Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 30 (1939)

Heft: 20

Artikel: IV. Teil : Referate von Firmenvertretern : Ueber die Wahl der Schalterart in modernen Hochspannungsanlagen

Autor: Roth, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060882

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: 28.11.2025

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:
Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

ADMINISTRATION:
Zürich, Stauffacherquai 36 ❖ Telephon 5 17 42
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXX. Jahrgang | N° 20 | Mittwoch, 27. September 1939

Schalterfragen.

Bericht über die Diskussionsversammlung des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) vom 26. November 1938, Kursaal Schänzli in Bern.

Fortsetzung des Berichtes von Nr. 14, S. 369.

IV. Teil.
Referate von Firmenvertretern.

Ueber die Wahl der Schalterart in modernen Hochspannungsanlagen.

Von *A. Roth*, Aarau.

621.316.57

Nach einem allgemeinen Ueberblick über die Entwicklung der Schalter werden die Eigenschaften, nach welchen ein Schalter beurteilt werden muss, erörtert: Betriebssicherheit, Einfachheit des Unterhaltes, Abschaltzeit, Form und Abmessungen. Die Art, wie der klassische Oelschalter, der ölarme Schalter und der Druckluftschalter (mit und ohne Kompressor) diesen Bedingungen genügen, wird auseinandergesetzt. Zum Schluss werden allgemeine Richtlinien für die Schalterwahl aufgestellt.

Après un aperçu général de la genèse des interrupteurs, l'auteur expose les qualités que possède un interrupteur: sécurité en service, simplicité d'entretien, durée de coupure, forme et encombrement. Il étudie ensuite comment les différents types d'interrupteurs à bain d'huile, à faible volume d'huile, à air comprimé (avec et sans compresseur) remplissent ces conditions. Finalement, il établit des directives pour le choix du type d'interrupteur.

Wir erinnern uns alle noch an die Zeit, wo der Betriebsleiter, welcher Hochspannungsschalter zu bestellen hatte, ohne weiteres Besinnen Oelschalter verlangte. Er überlegte sich höchstens, ob er einen Oelschalter mit offener Unterbrechung oder einen solchen mit Druckkammern bestellen sollte. Der glückliche Fabrikant seinerseits führte eine einzige Reihe von Apparaten derselben Art, verschieden nur in Nennspannung, Stromstärke und Abschaltvermögen. Wie weit haben wir uns doch von dieser guten alten Zeit entfernt! Heute erhält der arme Betriebsmann alle möglichen Schalter vorgeschlagen, welche nach den verschiedensten Verfahren arbeiten und die verschiedensten Formen aufweisen. Hat er dann seinen Entschluss gefasst, so bleibt ihm oft ein gewisses unbehagliches Gefühl: er fragt sich nämlich, ob er wirklich die richtige Wahl getroffen habe auf einem Gebiet, von dem er in den seltensten Fällen alle Grundlagen kennen kann. Der Fabrikant seinerseits ist genötigt, eine ganze Anzahl von verschiedenen Reihen von Apparaten zu entwickeln, welche alle die vielfältigen Eigenschaften besitzen, die eine entwickelte und raffinierte Technik verlangt. Dass diese Verschiedenheit wirtschaftliche Fabrikation und Lagerhaltung ausserordentlich erschwert, versteht sich von selbst.

Ist nun diese Vielheit der Arten eine Notwendigkeit oder ist sie der Ausdruck einer Entwicklungsperiode, wo ein und dasselbe Problem eine ganze Reihe von baulichen Lösungen findet, weil die Erfahrung des praktischen Betriebes mit seinen so verschieden gearteten Bedingungen die natürliche Auswahl noch nicht gebracht hat? Ich wage nicht, heute schon eine bestimmte Antwort auf diese Frage zu geben. Meine Ueberzeugung ist, dass zwar eine Vereinfachung kommen wird, dass wir aber die gute alte Zeit mit einer einzigen Schalterart nicht mehr wiedersehen werden, es sei denn, dass ein Idealtyp entsteht, welcher die Vorteile aller bestehenden Systeme in sich vereint.

Der beschriebene Zustand liess es mir notwendig erscheinen, die Elemente darzulegen, welche für die Wahl im Einzelfall bestimmend sein müssen. Ich glaube zeigen zu können, dass sich der Erbauer von Anlagen in seiner Wahl kaum täuschen kann, wenn er sich durch einige einfache und natürliche Ueberlegungen leiten lässt. Im übrigen möchte ich ihm die beruhigende Zusicherung geben, dass heute alle Schalter, klassische oder neuzeitliche, insofern sie durch tüchtige Firmen gebaut werden, gegenüber den frühern Fabrikaten eine grosse Vollkommenheit erreicht haben, insbesondere auch vom Gesichtspunkt der Betriebssicherheit aus.

Wenn immer man eine Wahl zu treffen hat, wird man von den Eigenschaften des zu wählenden Gegenstandes ausgehen. Welches sind nun die

Eigenschaften, welche ein Schalter besitzen soll? Ich spreche nicht vom Nennstrom, der Nennspannung, dem Abschaltvermögen, dem Einschaltvermögen und der Prüfspannung, da für den zu wählenden Schalter in allen Fällen diese Grössen, welche übrigens in den Richtlinien des SEV festgelegt sind, vorgeschrieben werden müssen. Die Gesichtspunkte dagegen, unter welchen die verschiedenen Schalterarten sich unterscheiden, können folgendermassen eingeteilt werden:

1. Betriebssicherheit,
2. Einfachheit des Unterhaltes,
3. Abschaltzeit,
4. Form und Abmessungen.

Die *Betriebssicherheit* ist der wichtigste dieser Faktoren. Wer von Betriebssicherheit spricht, denkt an die Sicherheit gegen Explosion beim Abschalten unter Kurzschluss oder Einschalten auf diesen, oder dann an die Gefahr eines Brandes in denselben Fällen. In dieser Beziehung weisen die verschiedenen Schalterarten bedeutende Unterschiede auf. Ich habe aber den Eindruck, dass wir alle etwas zu ausschliesslich *diese* Seite der Frage der Betriebssicherheit ins Auge fassen, und dass wir oft vergessen, dass auch die Möglichkeit und Häufigkeit von «gewöhnlichen» Schalterstörungen eine sehr grosse Bedeutung hat. Eine mechanische Störung, welche das Funktionieren des Apparates im kritischen Moment verhindert, kann gewiss sehr schwere Folgen für den Betrieb zur Folge haben. Nun führt aber ein Apparat um so mehr zu Störungen, je komplizierter er, insbesondere in bezug auf seinen Mechanismus, ist.

Die Fortschritte, welche in Bezug auf Sicherheit gegen Brand und Explosion in den letzten zehn Jahren gemacht worden sind, sind ausserordentlich gross, insbesondere für die neuen Schalterarten, aber auch für den klassischen Typ. Dieser Faktor hat deshalb etwas von seiner Bedeutung verloren, zum mindesten für Schalter, welche an Orten eingebaut werden, wo die Energiekonzentration klein ist (gekennzeichnet durch Abschaltleistungen in der Grössenordnung 100 MVA). Man wird daher jedem der beiden Faktoren, Brand- und Explosionssicherheit bei Kurzschluss einerseits, und Störungsmöglichkeit im Normalbetrieb anderseits, sein Gewicht geben. Es besteht eine gewisse Analogie mit dem heutigen Stand der Technik des Automobilbaues: Fälle von Bränden von Benzinbehältern der Automobile kommen zwar noch vor, sie sind aber so ausserordentlich selten geworden, dass man nur in bestimmten Fällen Verbesserungen in dieser Hinsich annehmen wird, wenn diese Verbesserungen derart sind, dass dadurch die Wahrscheinlichkeit der gewöhnlichen, gefürchteten Panne im Mechanismus erhöht würde.

Die kleinere oder grössere Einfachheit des *Unterhaltes* eines Schalters hat sehr grosse Bedeutung. Gerade in dieser Beziehung weisen die modernen Schalterarten sehr grosse Vorteile auf. Die enormen Oelmengen der Höchstspannungsapparate des klassischen Typs (4600 Liter pro Pol 150 kV) sind verschwunden oder auf ein Minimum verringert (einige zehn Liter pro Pol). Die Kontakte, welche unter grossen Kurzschlußstromstärken nur drei Abschaltungen erlaubten, halten heute ein Mehrfaches von 10 Abschaltungen aus, ohne dass Nacharbeiten oder Ersatz notwendig wäre.

Die Verkleinerung der *Unterbrechungszeit* kann grosse Bedeutung für Apparate von 50 und mehr kV Nennspannung haben. Schnelle Schalter, mit besonders schnellen Relais oder sogar mit Vorrichtungen für schnelles Wiedereinschalten nach Unterbrechen eines Kurzschlusses versehen, können das manchmal bei Kurzschluss eintretende gefürchtete Auseinanderfallen von Netzen, welche eine Vielheit an Kraftwerken aufweisen, verhindern. Die modernen Typen mit ihren leichten bewegten Teilen und ihrem sorgfältigen mechanischen Aufbau stellen auch in dieser Hinsicht einen grossen Fortschritt dar. Ich muss allerdings bemerken, dass sich in dieser Hinsicht in den letzten Jahren eine Sucht nach Uebertreibung geltend macht. Man sollte sich immer vor Augen halten, dass die Steigerung der Abschaltgeschwindigkeit schwierige mechanische Probleme stellt, welche bei noch so sorgfältiger Lösung den Apparat empfindlicher machen. Man wird deshalb darauf verzichten, die Schnellschaltung in Fällen vorzusehen, wo sie keinen Nutzen bringt. Es ist z. B. nicht interessant, die Abschaltzeit eines Schalters unter $^1/_{10}$ s zu senken, wenn das Relais, welches die Abschaltung steuert, schon mehrere Zehntelsekunden gebraucht, um den Vorgang auszulösen. Solche Fälle erinnern an denjenigen, welcher seine Sonntagsausflüge oder seine Geschäftsreisen in einem Rennwagen ausführt.

Die *Form der Apparate kann grossen Einfluss* auf die Disposition der ganzen Anlage haben. Die modernen Schalterarten für Innenraum sind fast alle in einer einzigen Ebene angeordnet, mit Stromeintritt oben und Austritt unten oder umgekehrt. Der Bau dieser Apparate ist im übrigen bestechend durch seine Logik: Währenddem nämlich die Abmessungen der Pole des klassischen Types mit steigender Spannung in allen 3 Raumdimensionen wuchsen, vergrössern sich die Pole der modernen Schalter mit steigender Spannung nur noch in einer Richtung. Ihr Durchmesser ist unabhängig von der Spannung und im grossen ganzen nur noch bedingt durch die Abschaltstromstärke.

Nachdem so die Eigenschaften festgestellt sind, nach welchen ein Schalter beurteilt werden soll, will ich dazu übergehen, die verschiedenen Schalterarten aufzuführen und sie in Hinsicht auf diese Eigenschaften besprechen. Dabei kann die Bedeutung jeder dieser Eigenschaften verschieden sein, je nach dem Anwendungsgebiet der Apparate.

Fig. 1 zeigt einen *Lastschalter*, der als kompressorloser Druckluftschalter ausgebildet ist. Solche Schalter besitzen ein begrenztes Abschaltvermögen von der Grössenanordnung ihres Nennstromes, d. h. von einigen 100 A. Sie können also für sich allein keine Kurzschlüsse abschalten. Sie sind vor allem in 10- und 20-kV-Netzen verbreitet, werden aber bis 60 kV verwendet. Der als Luftschalter gebaute Lastschalter besitzt eine absolute Sicherheit gegen Brand oder Explosion. Sein einfacher Mechanismus und die Tatsache, dass die Druckluft durch einen

einfachen Kolben erzeugt wird, welcher seinerseits durch eine Feder angetrieben wird, geben ihm eine ausserordentlich grosse mechanische Sicherheit, welche beinahe diejenige eines gewöhnlichen Trenners erreicht. Er kann in irgend einer Lage ein-

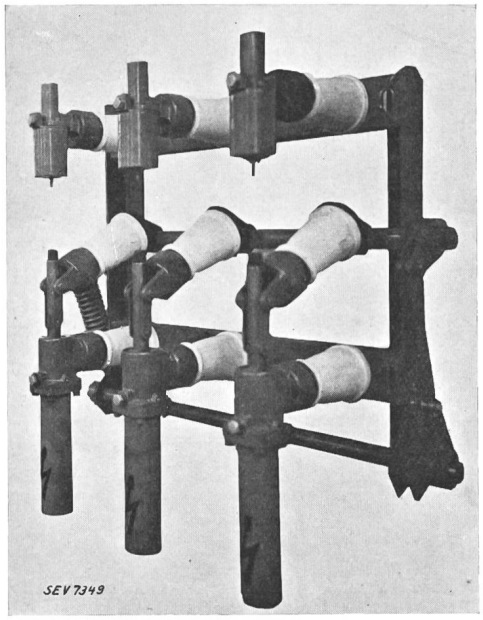

Fig. 1.
Lastschalter 10 kV, 350 A

gebaut werden, was die Disposition der Schaltanlage ausserordentlich erleichtert. Ich füge noch bei, dass das Abschaltvermögen dieser Apparate weitgehend von der Eigenfrequenz des zu unterbrechenden Stromkreises abhängt. Es empfiehlt sich deshalb, das Abschaltvermögen für den prak-

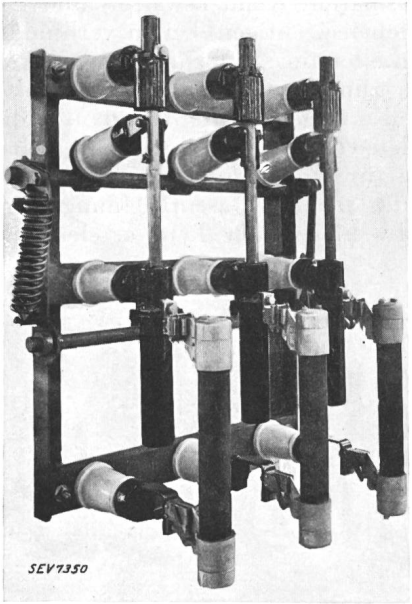

Fig. 2.
Lastschalter 10 kW, mit Hochleistungssicherungen 60 A, 250 MVA.

tisch ungünstigsten Fall anzugeben; für andere Fälle ist es dann naturgemäss höher. Fig. 2 zeigt denselben Apparat, mit Hochleistungssicherungen ausgerüstet. In dieser Form kann er dann den gewöhnlichen Hochspannungsschalter ersetzen an Orten, wo Kurzschlüsse selten auftreten, das Auswechseln der Sicherungen also in Kauf genommen werden kann. Fig. 3 zeigt dieselbe Kombination mit Zeitauslösern ausgerüstet; diese veranlassen die Auslösung bei Ueberlast mit der diesen Relais innewohnenden Genauigkeit, während in dem ausnahms-

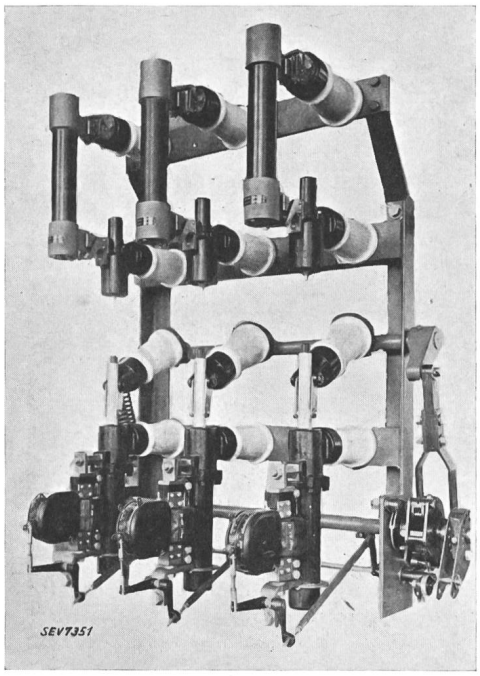

Fig. 3.
Lastschalter 10 kV, mit Hochleistungssicherungen und Ueberstromzeitauslösern 10 A.

weisen Fall eines Kurzschlusses wieder die Hochleistungssicherungen durchgehen, lange bevor die Kontakte des Schalters sich getrennt haben. Die

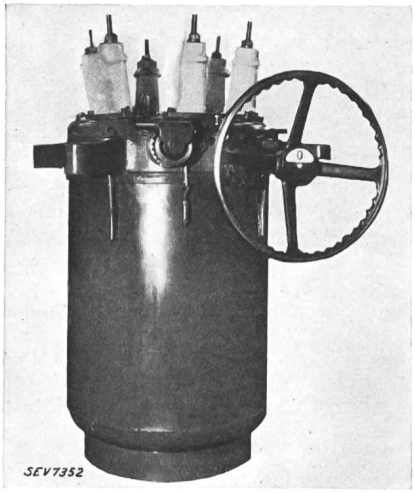

Fig. 4.
Oelschalter 10 kV, 350 A, 200 MVA.

Verwendung dieser Druckluftschalter beschränkt sich auf Innenraum.

Fig. 4 zeigt den *klassischen Oelschalter*. Ich glaube nicht, dass für Spannungen von 10 und 20 kV dieser Schalter bald verschwinden wird. Er hat auch heute noch seine Daseinsberechtigung an Orten, wo die Zahl der Schalter klein und die Abschaltleistung nicht sehr hoch (100 . . . 200 MVA) ist.

Es ist richtig, dass die Möglichkeit von Explosion oder Brand mit diesen Schaltern nicht absolut auszuschliessen ist; die Verbesserungen, welche im Bau dieser Apparate erreicht worden sind, haben diese aber ausserordentlich vermindert und auf

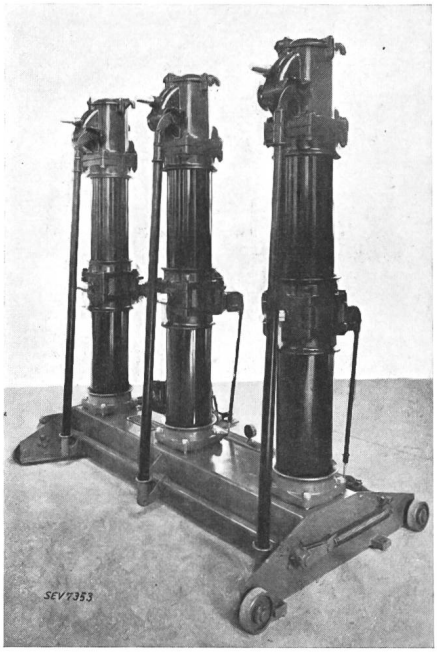

Fig. 5.
Oelstrahlschalter 50 kV, 600 A, 750 MVA, für Innenraum.

den Fall mechanischer Störungen beschränkt. Dagegen sind diese Schalter von einer so grossen mechanischen Einfachheit, dass Störungen im Normalbetrieb fast ausgeschlossen sind. Ihr Nachteil besteht in den Aufwendungen für den Unterhalt des

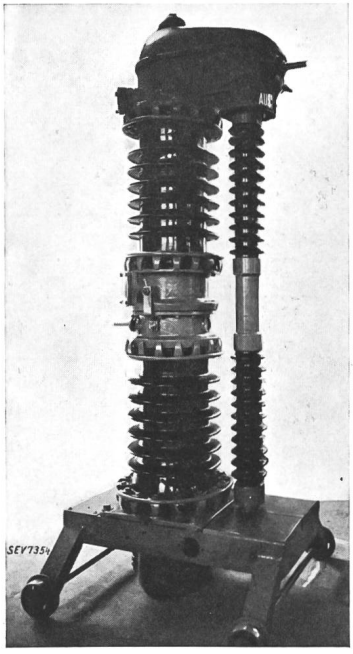

Fig. 6.
Oelstrahlschalter 50 kV, 600 A, 750 MVA, für Freiluft.

Oeles. Wenn dieser für 10- und 20-kV-Apparate, mit ihren 100 und 230 Liter Oel, besonders auch an Orten wo Schaltungen wenig häufig sind, annehmbar ist, so wird er untragbar für Apparate hoher Spannung (50 t Oel für 220 kV!) und für solche Schalter, welche häufig im Kurzschluss oder bei Nennstrom schalten, d. h. wo das Oel rasch verrusst, um so mehr als bei diesen Schaltern auch die Kontakte nach verhältnismässig wenigen Schaltun-

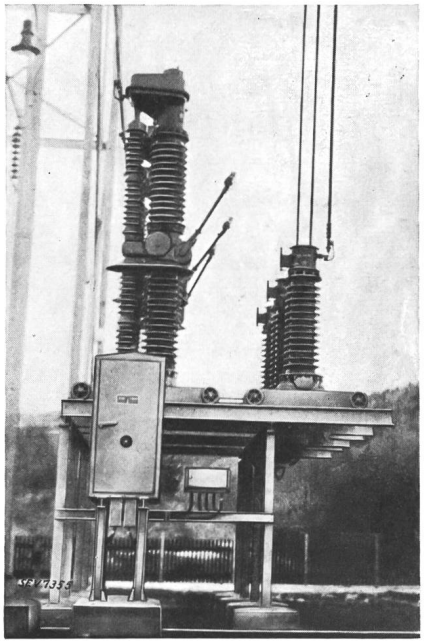

Fig. 7.
Oelstrahlschalter 150 kV, 600 A, 1250 MVA, für Freiluft.

gen ersetzt werden müssen. Die Abschaltzeit der klassischen Schalter ist verhältnismässig lang ($^{11...14}/_{100}$ s für 10 kV, $^{30}/_{100}$ s für 220 kV); für die angegebene Verwendung in kleinen Stationen ist dies aber ohne jede Bedeutung. Die Form dieser Apparate bedingt die Anordnung der Leiter in der Schaltanlage in zwei Ebenen. Die Schalter des klassischen Typs sind für Verwendung im Freien ausserordentlich geeignet, da ihre Oelisolation Kondenswasser- und Eisbildung an den lebenswichtigen Teilen verhindert.

Die Schwierigkeiten im Unterhalt der Oelkonservierung haben zum Bau der *ölarmen Schalter* geführt. Fig. 5 und 6 zeigen als Representanten dieser Schalterart den Oelstrahlschalter. Diese Schalter werden heute für alle Spannungen von 30 kV an aufwärts gebaut. Da ihre Gasentwicklung kaum $^1/_{20}$ derjenigen des klassischen Typs erreicht, ihr

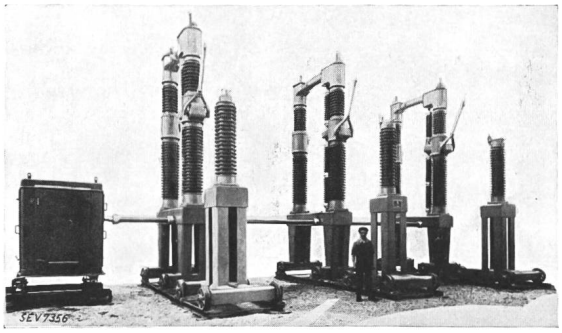

Fig. 8
Oelstrahlschalter 220 kV, 600 A, 2500 MVA, für Freiluft (Delle).

Oelinhalt ausserordentlich gering ist (Apparat Fig. 5 18 Liter pro Pol), ist die Sicherheit dieser Schalter in bezug auf Brand und Explosion ausserordentlich gross. Die Einfachheit ihrer mechani-

schen Konstruktion, und infolgedessen ihre Betriebssischerheit im Normalbetrieb wird nur durch den klassischen Oelschalter erreicht. Dagegen sind sie dem Oelschalter in bezug auf Kontaktabbrand und Unterhalt des Oeles weit überlegen. Die kleine Masse der bewegten Teile erlaubt, die für Schnell-

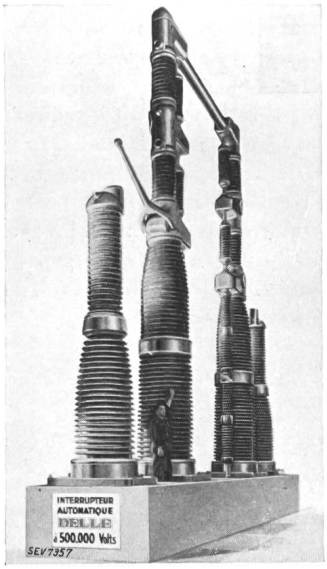

Fig. 9.
Oelstrahlschalter 500 kV, 500 A, 5000 MVA, für Freiluft (Delle).

abschaltung geforderten Abschaltzeiten zu erreichen. Dank der Verwendung des Oeles als Isolation ist der ölarme Schalter für Freiluft mit ihren Gefahren von Feuchtigkeit und Kondenswasser ganz besonders geeignet. Da sich der Preis dieser Apparate demjenigen des klassischen Typs nähert, darf

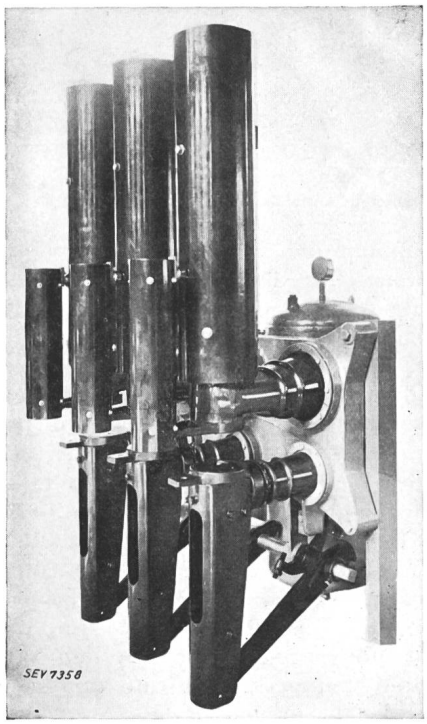

Fig. 10.
Druckluftschalter 10 kV, 600 A, 275 MVA, 5 kg/cm².

ruhig behauptet werden, dass letzterer keine Daseinsberechtigung mehr hat für Schalter über 30 kV. Aus diesem Grunde ist er denn auch von sämtlichen Firmen für Spannungen bis zu 220 kV durchgebildet worden. Interessant ist, dass sich die verschiedenen Ausführungsformen, wenigstens äusserlich, gleichen, was ja immer auf einen gewissen Abschluss der Entwicklung hindeutet. Für sehr hohe Spannungen werden diese Apparate mit mechanisch gekuppelten Trennern ausgerüstet (Fig. 7, 8, 9). Es ist aber zu erwarten, dass dieses zusätzliche Sicherheitselement bald verschwinden wird.

Seit 10 Jahren ist in der Verdrängung des Oeles ein weiterer Fortschritt gemacht worden durch Verwendung der *Druckluft* als Löschmittel. Der so entstandene Druckluftschalter vermeidet die Gefahr von Explosion und Brand fast vollständig (Fig. 10 und 11). Dagegen ist zuzugestehen, dass diese Apparate, deren Sicherheit vom einwandfreien Funktionieren von Ventilen einerseits, einer automatischen Kompressoranlage andererseits abhängt, empfindlicher sind als Oelschalter und einen sorgfältigen Unterhalt verlangen. Dieser Unterhalt bietet allerdings einem ausgebildeten und erfahrenen Personal keine allzu grossen Schwierigkeiten. Schwierigkeiten kann die durch die Druck-

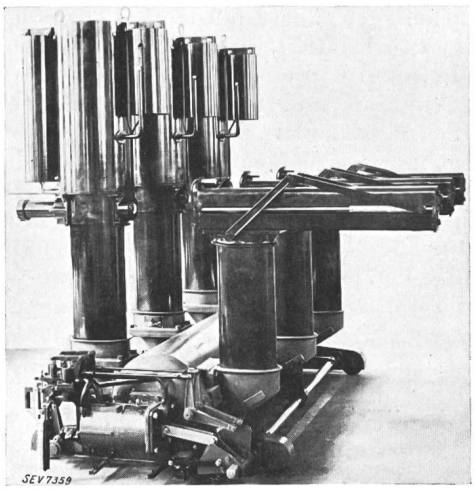

Fig. 11.
Druckluftschalter 50 kV, 600 A, 500 MVA, 4 kg/cm².

luft bedingte Kondenswasserbildung bieten, insbesondere auf der Oberfläche der festen Isolation, aber auch im Mechanismus. Anderseits wird der Unterhalt der Schalter durch die Abwesenheit von Oel sehr erleichtert. Der umständliche Ersatz des Oeles und dessen Filtrieren fallen weg; der Kontaktabbrand ist ausserordentlich gering, nicht nur bei Kurzschluss, sondern auch beim Abschalten vom normalen Strom (Hochspannungsmotoren). Ein weiterer Vorteil besteht in der Sichtbarkeit der Trennstrecke, was wiederum die Wahrscheinlichkeit von Betriebsunfällen verringert. Die kleine Masse und der sorgfältige mechanische Aufbau der bewegten Teile erlauben sehr kleine Schaltzeiten zu erreichen, in den Fällen, wo dies notwendig ist. Auf Grund dieser Eigenschaften ist bei Aufstellung im Innenraum der Druckluftschalter der ideale Apparat für Kraftwerke oder Unterwerke, sofern dort eine grosse Energie-Konzentration auftritt und dieselben über geschultes Personal verfügen, besonders dann, wenn Abschaltungen häufig sind. Für die Verwendung im Freien dagegen ist diese Schalterart viel weniger geeignet; machen sich doch hier

ihre schwachen Seiten bemerkbar (Schwierigkeiten, verursacht durch Kondenswasser und sogar Eisbildung im Mechanismus oder auf dem Kriechwege des Isoliermaterials; Notwendigkeit eines Luftleitungs-Systems; komplizierter Mechanismus), während anderseits die Vorteile, wie Sicherheit gegen Brand, im Freien stark an Bedeutung verlieren. Die Druckluftschalter sind bis 30 kV fast immer in einer Ebene ausgelegt, wie es der modernen Anordnung der Schaltanlagen entspricht.

Ich möchte einige Worte beifügen über die Wahl des in diesen Schaltern verwendeten Luftdruckes. Wohl ist es im heutigen Zustande der Technik möglich, Kompressoren, Installationen und Ventile für 15 oder sogar 30 kg/cm² Druck zu konstruieren. Es ist aber eine Tatsache, dass die praktischen Schwierigkeiten mit der Steigerung des Luftdruckes sich ausserordentlich erhöhen, wenn der Druck eine gewisse Grenze übersteigt, welche sich ungefähr bei 10 kg/cm² befindet. Uebrigens werden Drucke von 6 bis 10 kg/cm² in den meisten Druckluftanlagen der Industrie (Fabriken, Garagen, Malerwerkstätten, Bahnen, Bauplätzen usw.) verwendet. Wird diese Grenze überschritten, so werden Apparate und Installationen viel empfindlicher. So müssen z. B. Kolbenkompressoren in 2 Stufen gebaut werden, mit Rückkühlung der Luft nach der ersten Stufe. Daher bin ich der Meinung, dass dieser Druck im Kompressor der Ausgangspunkt für die Wahl des Druckes im Schalter bilden sollte. Letzterer muss übrigens kleiner sein als der Druck im Kompressor oder dem damit verbundenen Zentral-Behälter. Dies ist deswegen notwendig, weil eine gewisse Menge von Druckluft aufgespeichert werden muss für den Fall, dass die Schalter in kurzen Zwischenräumen wiederholt betätigt werden. Der Kompressor hätte dann nämlich keine Zeit, die nötige Luftmenge zu fördern, es sei denn, er verfüge über eine mit Rücksicht auf die Ansprüche des normalen Betriebes in keinem Verhältnis stehende Leistungsfähigkeit. Zudem ist eine Luftreserve notwendig für den Fall einer Störung im Kompressor oder in seinem Reguliermechanismus. Nun ist die verwendbare Luftreserve gleich dem Produkt aus dem Volumen des Behälters und dem zeitlich zulässigen Unterschied des Druckes in diesem Behälter. Dessen obere Grenze ist gegeben durch den Druck des Kompressors, seine untere durch denjenigen, welcher für das Arbeiten des Schalters nötig ist. Es sei z. B. der Druck des Kompressors 10 kg/cm², derjenige des Schalters 4,5 kg/cm², der Inhalt des Behälters 500 Liter. Man kann infolgedessen $10-4{,}5) \cdot 500 = 2750$ Liter angesaugte Luft (alle Zahlen sind auf atmosphärischen Druck reduziert) aufspeichern, was für Schalter mit einem Luftverbrauch von 200 Liter pro Schaltzyklus eine Reserve für 14 Zyklen darstellt. Arbeiten die Schalter dagegen mit 8 kg/cm², so ist der nötige Inhalt des Luftbehälters für die gleiche Zahl von Schaltungen schon 1375 Liter, d. h. also beinahe das Dreifache. In Wirklichkeit muss der Druck des Kompressors etwas höher sein, da der automatische Druckregler einen gewissen Arbeitsbereich von ungefähr 1 kg/cm² benötigt. (Es kann nämlich vorkommen, dass z. B. mit einem Regler, welcher auf 10/11 kg/cm² eingestellt ist, einige Abschaltungen auftreten, welche den Druck im Behälter auf 10,1 kg/cm² sinken lassen. Der Kompressor wird naturgemäss nicht in Betrieb kommen.) Diese Ueberlegungen haben uns dazu geführt, den Betriebsdruck unserer Druckluftschalter in den Grenzen von 4 bis 6 kg/cm² zu wählen, je nach Typ.

Ich möchte noch den *kompressorlosen Druckluftschalter* (Fig. 12) erwähnen, welcher seine Druckluft im Abschaltmoment selbst erzeugt. Dieser Apparat verbindet die Vorteile der Druckluftschalter mit einem ausserordentlich einfachen mechanischen Bau. Er ist für ein Abschaltvermögen bis 10 000 A und für Spannungen bis 15 kV gebaut. Leider verhindert sein hoher Herstellungspreis die ausgedehnte Verwendung, welche ihm nach seinen Eigenschaften zukommen würde.

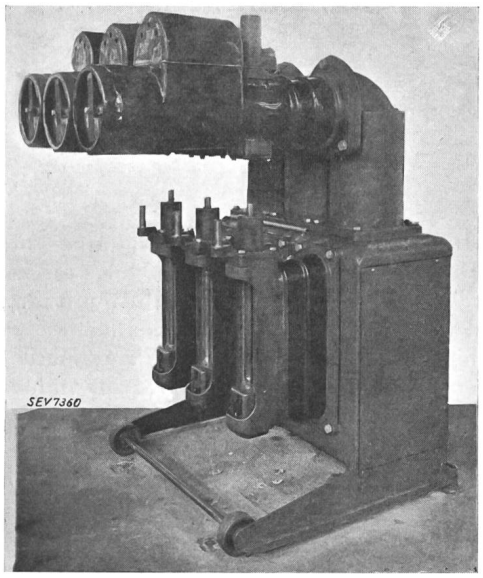

Fig. 12.
Kompressorloser Druckluftschalter 10 kV, 200 A, 150 MVA.

Zum Schlusse möchte ich versuchen, allgemeine, dem heutigen Stand der Technik entsprechende Richtlinien für die Wahl der verschiedenen Schaltersysteme zu geben. Ich beschränke mich dabei auf die in unserer inländischen Industrie erzeugten Schalterarten. Diese Richtlinien können und sollen allerdings kein Rezept sein. Ich bin mir bewusst, dass die verschiedenartigen Bedingungen der Betriebe, besondere örtliche Verhältnisse und sogar die Erfahrungen und das besondere technische Urteil einzelner Betriebsleiter und der einzelnen Fabrikanten die Wahl im einen oder andern Sinne beeinflussen werden. Was aber nötig ist, das ist, dass man sich bei der Wahl die Vorteile und die Nachteile, welche notwendigerweise mit den verschiedenen Schalterarten verknüpft sind und, wie ich sie oben darzulegen versucht habe, vor Augen halten.

Für *Freiluft* sollten mit Rücksicht auf die Kondenswasser- und Eisbildung und andere klimatische Schwierigkeiten Apparate mit Oel verwendet werden, da sie die nötige elektrische Sicherheit, mechanische Einfachheit und Widerstandsfähigkeit be-

sitzen. Dabei kommt von 50, vielleicht auch von 30 kV an nur der ölarme Schalter in Frage, während für niedrigere Spannungen, mit Rücksicht auf den Preis, heute noch dem klassischen Typ der Vorzug gebührt.

Für *Innenraum*anlagen ist zu unterscheiden zwischen Orten grosser Energie-Konzentration und solchen, wo die Konzentration klein ist. Die Orte grosser Energie-Konzentration, das heisst Kraftwerke oder wichtige Verteilstationen, wo gut ausgebildetes Personal zur Verfügung steht und wo die Schalter häufig betätigt werden, bilden das eigentliche Anwendungsgebiet der Druckluftschalter mit ihrer fast vollständigen Sicherheit gegen Explosion und Brand. Immerhin werden für höhere Spannungen die ölarmen Schalter wegen ihrer unerreichten Einfachheit und daheriger Sicherheit vor Störungen oft vorgezogen.

Für Orte mit schwacher Energie-Konzentration, d. h. für Transformatoren-Stationen, kleine Verteilstationen oder Kupplungsstellen, wo Bedienungspersonal entweder gar nicht oder in ungenügender Zahl, oft nur in Form von wenig ausgebildetem Hilfspersonal, vorhanden ist, werden naturgemäss nur die einfachsten und widerstandsfähigsten Apparate Verwendung finden, d. h. der Lastschalter mit Sicherungen und der klassische Oelschalter für Spannungen bis 20 kV, der ölarme Schalter für Spannungen über 30 kV.

Zum Schluss erlaube ich mir noch einmal, darauf hinzuweisen, dass das Wesentliche bei der Wahl eines Schalters darin besteht, dass man sich über die Vor- und Nachteile jedes Systems klar ist, dass man also, wie bei jedem Ingenieur-Problem, seinen Entscheid fällt im vollen Bewusstsein der Schwächen, welche einer Lösung anhaften.

Der **Vorsitzende** dankt Herrn Dr. Roth herzlich zunächst dafür, dass er dem Wunsch, den Vortrag in französischer Sprache zu halten, Folge geleistet hat, dann aber auch für die nette Uebersicht über die Frage der Schalterwahl.

Ueber den Einfluss der modernen Schalter auf die Gestaltung der Innenraumanlagen.

Von *E. Scherb*, Aarau.

621.316.57 : 621.316.26

Es werden neue, einfache und sichere Schaltanlagentypen beschrieben, die durch die modernen Schalterbauarten möglich geworden sind.

L'auteur décrit quelques types nouveaux, simples et sûrs d'installations de couplage rendues possibles par les constructions modernes d'interrupteurs.

Die Eigenschaften und Bauformen der modernen Schalter beginnen immer mehr einen bestimmenden Einfluss auf die Gestaltung und Einrichtung der Schaltanlagen auszuüben. Eine Anlage wird man nach folgenden Gesichtspunkten beurteilen: Schutz des Bedienungspersonals, Betriebssicherheit, einfache, übersichtliche Bedienung, Zugänglichkeit und leichte Revision der Apparate, Raumersparnis und Wirtschaftlichkeit, Rücksicht auf Erweiterung und Umbau.

Die Bauart der typischen älteren Anlage, bestimmt vor allem durch den Oelschalter, wurde diesen Anforderungen nicht immer gerecht. Die Brand- und Verqualmungsgefahr infolge eines Schalterdefektes zwang zur Verteilung der Anlage auf verschiedene Stockwerke mit allen ihren Nachteilen der Unübersichtlichkeit und weitläufigen Bedienung. Erst mit den ölarmen und öllosen Apparaten konnte man es wagen, auch grössere Anlagen offen in einen einzigen Raum hineinzustellen.

Eine besonders weitreichende Veränderung brachte die neue Bauweise der modernen Schalter. Diese sind nun fast ausschliesslich so gestaltet, dass die vertikal verlaufenden Hochspannungsleitungen ohne Schleifenbildung angeschlossen werden können. Damit war es gegeben, das ganze Schaltfeld in einer vertikalen Ebene auszulegen, als möglichst getreue Wiedergabe des Schaltbildes im Raum, mit einer praktisch ungebrochenen Linienführung. Erfolgen die Kabeleinführungen unten im Feld, so ergibt sich die natürliche Anordnung der Apparate von unten nach oben: Kabelendverschluss, Kabeltrenner, Messwandler, Leistungsschalter, Sammelschienentrenner, Sammelschienen. Fig. 1 und 2 zeigen diese häufigste und bekannte Bauart. Ist genügend Platz vorhanden, so wird das ganze Feld

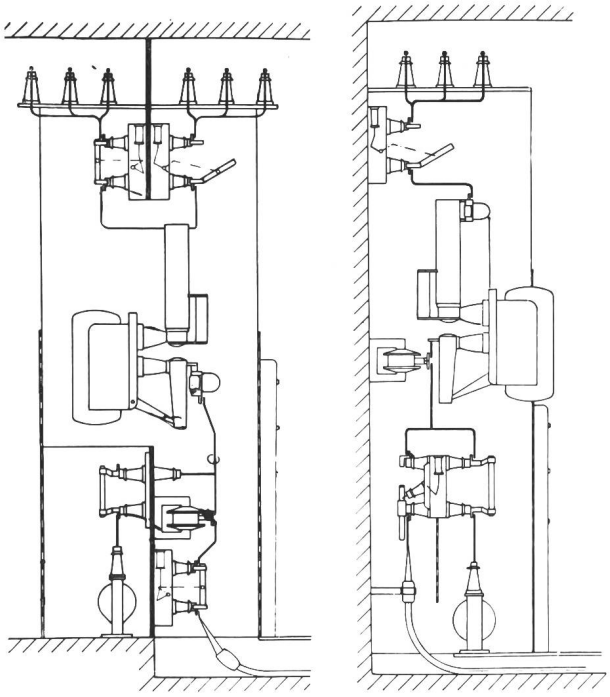

Fig. 1. Zelleneinbau ohne Lichtbogenschutz, frei aufgestellt.

Fig. 2. Zelleneinbau gegen die Wand.