis 800 MVA werden praktisch nicht überschritten. Wesentlich höhere Werte bezüglich Abschaltleistungen und Nennströme können z. B. bei Generatorschaltern auftreten, doch stehen diese Schalter umfangmässig im Hintergrund.

Von betrieblicher Seite wird weiter vom Schalter gefordert, dass er betriebssicher ist, und dass er bei möglichst langen Revisionsintervallen möglichst kurze Revisionszeiten aufweist. Alle diese Bedingungen werden am besten durch einen einfachen Apparat, wie ihn der ölarme Schalter darstellt, erfüllt.

Die Fortschritte im Bau ölarmer Schalter, die zu den heutigen modernen Konstruktionen geführt haben, sind zu einem wesentlichen Teil der Kunststofftechnik zu verdanken. Während dem Schalterkonstrukteur noch vor 15 Jahren für die Lösung seiner Isolationsprobleme im Schalterbau im wesentlichen Porzellan und Hartpapier zur Verfügung standen, sieht er sich heute einer ganzen Reihe von Isolierstoffen mit vorzüglichen Eigenschaften gegenüber. Diese Materialien, zusammen mit der vermehrten Kenntnis des Löschvorganges, haben den Fortschritt im Schalterbau ergeben.

Als anschauliche Illustration dazu diene der Vergleich der Abmessungen zwischen einem Schalter

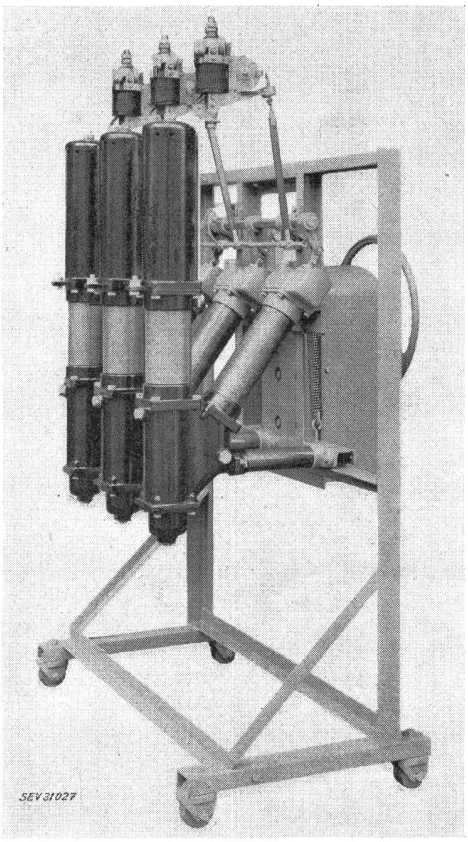


Fig. 3
Ölarmer Schalter Typ V 6.6
Nennspannung 20 kV; Nennstrom 600 A; Nennausschaltleistung 400 MVA

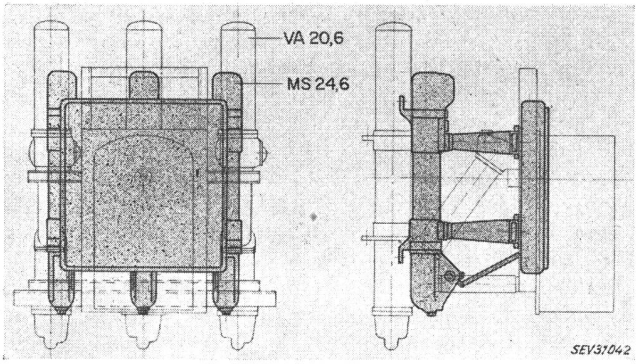


Fig. 4
Grössenvergleich ölarmer Schalter
Baujahre 1947...1961

Baujahr 1947 und einem neuen des Baujahres 1961 (Fig. 4). Beide Schalter haben genau die gleichen Daten, sie sind ausgelegt für eine Nennspannung von 24 kV, einen Nennstrom von 600 A und eine Nennausschaltleistung von 400 MVA. Der Platzgewinn geht aus der Figur hervor, die Gewichtsreduktion beträgt mit 55 % mehr als die Hälfte, und die Ölmenge in den drei Polen verringert sich von 21 kg auf 7,8 kg.

Weit im Vordergrund in ihrer Bedeutung für den Schalterbau stehen auf dem Kunststoffgebiet die Giessharze. Die Eigenschaften, die diesen Harzen zu ihrer breiten Anwendung geholfen haben, sind ihre leichte Formbarkeit durch Giessen, die gute Masshaltigkeit, ferner die mechanischen Eigenschaften und dabei vor allem die gegenüber dem Porzellan wesentlich höher liegende Schlagbiegefestigkeit. Von den elektrischen Eigenschaften ist das Verhalten von Giessharzteilen im Lichtbogen bemerkenswert, indem solche Teile der enormen thermischen Beanspruchung in vorzüglicher Weise standhalten, wie dies in Versuchen nachgewiesen wurde.

Ein weiteres Anwendungsgebiet im Schalterbau vor allem ölarmer Schalter haben die glasfaserverstärkten Giessharze gefunden, indem sie als Löschkammerrohre, Druck- oder Entlastungszylinder und Abstützzylinder eingesetzt werden können. Glasfaserarmierte Rohre besitzen ausserordenlich hohe Festigkeitswerte; so halten beispielsweise solche Rohre bei einem Durchmesser von 80 mm und einer Wandstärke von 4 mm einen Prüfdruck von 250 kg/cm² aus.

Ein weiteres gegebenes Anwendungsgebiet für glasfaserarmierte Giessharze sind Schaltstangen, Auslösegestänge und so weiter, wo vor allem die grosse Schlagbiegefestigkeit sowie die hohe Feuchtigkeitsunempfindlichkeit sich vorteilhaft auswirken.

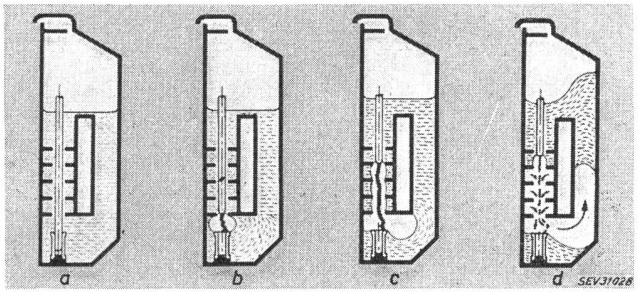


Fig. 5
Phasen des Löschvorganges bei Axialblasung
Bezeichnungen siehe im Text

Nach diesem kurzen Abstecher in das Gebiet der Kunststoffe sei nun auf die Konzeption, Konstruktion und die Eigenschaften heutiger ölarmer Schalter näher eingetreten.

Für die Löschung des Lichtbogens im ölarmen Schalter stehen heute verschiedene Kammersysteme zur Verfügung. Die einfachste konstruktive Lösung ist eine starre Kammer, die auf weitere Hilfsmittel wie Einspritzpumpen und Widerstände sowie mitlaufende Düsen und so weiter für die Lichtbogenlöschung verzichten kann. Je nach Art ihrer Entlüftung unterscheidet man zwischen Axial- und Querblaskammern. Der Löschvorgang in einem ölarmen Schalter mit Axialbeblasung des Lichtbogens, wie er von der Sprecher & Schuh AG gebaut wird, lässt sich in drei Hauptphasen einteilen, die an Hand der Fig. 5 erläutert seien. In Fig. 5 a befindet sich der Schalter in der Einschaltstellung, der Schaltstift steckt im festen Kontakt. Im Moment der Kontakttrennung bildet sich ein Lichtbogen, der das Öl erhitzt und verdampft. Die Gasblase kann sich ungehindert vergrössern, da das verdrängte Öl eine Ausweichmöglichkeit durch das Parallelrohr hat (Fig. 5 b). In einer zweiten Phase wird nun durch das Weiterbewegen des Schaltstiftes der Lichtbogen in die eigentliche Löschkammer hineingezogen (Fig. 5 c). Die Löschkammer baut sich auf aus einer Anzahl Teilkammern, die durch den Schaltstift praktisch unter sich abgeschlossen werden. Das durch den Lichtbogen in der Löschkammer erzeugte Gas hat nur eine beschränkte Ausdehnungsmöglichkeit, und es kommt zum Aufbau eines hohen Druckes in den Kammern. Geht der Strom nun gegen seinen Nulldurchgang, so sinkt damit die Energiezufuhr des Bogens. Das Druckgleichgewicht, das zwischen Gasblase und Bogen besteht, wird gestört, und die sich ausdehnende Gasblase reisst Ölpartikel mit sich. Dieses Gas-Ölgemisch dringt in den Lichtbogenraum ein, und es kommt zu einer wirksamen Strömung

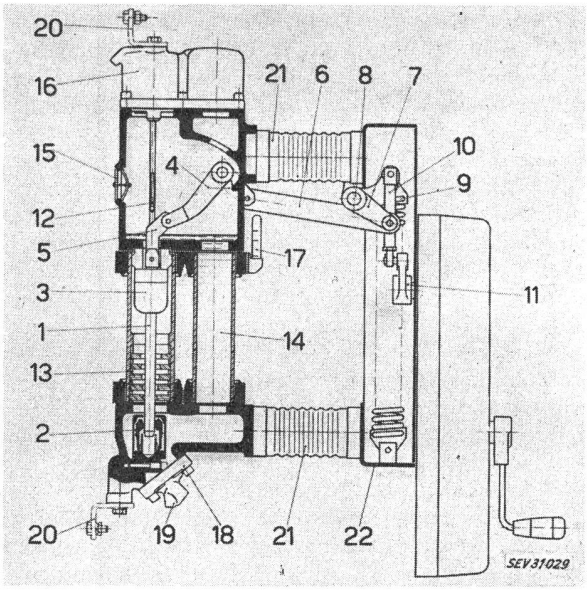


Fig. 6
Ölstrahlschalter in Stützerbauweise
1 Schaltrohr; *2* fester Kontakt; *3* Gleitkontakt; *4* Schalthebel; *5* Schaltlasche; *6* Zugstange *7* Antriebshebel; *8* Zwischenwelle; *9* Ausschaltfeder; *10* Kuppelstange; *11* Federantrieb; *12* Bremskolben; *13* Löschkammer; *14* Parallelrohr; *15* Sicherheitsmembrane; *16* Ölabscheider; *17* Ölstands-Schauglas; *18* unterer Gehäusedeckel; *19* Ölablasshahn; *20* Schalteranschlüsse; *21* Stützisolatoren; *22* Chassis

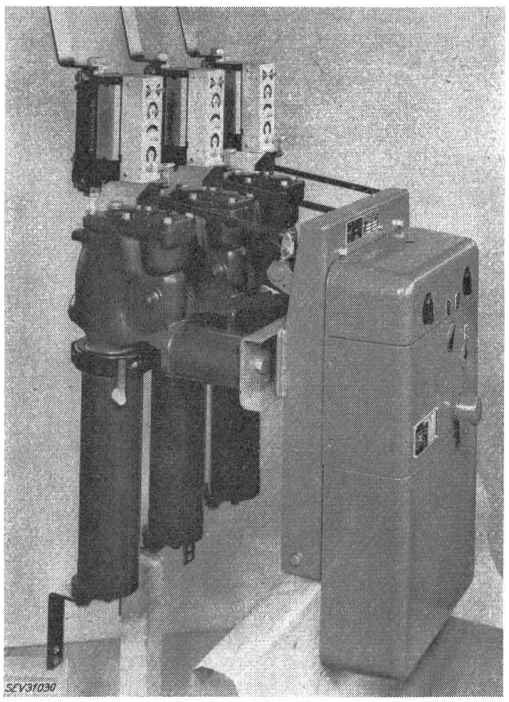


Fig. 7
Ölstrahlschalter, Typ HP 204b mit Motorfederantrieb FK 1—20, ausgerüstet mit kombinierten Hauptstromauslösern Typ MUT 1
Nennspannung 12 kV; Nennstrom 630 A; Nennausschaltleistung 150 MVA; Ausschaltzeit 0.05...0.06 s; Ölinhalt pro Pol 1,7 Lit.

in axialer Richtung gegen den festen Kontakt (Fig. 5 d). Die dadurch bewirkte Kühlung des Lichtbogenraumes verhindert ein Wiederzünden des Lichtbogens, und damit ist die Ausschaltung vollzogen. Eine konstruktive Lösung nach diesem Prinzip ist in Fig. 6 gegeben, die einen Schnitt durch einen Mittelspannungsschalter mit Axialkammer der Sprecher & Schuh AG zeigt. Die wesentlichsten Teile sind die Löschkammer *13*, der feste Kontakt *2*, der bewegliche Kontakt *1* und das Parallelrohr *14*. Der parallel zur Löschkammer notwendige Durchströmquerschnitt für Öl und Gas kann natürlich auch rund um die Löschkammer herum vorgesehen werden. In Fig. 7 ist ein Schalter dieser Bauart der gleichen Firma wiedergegeben. Es handelt sich um einen Schalter für eine Nennspannung von 12 kV,

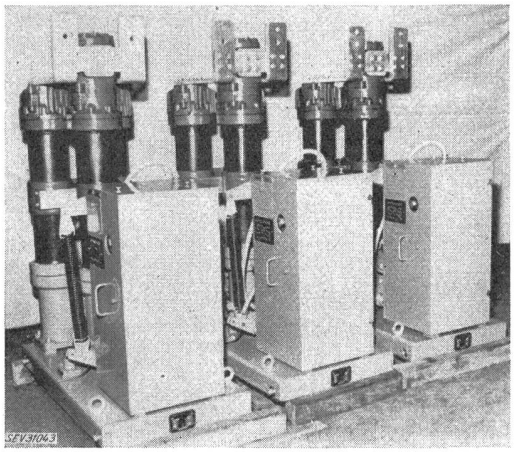


Fig. 8
Ölstrahlschalter Typ HP 6g
Nennspannung 24 kV; Nennstrom 6000 A; Nennausschaltleistung 1500 MVA

einen Nennstrom von 630 A und eine Nennausschaltleistung von 150 MVA. Bemerkenswert an dieser Konstruktion ist die frei nach unten hängende Löscheinrichtung.

Die bisher gezeigten Schalter verwenden eine reine Axialbeblasung des Lichtbogens. Bei den im Folgenden beschriebenen Schaltern ist die Löschung gekennzeichnet durch eine Querbeblasung des Lichtbogens, wobei entweder die Querbeblasung allein oder mit einer axialen Beblasung kombiniert die Löschung übernimmt. Diese Lösung wird von der Maschinenfabrik Oerlikon, Sprecher und Schuh und auch von der AG Brown Boveri & Cie. angewandt, indem dieselbe im Laufe der Zeit von der reinen Axialbeblasung ebenfalls auf eine kombinierte Beblasung übergegangen ist. Fig. 8 zeigt einen ölarmen Schalter für einen Nennstrom von 6000 A und eine Ausschaltleistung von 1500 MVA bei 24 kV. Der Schalter ist ausgerüstet mit Einzelpolantrieben.

Bei der sehr einfachen Kammer (Fig. 9), wie sie von der Maschinenfabrik Oerlikon z. B. für ihre VS-Schalterreihe verwendet wird, sind die seitlichen Entlüftungsschlitze und die gegenüberliegenden Öltaschen so ausgebildet, dass die den Lichtbogen quer durchdringende Strömung eine wirksame Kühlung desselben bewirkt. Bei grossen Strömen erfolgt die Löschung des Lichtbogens ausserordentlich schnell, bei kleinen Strömen ist sie jedoch zu wenig wirksam, für diesen Strombereich wird daher die Axialbeblasung eingesetzt. Die Löschkammer wurde deswegen nur in ihrem oberen Teil mit Querentlüftungen versehen, während der untere Teil einen rein axial entlüfteten Kammerteil darstellt. Bei grossen Strömen erfolgt die Löschung des Lichtbogens bereits bevor der Schaltstift den seitlich entlüfteten Teil verlässt, während bei kleineren Strömen der Lichtbogen bis in den unteren axialen Kammerteil verlängert und dort gelöscht wird.

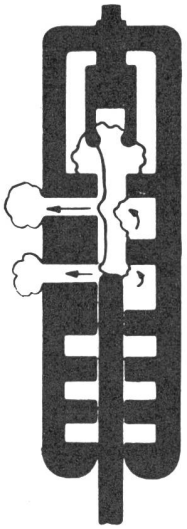


Fig. 9
Löschkammer mit Querentlüftung

Der Aufbau eines Schalterpoles mit einem solchen Löschsystem geht aus Fig. 10 hervor. Der aktive Teil umfasst das Kontaktsystem mit dem festen Kontakt *3* und dem Schaltstift *5* sowie die Löschkammer *4* mit ihrem quer- und längsentlüfteten Teil. Die Strombahn geht vom obern Anschluss *2* über den festen Kontakt, den Schaltstift und die Rollenkontakte *7* zum untern Anschluss *6*. Durch die ovale Form des Schaltkörpers war es möglich, den Gasabzugkanal unterzubringen, ohne die durch den eigentlichen Löschkammerteil bedingte Polbreite vergrössern zu müssen. Der ganze Schalterkörper mit Löschkammer und Gasabzug ist aus Giessharz gegossen, wobei die Metallflanschen an den beiden Stirnseiten durch Eingiessen mit dem Schalterkörper öldicht verbunden sind. Ebenso sind alle anderen Isolierteile wie der horizontale Stützer und das schräge Isolierrohr mit der Isolierstange aus Giessharz.

Fig. 11 zeigt einen Vertreter dieser Schalterreihe, die für Schaltleistungen bis 1000 MVA gebaut wird. Fig. 12

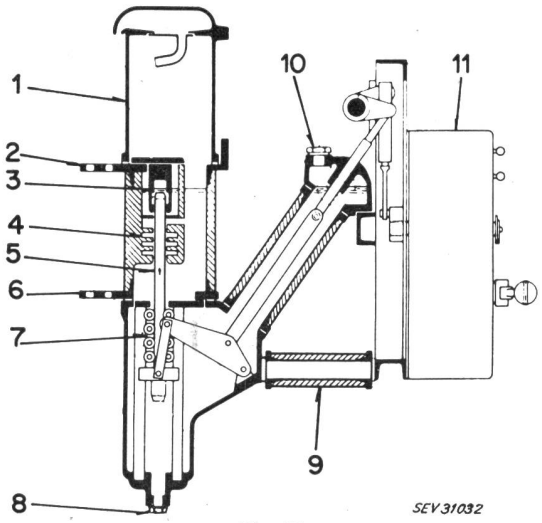


Fig. 10
Ölarmer Schalter, Typ VS

1 Gasabzug; *2* oberer Anschluss; *3* fester Kontakt; *4* Löschkammer; *5* Schaltstift; *6* unterer Anschluss; *7* Rollenkontakt; *8* Ölablaßschraube; *9* Stützisolator; *10* Öleinfüllschraube; *11* Federantrieb

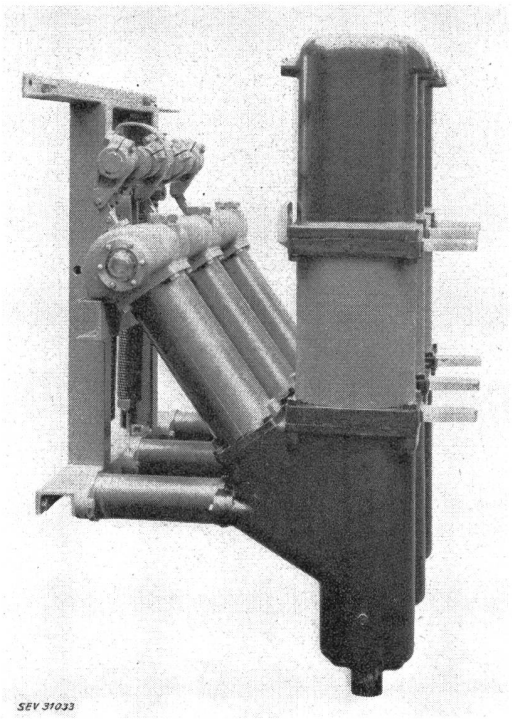


Fig. 11
Ölarmer Schalter, Typ VS 10.12
Nennspannung 12 kV; Nennstrom 1250 A; Nennausschaltleistung 500 MVA

gibt das Oszillogramm einer Ein—Aus-Schaltung mit dem obigen Schalter wieder. Die geschaltete dreiphasige Kurzschlussleistung betrug dabei 510 MVA. Die Vertikale AB im Oszillogramm gibt den Moment der Kontaktberührung und gleichzeitig den Beginn des Stromflusses wieder. Die Vertikale *C* zeigt den Moment der Kontakttrennung, D_1 den Löschmoment der erstlöschenden Phase und D_2 denjenigen der letztlöschenden beiden Phasen. Die Lichtbogendauer ist damit ausserordentlich kurz und beträgt für die letztlöschenden Phasen etwa 12 ms. Der beim Einschalten in der Phase S auftretende Einschaltstrom erreicht einen Amplitudenwert von 94 kA.

Eine reine Querbeblasung des Lichtbogens kennzeichnet das Löschsystem des in Fig. 13 gezeigten Schalters. Ein weiteres Merkmal ist das Fehlen einer Verbindung zwischen dem untern und dem obern Polraum, die beiden Räume sind nur über die Schaltstiftbohrung der Löschkammer miteinander in Kontakt. Im Folgenden sei auf den Aufbau dieses Schalters und sein Schaltverhalten etwas näher eingetreten.

Tragelement des gesamten Poles ist der Schalterrohrkörper, der über die Stützer *9* auf dem als Tragkonstruktion ausgebildeten Antrieb *10* befestigt ist. Das Rohr ist aus glasfaserverstärktem Giessharz und enthält die Löschkammer *4*, den als Tulpenkontakt ausgebildeten festen Kontakt *3* und den sich beim Ausschalten nach unten bewegenden Schaltstift *5*. Die Stromabnahme vom bewegten Schaltstift geschieht auch hier durch einen Rollenkontakt *6*. Ein besonderes Augenmerk wurde bei der Konzeption des Schalters auf leichte Revidierbarkeit gerichtet. So lassen sich der feste Kontakt sowie die Löschkammereinlagen nach Abschrauben der Haube ausbauen, ebenso der Schaltstift, ohne dass die Schalteranschlüsse gelöst werden müssen.

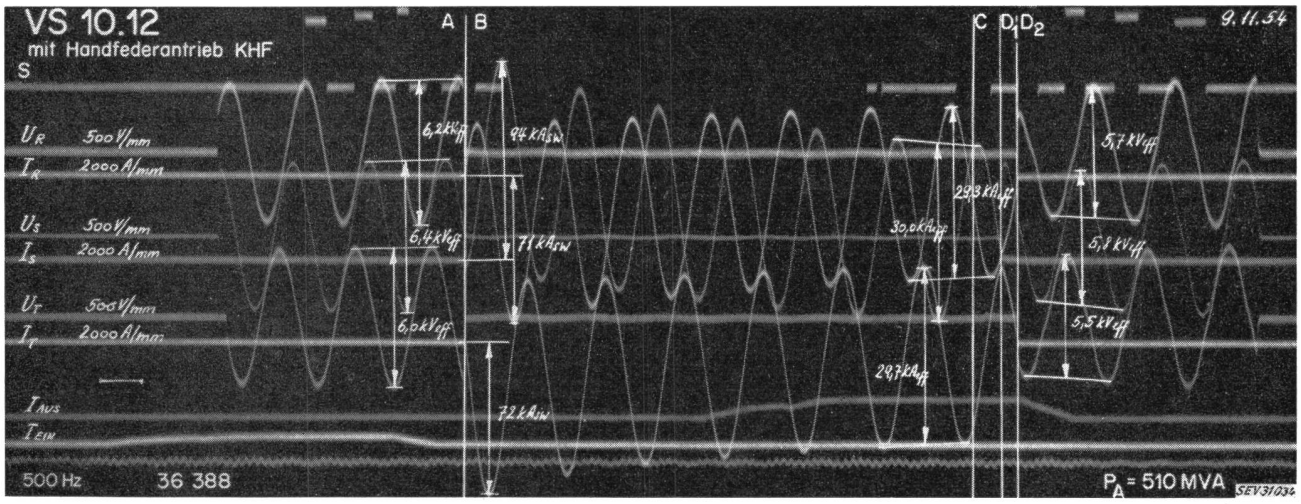


Fig. 12
Oszillogramm einer Ein-Aus-Schaltung mit ölarmem Schalter, Typ VS 10.12

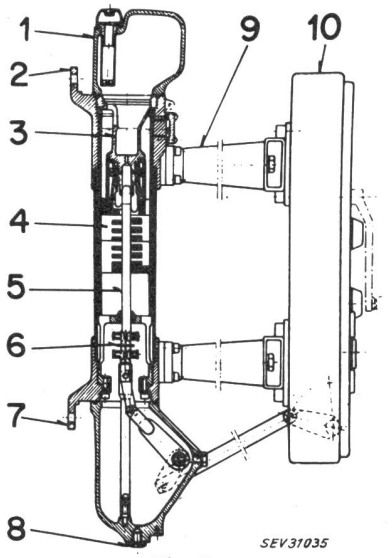


Fig. 13
Ölarmer Schalter, Typ MS
1 Schalterhaube; *2* oberer Anschluss; *3* fester Kontakt; *4* Löschkammer; *5* Schaltstift; *6* Rollenkontakt; *7* unterer Kontakt; *8* Ölablaßschraube; *9* Stützer; *10* Federantrieb

Die Löschung der Kurzschlußströme geschieht in analoger Weise, wie sie weiter oben beim VS-Schalter bereits beschrieben wurde. Hinzu kommt bei dieser Löschkammer ein neuer Effekt, indem der sich nach unten bewegende Schaltstift eine seinem Volumen entsprechende Menge Öl verdrängt. Dieses Öl wird aus dem Polunterteil heraus in die Löschkammer hineingepresst. Die Wirkung dieser zusätzlichen Strömung ist vor allem bei den kleinen Strömen zu erkennen. Durch sie konnte das sog. kritische Stromgebiet, das ein Kennzeichen der mit einer selbsterzeugten Löschmittelströmung und ohne weitere Hilfsmittel zur Löschung arbeitenden Schaltertypen ist, praktisch vollständig unterdrückt werden. Ebenso wurde durch diese Einspritzung ein rückzündungsfreies Schalten kapazitiver Ströme erreicht.

Dieser Schalter wurde in der KEMA einer umfangreichen Prüfung unterzogen. Das Versuchsprogramm umfasste dabei Kurzschlußschaltungen und Schaltversuche mit Kondensatorbatterien.

Fig. 14 zeigt das Oszillogramm einer Schnellwiedereinschaltung des Schalters bei einem dreipoligen Kurzschluss mit einer Kurzschlußleistung von rund 400 MVA. Das Oszillogramm zeigt den Verlauf der drei Ströme und der drei Spannungen über den Schalterpolen. Die erste mit *C* bezeichnete Vertikale im Oszillogramm bezeichnet den Moment der Kontakttrennung und *D* den Moment der Lichtbogenlöschung der beiden letztlöschenden Phasen der ersten Abschaltung. Im Zeitpunkt *G* erfolgt die Erregung des Einschaltmagneten, was in *B* zur Kontaktberührung und zum Wiederauftreten der Kurzschlußströme führt. Im Moment *H* wird der Ausschaltmagnet für die zweite Ausschaltung erregt, *C* hält wieder den Moment der Kontakttrennung und *D* denjenigen der Löschung fest. Die Ausschaltzeiten liegen mit 0,072 s und 0,075 s unterhalb von vier Perioden. Weitere Versuche im Gebiet der kleinen Ströme zeigten, dass der Schalter auch in diesem Strombereich sehr kurze Lichtbogenzeiten hat, und dass ein eigentliches kritisches Stromgebiet nicht existiert. Fig. 15 gibt eine Zusammenstellung der bei der Prüfung gemessenen Lichtbogendauern auf dem Schalter MS 24.6 bei einer Spannung von 24 kV wieder. Die aufgetragenen Werte sind dabei diejenigen der letztlöschenden Phasen. Aus der Aufstellung geht hervor, dass auch im Bereich kleiner Ströme die Lichtbogendauer eine Periode, d. h. zwei Halbwellen, nicht überschreitet, und dass im Gebiet der Kurzschlußströme die Dauer auf eine bis eineinhalb Halbwellen zurückgeht.

Für den Schalter bedeutet eine kurze Lichtbogendauer einen geringen Abbrand der ihm unterworfenen Teile und damit grössere Revisionsintervalle. Alle

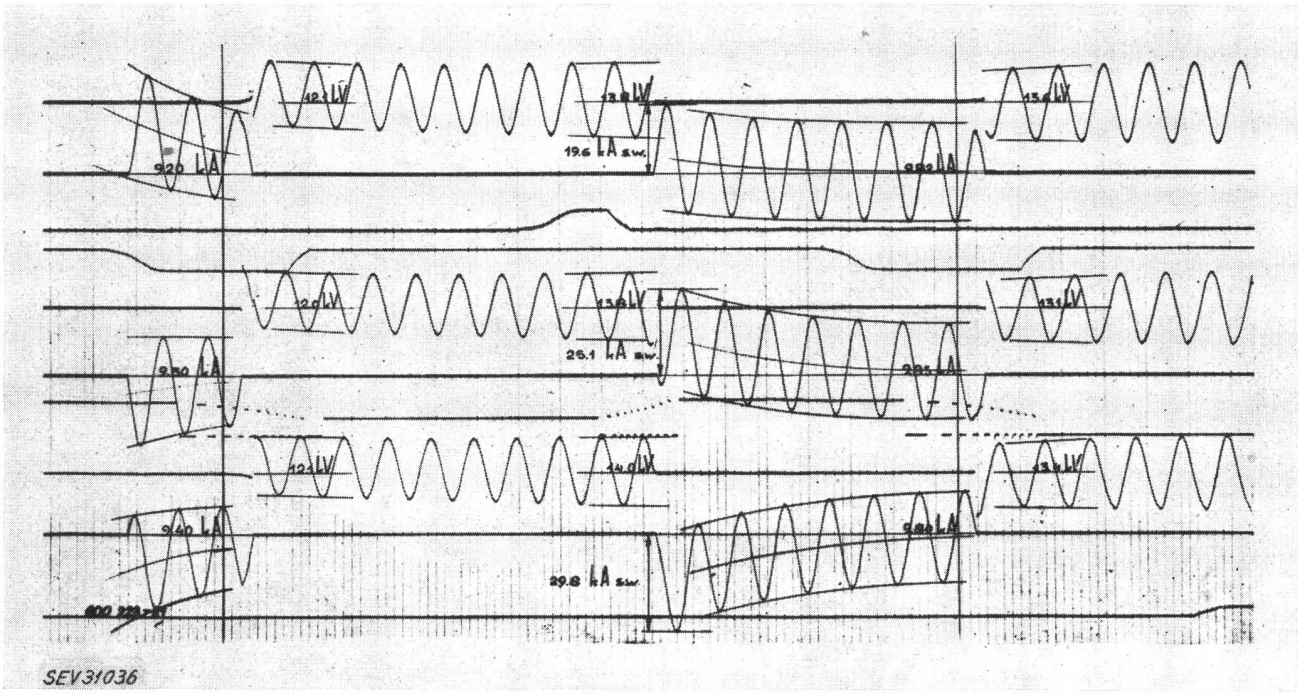


Fig. 14
Oszillogramm einer Schnellwiedereinschaltung mit dem ölarmen Schalter Typ MS 24.6

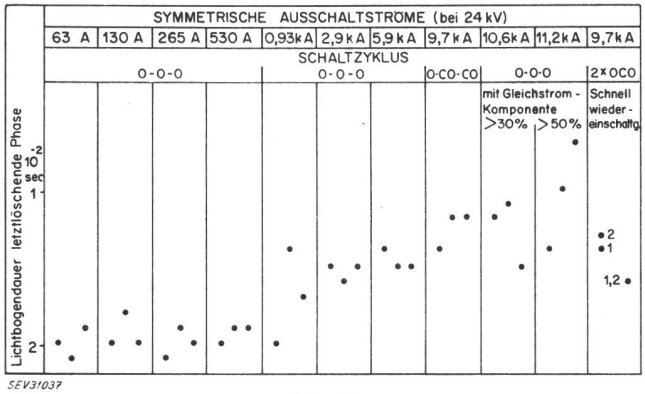
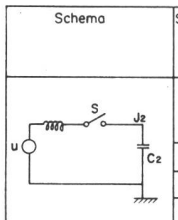
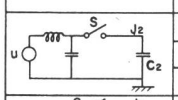
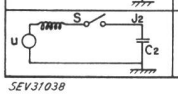


Fig. 15
Lichtbogendauer des ölarmen Schalters, Typ MS 24.6

Kurzschlussversuche wurden mit Eigenfrequenzen der wiederkehrenden Spannung von 4600...10 400 Hz durchgeführt. Erwartungsgemäss wurde auch bei hohen Eigenfrequenzen keine Abnahme des Schaltvermögens festgestellt.

Der stets zunehmende Bau von Kabelnetzen und Kondensatorbatterien gab dazu Anlass, den Schalter MS auch bezüglich Schaltens kapazitiver Kreise zu prüfen. Die durchgeführten Prüfungen sind in Fig. 16 zusammengefasst. Jede Versuchsserie umfasste zwölf Ein — Aus-Schaltungen, wobei zwischen dem Moment der Kontaktberührung und der Kontakttrennung eine Zeitspanne von etwa 0,25 s gelegt wurde, um das Abklingen des transienten Vorganges abzuwarten. Weiter wurde bei den Versuchsserien 1...4 und 8 der Ausschaltimpuls von Versuch zu Versuch um 30° (elektrisch) verschoben, dasselbe wurde bei den Serien *5...7* mit dem Einschaltimpuls gemacht. Bei den dreiphasigen Versuchen war der Batteriesternpunkt geerdet. Die einphasigen Versuche wurden mit 21 kV durchgeführt, was der 1,5fachen Phasenspannung entspricht. Weiter war bei den Versuchsserien 1...7 der Prüfkreis für eine dreiphasige Kurzschlussleistung von 400 MVA ausgelegt, entsprechend der Nennausschaltleistung des geprüften Schalters, während für die Serie *8* die Prüfkreisdaten einer Kurzschlussleistung von 22 MVA entsprachen. Die Prüfzyklen *1...4* und *8* wiesen neben den geschalteten Batterien keine nennenswerten Kapazitäten im Prüfkreis auf, im Gegensatz zu den Zyklen *5...7*, wo ein Teil der Kondensatorbatterie sich dauernd im Prüfkreis befand. Der Fall des Schaltens von Teilbatterien ist vor allem beim Einschalten von

Schema	Serie-Nr.	Kurzschluss-leistung 3-phasig	Anzahl Phasen	Kapazitätswerte pro Phase C_1 µF	C_2 µF	Spannung U kV	Lade-strom I A
	1	400	3 Batteriestern-punkt geerdet	-	12	24 verkettet	65
	2	400	1	-	12	21	105
	3	400	1	-	24	21	210
	4	400	1	-	36	21	300
	5	400	1	27	9	21	84
	6	400	1	9	27	21	200
	7	400	1	18	18	21	150
	8	22	3 Batteriestern-punkt geerdet	-	12	24 verkettet	70

SEV31038

Fig. 16
Schaltversuche kapazitiver Ströme mit dem ölarmen Schalter, Typ MS

Bedeutung, wo Ausgleichströme auftreten, die bezüglich Amplitude und Frequenz recht beträchtliche Werte annehmen können.

Das ganze Schaltprogramm mit Strömen bis 300 A wurde von einem seriemässigen Schalter MS 24.6 der Maschinenfabrik Oerlikon vollständig rückzündungsfrei geschaltet. Analoge Versuche wurden auch mit den weiter oben gezeigten Schaltertypen von Sprecher & Schuh mit demselben Resultat durchgeführt. Damit hat der ölarme Schalter seine Eignung für das Schalten kapazitiver Kreise unter Beweis gestellt. Zusammen mit seiner Einfachheit wird er als Kondensatorschalter bevorzugt Verwendung finden.

Als Antriebsart für ölarme Schalter für Mittelspannungen haben sich heute die Federantriebe eindeutig durchgesetzt; praktisch verschwunden sind die Handantriebe sowie die Direktantriebe, deren wichtigster Vertreter der Motorantrieb war. Damit hat sich die Situation innert kurzer Zeit wesentlich geändert. Durchgeht man 8...10 Jahre alte Bestellungsstatistiken, so stellt man fest, dass damals auf einen Federantrieb fünf Motorantriebe und zehn Handantriebe kamen. Allen diesen drei Antriebstypen gemeinsam ist die Bereitstellung der Ausschaltenergie in Form gespannter Federn als eine der sichersten Speicherformen. Beim Handantrieb geschieht die Einschaltung des Schalters und das Spannen der Ausschaltfedern durch die menschliche Muskelkraft. Die Gefährdung des Bedienenden beim Einschalten auf einen Kurzschluss und die fehlende Möglichkeit der Fernsteuerung waren Hauptgründe für das Verschwinden dieses Antriebstyps. Die Gründe für den Rückgang des direkt wirkenden Motorantriebes sind vor allem in seinem grossen momentanen Leistungsbedarf und den relativ langen Einschaltzeiten zu suchen. Es verbleibt somit noch der Federantrieb mit Hand- oder Motoraufladung, der nicht nur beim ölarmen Schalter angewendet wird, sondern auch bei andern Schaltertypen, wie zum Beispiel Kesselschalter und Magnetschalter, Verwendung findet.

Vom modernen Antrieb verlangt man neben seiner Betriebssicherheit kurze und konstante Funktionszeiten sowie die Fähigkeit, den Schalter auch auf einen Kurzschluss sicher einschalten zu können. Ebenso soll

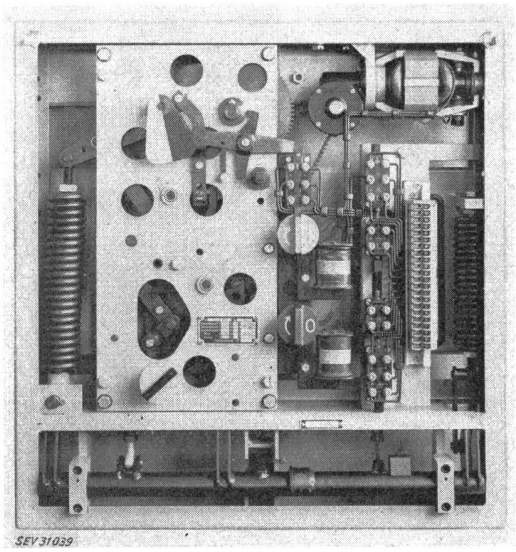


Fig. 17
Federantrieb zu ölarmem Schalter, Typ MS

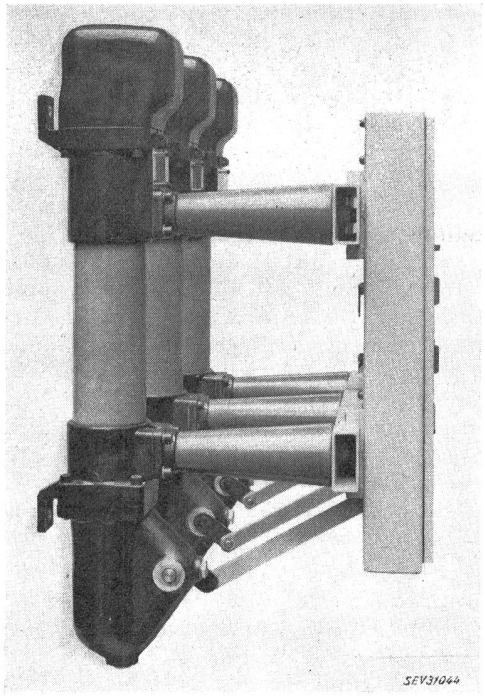


Fig. 18
Ölarmer Schalter Typ MS 24.6 mit Federantrieb
Nennspannung 24 kV; Nennstrom 630 A; Nennausschaltleistung 400 MVA; Ausschaltzeit 0,07 s ± 10 %

er imstande sein, einen Schnellwiedereinschalt-Zyklus ohne Nachladung durchführen zu können.

Ein Beispiel eines modernen Antriebes zeigt Fig. 17. Durch die Disposition aller Elemente in einer Ebene wurde ein äusserst übersichtlicher und flacher Antrieb erhalten. Man erkennt auf dem Bild den Schaltmechanismus mit der Schalterwelle, die Einschaltfeder und die Ausschaltfeder, die Drehknöpfe für die Handbetätigung sowie die Magnete für die elektrische Auslösung. Der Aufzugsmotor ist rechts oben untergebracht. Fig. 18 zeigt den an einem 24-kV-Schalter, Typ MS, angebauten Antrieb.

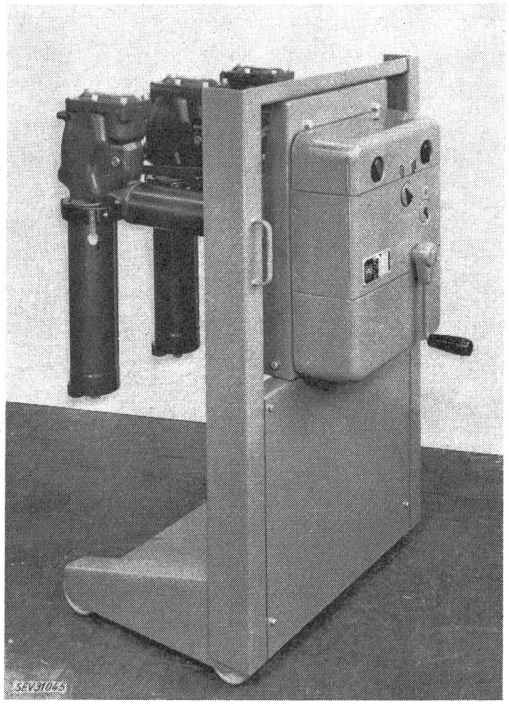


Fig. 19
Ölstrahlschalter Typ HP 206c mit Schalterwagen

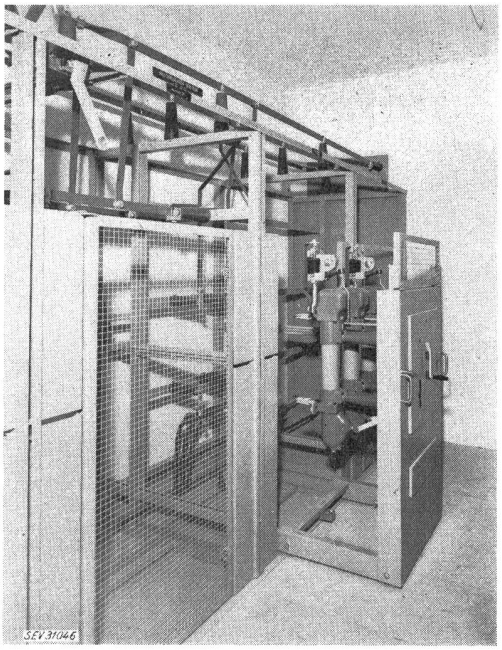


Fig. 20
Ölarmer Schalter Typ MS 24.6 mit Schalterwagen

Mehr als die Hälfte aller Schalter werden heute auf einen Schalterwagen montiert und mit Steckkontakten ausgerüstet. Der Aufbau auf einen Wagen verschafft dem Ersteller einer Anlage in offener Bauweise einige Vorteile wie z. B. die leichtere Montagemöglichkeit, indem der Schalter schon beim Schalterfabrikanten oder dann in der Werkstatt der Anlage montiert und in die Zelle gefahren wird, und in dieser nur noch die elektrischen Verbindungen erstellt werden müssen. Ebenso ist bei Arbeiten in der Zelle dieselbe wesentlich besser zugänglich, wenn der Schalter ausgefahren werden kann.

Durch die Ausrüstung des Schalters mit Steckkontakten kann derselbe auch die Funktion eines Trenners übernehmen. Durch Verriegelungen wird dafür

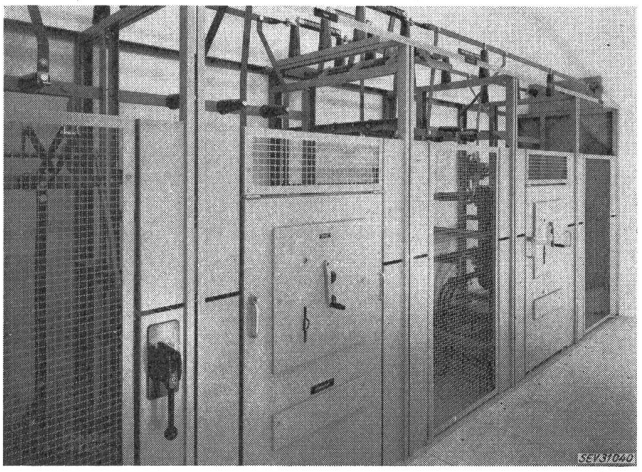


Fig. 21
Schaltanlage in offener Bauweise mit ölarmen Schaltern, Typ MS 24.6

gesorgt, dass ein Ausfahren des Schalters aus seiner Normalstellung nur bei ausgeschaltetem Schalter möglich ist, und dass auch während des ganzen Weges bis in die Trennstellung eine Betätigung des Schalters verhindert wird. Fig. 19 und 20 zeigen Beispiele von auf Schaltwagen montierten Schaltern.

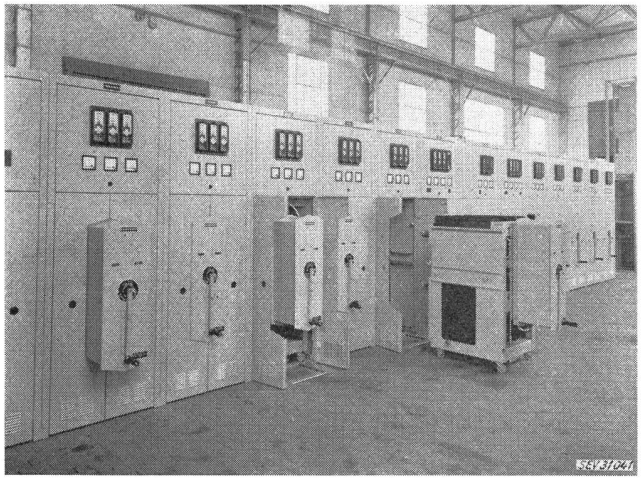


Fig. 22
Gekapselte Schaltanlage mit ölarmen Schaltern

Der ölarme Schalter eignet sich gleichermassen für die Verwendung in Anlagen offener Bauart als auch in gekapselten Anlagen. Fig. 21 gibt einen Ausschnitt einer Anlage in offener Bauweise wieder, ausgerüstet mit Schaltern der Maschinenfabrik Oerlikon. Fig. 22 zeigt eine vollständig gekapselte Anlage, die mit Brown Boveri-Ölarmen Schaltern ausgerüstet ist. Auch hier können die Schalter sehr leicht in eine Betriebs- oder Trennstellung gebracht werden. Ebenfalls ist es auf einfache Weise möglich, z. B. für Revisionszwecke, die Schalter vollständig aus den Feldern herauszuziehen, ohne dass das Betriebspersonal mit spannungführenden Teilen in Berührung kommen kann.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Für den Erbauer von Anlagen bietet sich heute der ölarme Hochspannungsschalter als ein betriebssicherer, einfacher Apparat dar, der alle vorkommenden Schaltfälle einwandfrei beherrscht. Dank seiner Unabhängigkeit von Hilfsbetrieben erlaubt er auf einfachste Weise, bestehende Anlagen umzubauen oder zu erweitern. Besonders geschätzt wird vor allem in Innenraumanlagen seine Geräuschlosigkeit. Dass die Brandgefahr beim ölarmen Schalter praktisch nicht mehr vorhanden ist, hat die Praxis gezeigt, und damit beigetragen zur grossen heutigen Verbreitung dieser Schalterart.

Adresse des Autors:
G. Marty, Ingenieur der Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich 50.

Trenner, Last- und Leistungstrenner für Innenraumanlagen

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

621.316.545-744

Der Aufsatz zeigt, wie mit Baukastensystemen aus einheitlichen Elementen Trenner in vielen Varianten wirtschaftlich gebaut werden können. Die Tendenz nach raumsparenden Konstruktionen geht aus einigen Beispielen hervor. Die beiden heute verbreitetsten Löschsysteme Luft und Hartgas für Lasttrenner werden erläutert und auf Grund ihrer spezifischen Merkmale ihre Anwendung abgegrenzt.

L'auteur indique comment il est possible, à l'aide d'éléments normalisés, de construire économiquement des sectionneurs en multiples variantes. La tendance de créer des constructions toujours plus ramassées est mise en évidence par quelques exemples. Les deux systèmes de soufflage actuellement les plus répandus, à air et à gaz inerte, pour sectionneurs en charge, sont décrits et les limites de leur application sont indiquées en tenant compte de leurs caractéristiques.

Trenner haben die Aufgabe, in einem Leitungszuge eine sichtbare Trennung ohne Kriechweg zwischen Eingang und Ausgang zu ermöglichen. Sie haben also gegenüber andern Apparaten wie Schalter und Wandler eine eher sekundäre Funktion und sollen deshalb entsprechend wenig kosten. Trotzdem wird von ihnen verlangt, dass sie absolut zuverlässig sind und in möglichst vielen Varianten erhältlich, um die Freiheiten der Leitungsführung im Anlagenbau nicht zu beschränken.

Um diesen Wünschen: geringe Kosten, viele Varianten, nachzukommen, werden heute Konstruktionen angestrebt, die es erlauben, in einem Baukastensystem mit wenigen, einfachen Elementen eine Vielzahl von Varianten zu bauen. Variable Grössen und Elemente sind z. B. Spannung, Strom, Antriebe wie Hand-, Druckluft-, Hydraulikantrieb, diese links oder rechts angebaut, Kombination mit Durchführungen, Anbau von Erdmessern, Verriegelungen usw.

Fig. 1 zeigt z. B. einen Trenner für 6000 A. Die Strombahn besteht aus Schienen-Elementen, die je nach Nennstrom in verschiedener Anzahl verwendet werden. In Fig. 2 ist ein 2500-A-Trenner in extrem schmaler Bauweise dargestellt. Der Kontaktdruck wird erst in der geschlossenen Stellung durch einen Klemm-Mechanismus erzeugt, wodurch die Betätigungskraft sehr klein gehalten werden kann. Dadurch ist es möglich, für Trenner von 600 A bis 5000 A das selbe Chassis und den selben Antrieb zu verwenden.

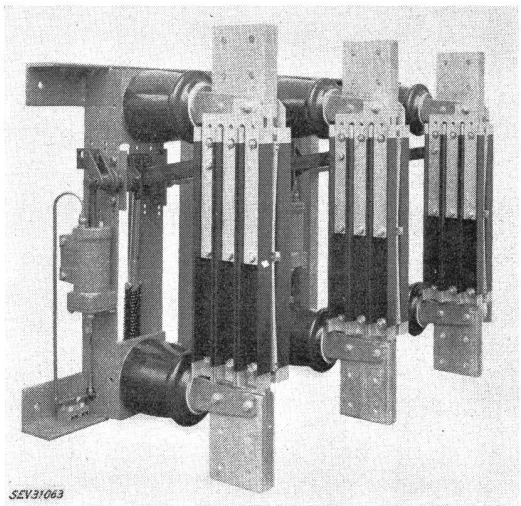


Fig. 1
Trenner, 24 kV, 6000 A