Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 51 (1960)

Heft: 22

Artikel: Anforderungen an Schaltgeräte für Schnellwiedereinschaltung in Hochspannungsnetzen bis 150 kV

Autor: Marty, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-917086

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: 09.08.2025

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

Consommation de cuisinières	= 4 MW =	P_C
Puissance installée	= 8 MW =	P_{iC}
Puissance moyenne unitaire des moteurs (industrie, trams, ascenseurs)	= 10 kW =	P_{1M}
Puissance unitaire des charges ohmiques (plaques chauffantes de cuisinières, radiateurs)	= 1,5 kW =	P_{1C}
Eclairage		insignifiant

Ecart-type:

$$\Delta P_s = \sqrt{\left[\left(1-\frac{7}{15}\right)\frac{7}{11}10+\left(1-\frac{4}{8}\right)\frac{4}{11}1{,}5\right]11\,000} = 202\text{ kW}$$

L'enregistrement direct de la puissance a donné environ 210 kW.

Le degré d'industrialisation est de $m = 3{,}7$ kW qui rentre bien dans l'ordre de grandeur cité au début de cette étude.

Bibliographie

[1] *Gaden, D.:* Essai d'un procédé pour caractériser la clientèle d'un réseau selon la variabilité de sa consommation. Son application à l'tablissement de prévisions sur la tenue de la fréquence. Bull. ASE t. 46(1955), n° 2, p 45...56.

[2] *Cahen, F.* et *A. Dejou:* Le contrôle automatique de la marche en parallèle de très vastes ensembles d'interconnexion. Bull. Soc. franç. Electr. 7e sér., t. 8(1958), n° 92, p. 463...478.

[3] Discussion de la communication de *F. Cahen* et *A. Dejou:* Le contrôle automatique de la marche en parallèle de très vastes ensembles d'interconnexion. Bull. Soc. franç. Electr. 7e sér., t. 9(1959), n° 100, p. 214...219.

[4] *Borel, E.:* Eléments de la théorie des probabilités. Paris: Hermann & fils 1910.

Adresse de l'auteur:

E. Juillard, ancien professeur à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne, 51, avenue Béthusy, Lausanne.

Anforderungen an Schaltgeräte für Schnellwiedereinschaltung in Hochspannungsnetzen bis 150 kV

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 1. Juni 1960 in Zürich,
von *G. Marty,* Zürich

621.316.54.064.22 : 621.316.13.027.815

Von einem modernen Hochspannungsschalter wird heute mit Selbstverständlichkeit erwartet, dass er den Fall der Schnellwiedereinschaltung beherrscht, das heisst, dass er imstande ist, unmittelbar nach einer ersten Kurzschlussabschaltung noch eine weitere mit Erfolg durchzuführen; dabei soll das Ausschaltvermögen des Schalters bei der zweiten Ausschaltung nicht kleiner sein als bei der ersten. Diese Fähigkeit weisen heute moderne Schalter aller Bauarten auf.

Im folgenden werden die spezifischen Anforderungen der Schnellwiedereinschaltung, wie sie sich für den Konstrukteur von Hochspannungsschaltern der ölarmen Bauart ergeben, aus den übrigen Anforderungen, die an Hochspannungs-Schaltgeräte gestellt werden, herausgehoben, und an Hand von konstruktiven Ausführungen wird gezeigt, wie diesen Anforderungen Rechnung getragen werden kann.

Allgemein kann unterschieden werden zwischen phasenweiser und allpoliger Schnellwiedereinschaltung. Die Forderung nach phasenweiser Schnellwiedereinschaltung setzt voraus, dass jeder Phase des Netzes ein selbständiger Pol komplett mit eigenem Antrieb, oder zumindest polweise steuerbarem Kontaktsystem zugeordnet wird. Die Grenze der Anwendungsgebiete für einpolige und dreipolige Schnellwiedereinschaltung dürfte bei uns bei 150 kV liegen, indem für die tieferen Spannungen praktisch nur die dreipolige Schnellwiedereinschaltung zur Anwendung gelangt, während bei 150 kV beide Ausführungsarten Verwendung finden können.

Im folgenden ersten Teil werden zuerst die Antriebsprobleme behandelt und im zweiten Teil kurz die Probleme der Lichtbogenlöschung bei der zweiten Ausschaltung gestreift.

In Fig. 1 ist der prinzipielle Bewegungsverlauf des beweglichen Kontaktes des Schalters für die Fälle ohne und mit Schnellwiedereinschaltung dargestellt. Von einem nicht für Schnellwiedereinschaltung vorgesehenen Antrieb verlangt man, dass er den Schalter ein-, und wenn notwendig, sofort wieder ausschalten kann. Anschliessend an diesen Zyklus lässt man ihm eine gewisse Zeit, um sich für den nächsten Zyklus vorzubereiten. Für die Schnell-

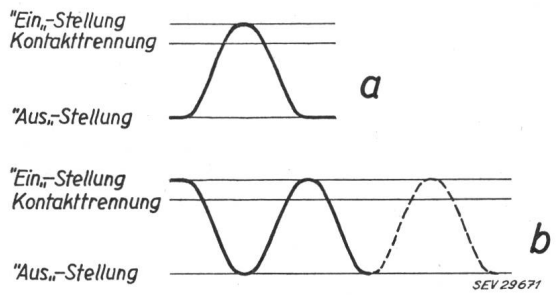

Fig. 1
Weg—Zeit-Diagramm des beweglichen Schaltkontaktes
a ohne Schnellwiedereinschaltung
b mit Schnellwiedereinschaltung

wiedereinschaltung fordert man vom Antrieb zusätzlich, dass er imstande ist, ausgehend von der Einschaltstellung auszuschalten und anschliessend einen oder auch mehrere Ein-Aus-Zyklen durchzuführen.

Die erste Forderung der Schnellwiedereinschaltung ist die, dass der Einschaltenergiespeicher immer und unmittelbar nach jeder Entladung wieder in seinen Ausgangszustand zurückversetzt wird, und zwar ganz unabhängig davon, ob der Schalter in der Einschaltstellung verbleibt oder auch bereits innerhalb der Aufladezeit des Speichers wieder ausgelöst wird.

Die zweite Forderung ist durch die Bedingung nach völliger Verzögerungsfreiheit der Schnellwiedereinschaltung gegeben und lautet dahin, dass die erforderlichen Umsteuerungen auf der Antriebseite

innerhalb der Ausschaltbewegung des Schalters abgeschlossen werden.

Für die Betätigung ölarmer Schalter lassen sich praktisch alle existierenden Antriebsarten verwenden. Heute kommt, vor allem auf dem Mittelspannungsgebiet, fast ausschliesslich der Federantrieb zur Anwendung, während z. B. der Motorantrieb immer mehr verschwindet.

Wie der Name Federantrieb sagt, wird als Energieträger für die Einschaltbewegung eine gespannte Feder verwendet. Da für die Ausschaltung auch eine Federkraft eingesetzt wird, so liegt es nahe, mit nur einer Feder die Einschalt- und die Ausschaltbewegung durchzuführen. Eine solche Lösung lässt sich ohne weiteres leicht realisieren für einen Schaltzyklus «Ein-Aus», also bei Verzicht auf eine Schnellwiedereinschaltung. Für den Zyklus «Aus-Ein-Aus» stösst man jedoch auf Schwierigkeiten, die zum Teil in der Federcharakteristik liegen. Man findet für die erste Ausschaltung andere Momente und damit Bewegungsverhältnisse für den Kontakt als für die zweite Ausschaltung. Der Unterschied wird um so grösser, je steiler die Federcharakteristik ist, d. h. je besser sie ausgenützt ist. Da die Geschwindigkeiten der Kontakte ungefähr proportional den Wurzeln der Arbeitsvermögen verlaufen, so ist man gezwungen, eine möglichst flache Feder zu verwenden. Das führt aber zu einer schlecht ausgenützten und wesentlich schwereren Feder mit all den daraus erwachsenden Nachteilen. Dazu kommen noch beim Einspeichersystem andere Probleme mit den Verriegelungen, der Aufladung usw. Aus diesen Gründen erscheint die Verwendung von zwei Speichern wesentlich zweckmässiger, wenn die Forderung der Schnellwiedereinschaltung gestellt wird.

muss, so verlangt dies, wie schon erwähnt, die Unabhängigkeit der Aufladeeinrichtung von der Schaltstellung. Zu dieser Forderung kommt noch die für die Antriebskonzeption ebenso wesentliche und für alle Antriebe verlangte Freiauslösung, die erlaubt, den Schalter auch bei noch anstehendem Einschaltbefehl auszulösen.

In Fig. 2 ist in vereinfachter Darstellung der Aufbau eines Federantriebes für einen Mittelspannungsschalter wiedergegeben. Bei seiner Entwicklung ist es darum gegangen, einen Antrieb zu erhalten, der vor allem auch den Erfordernissen der Schnellwiedereinschaltung in bestmöglichster Weise entgegenkommt, indem trotz relativ kleinem Energiebedarf recht kurze Schaltzeiten erreicht werden konnten.

Fig. 2 zeigt in den verschiedenen Stellungen die wesentlichsten Elemente wie die kraftübertragenden Kniegelenksysteme, die beiden Federn als Energiespeicher, die Auslöseklinken und die Aufladeeinrichtung.

Die Funktionsweise dieses Antriebes ist kurz folgende: Ausgegangen sei von der «Aus»-Stellung des Schalters und ungespannten Federn entsprechend der Stellung 1. Durch die Aufladevorrichtung *L* wird die Einschaltfeder *EF* gespannt. Die Rolle des Einschaltkniegelenkes *E* unterläuft die Einschaltklinke und stützt sich auf diese ab. Gleichzeitig stellt die Rückführfeder *RF* die Rolle des Ausschaltsystems *A* unter die Ausschaltklinke, wodurch sich die Stellung 2 ergibt. Für die Einschaltung wird nun die Einschaltklinke *I* gelöst, dadurch wird die Einschaltfeder *EF* ihrer Abstützung beraubt. Sie bewirkt über die Stoßstange und die Gelenke des

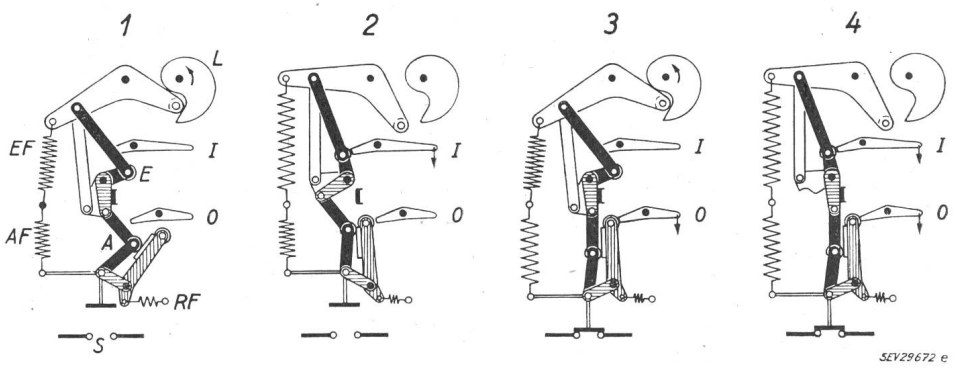

Fig. 2
Wirkungsweise eines Federantriebes für Schnellwiedereinschaltung

1 Schalterstellung «Aus», Einschaltfeder entspannt; *2* Schalterstellung «Aus», Einschaltfeder gespannt; *3* Schalterstellung «Ein», Einschaltfeder entspannt; *4* Schalterstellung «Ein», Einschaltfeder gespannt
E Einschaltkniegelenk; *A* Ausschaltkniegelenk; *I* Auslöseklinke für Einschaltung; *O* Auslöseklinke für Ausschaltung; *S* Schalter; *EF* Einschaltfeder; *AF* Ausschaltfeder; *L* Ladevorrichtung; *RF* Rückführfeder

Das mit einem Federantrieb realisierbare Schaltprogramm ist dabei das folgende: Ausgehend von der Ausschaltstellung mit gespannten Federn wird eingeschaltet. Nach Erreichen der Einschaltstellung wird automatisch der Motoraufzug in Bewegung gesetzt, der die Einschaltfedern wieder spannt. Während dieser Aufladezeit ist der Schalter nur für eine einfache Ausschaltung bereit, für den Zyklus «Aus-Ein-Aus» ist er gesperrt. Diese Sperrzeit ist auch nach einer erfolgten Schnellwiedereinschaltung vorhanden. Man hat es jedoch in der Hand, durch andere Dimensionierung des Aufzuges, d. h. Wahl eines stärkeren Aufzugmotors, diese Zeit auf wenige Sekunden zu kürzen.

Da die Aufladung des Energiespeichers also auch in der «Ein»-Stellung des Schalters erfolgen können

Ausschaltsystems die Einschaltung des Schalters *S*. Gleichzeitig wird die Ausschaltfeder *AF* gespannt, ihre Abstützung erfolgt dabei über die Gelenke des Ausschaltsystems, da das Gelenk beim Einschalten über den Totpunkt hinaus an einen Anschlag gestellt wird, entsprechend der Stellung 3. Nun kommt die Forderung der Schnellwiedereinschaltung, das Wiederaufladen des Antriebes in der Einschaltstellung. Sie erfolgt genau gleich wie das erste Mal durch Abstützung auf die Einschaltklinke, woraus die Stellung 4 resultiert. Damit ist der Antrieb für einen «Aus-Ein-Aus»-Zyklus bereit.

Die Ausschaltung erfolgt durch Betätigung der Ausschalt-Klinke *O*. Durch die Freigabe der Rolle bewegt sich das Gelenk etwas nach rechts, wodurch das obere Gelenk aus dem Totpunkt nach links

läuft, und unter Wirkung der Ausschaltfeder *AF* wird der Schalter *S* geöffnet.

Gleichzeitig hat die Rückführfeder *RF* die Rolle wieder unter die Ausschaltklinke zurückgeführt (entsprechend Stellung 2), und damit ist der Antrieb wieder einschaltbereit für den verbleibenden Zyklus «Ein-Aus». Durch passende Dimensionierung kann diese Rückführung so rasch erfolgen, dass der Schalter bei Erreichen der «Aus»-Stellung sofort wieder eingeschaltet werden kann.

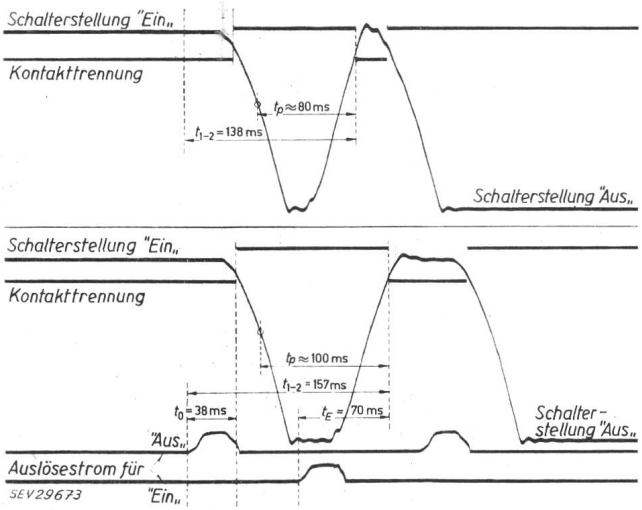

Fig. 3
Weg—Zeit-Diagramm eines Mittelspannungsschalters mit Federantrieb
t_{1-2} Wiedereinschaltzeit; t_p Pausenzeit; t_0 Eigenzeit; t_E Einschaltzeit

Das erste Diagramm in Fig. 3 zeigt das an der Schalterwelle aufgenommene Weg-Zeit-Diagramm eines Schnellwiedereinschaltzyklus mit vorgestellten Auslösebefehlen, um die durch die mechanischen Umsteuerungen allein bedingten Schaltzeiten zu zeigen, während beim zweiten Diagramm der Einschaltimpuls erst nach Erreichen der «Aus»-Stellung gegeben wurde. Dies entspricht der normalen Ausführung, wo der Auslösekreis für die Einschaltung über einen sich in der Schalter-«Aus»-Stellung schliessenden Hilfskontakt geführt wird. Die Wiedereinschaltzeit beträgt aus diesem Oszillogramm ausgewertet 157 ms oder etwa 8 Perioden. Mit einer Ausschaltzeit von 60 ms ergibt sich eine Pausenzeit von rund 100 ms. Sie liegt somit merklich unter dem Wert der Pausenzeit, der in normalen Fällen als Minimalwert für eine erfolgreiche Deionisierung der Fehlerstelle gebraucht wird.

Fig. 4 gibt eine Ansicht dieses Antriebes mit dem zwischen zwei Platten gelagerten Schaltmechanismus, der Aufladevorrichtung, der Einschalt- und der Ausschaltfeder sowie den beiden Auslösern für die Ein- und Ausschaltung. Dadurch, dass alle Bewegungsabläufe in einer Ebene stattfinden, wurde eine äusserst flache Bauart des Antriebes erreicht.

Der Federantrieb hat sich auch als Antrieb für höhere und höchste Spannungen als durchaus geeignet und betriebssicher erwiesen. Der Bau solcher Antriebe stellt jedoch den Konstrukteur vor einige Probleme, die, auch im Zusammenhang mit der Schnellwiedereinschaltung, einen gewissen Aufwand erfordern. Diese Probleme lassen sich zum Teil bei einem hydraulischen Antrieb wesentlich eleganter lösen. Hydraulische Antriebe verwenden Öl zur Kraftübertragung zwischen dem Energiespeicher und dem Schalter sowie zur Steuerung. Die Ölhydraulik hat durch ihre Anwendung, z. B. im Werkzeugmaschinen- und Flugzeugbau, einen hohen technischen Stand erreicht, so dass heute Bauelemente wie Energiespeicher, Pumpen, Antriebzylinder usw. zur Verfügung stehen, die mit grösster Sicherheit funktionieren. Hydraulische Dämpfungen finden ja auch in Federantrieben Verwendung.

Wird zum Beispiel bei einem Freiluft-Hochspannungsschalter eine Freiauslösung nicht nur für die Einschalt-Endstellung, sondern für einen beliebigen Punkt des Schaltweges verlangt, so bedeutet das bei einem Federantrieb, dass derselbe in dem gewünschten Punkt vom Schalter entkuppelt und die in diesem Moment noch in ihm steckende Energie aufgenommen werden muss, was am besten in einer hydraulischen Dämpfung geschieht.

Mit der Einführung der Hydraulik für Kraftübertragung und Steuerung bei dieser neuen Antriebsart wurde weiter gleichzeitig an Stelle der Feder als Energiespeicher ein komprimiertes Gas gesetzt.

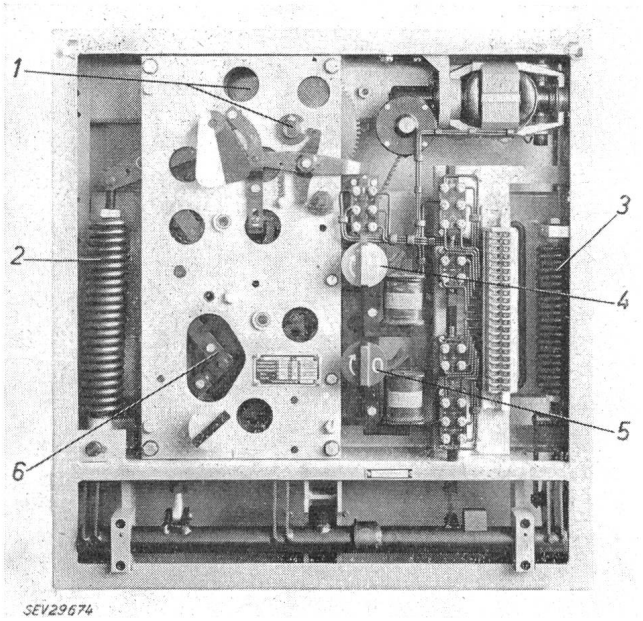

Fig. 4
Ansicht des Federantriebes
1 Aufladevorrichtung; *2* Einschaltfeder; *3* Ausschaltfeder; *4* Auslöser für Einschaltung; *5* Auslöser für Ausschaltung; *6* Schaltmechanismus

Die Verwendung eines hochkomprimierten trokkenen Gases als Energieträger, das in einer Stahlflasche von der Aussenluft vollständig abgeschlossen ist, bietet zum Vorteil der leichten Aufladung noch den weitern der sehr grossen Energiedichte. So lässt sich in einer Stahlflasche von etwa 2,5 l Inhalt bei einem Druck von 300 kg/cm² ein Arbeitsvermögen von etwa 2000 kgm unterbringen. Diese hohe Speicherkapazität ist für die Schnellwiedereinschaltung von grossem Interesse, erlaubt sie doch die Energiespeicherung für mehrere Schaltzyklen ohne Nachladung.

Der prinzipielle Aufbau eines solchen hydraulischen Antriebes ist in Fig. 5 gegeben. Seine wichtigste Teile sind der Energiespeicher oder Akkumulator, der Antriebszylinder mit der Ausschaltfeder, das Hauptsteuerventil sowie die Elektroventile für die Ein- und Ausschaltung.

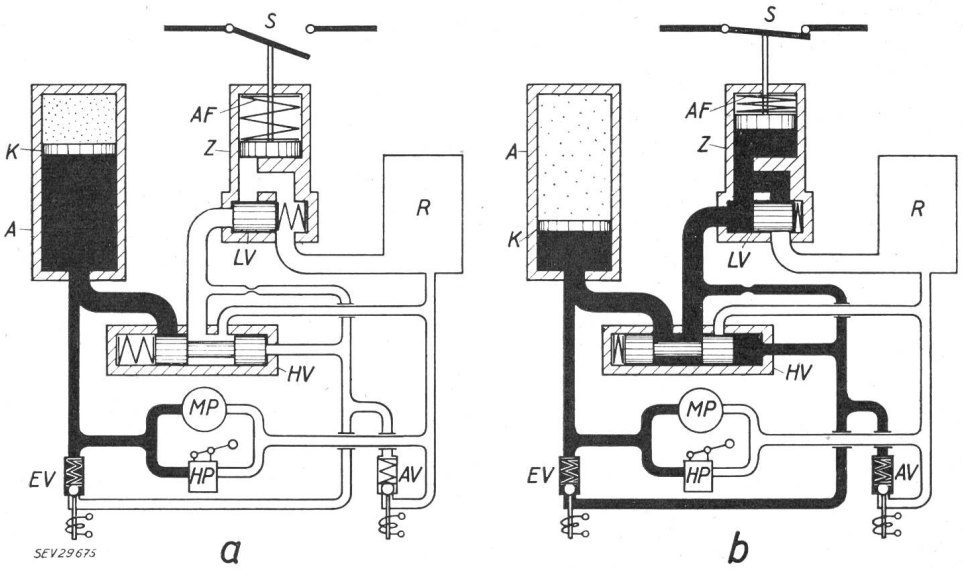

Fig. 5
Wirkungsweise eines hydraulischen Antriebes
a Schalterstellung «Aus», Akkumulator geladen; *b* Schalterstellung «Ein», Akkumulator entladen
S Schalter; *EV* Einschaltventil; *AV* Ausschaltventil; *HV* Hauptventil; *LV* Entleerungsventil; *A* Akkumulator; *K* Kolben; *AF* Ausschaltfeder; *Z* Antriebszylinder; *R* Ölreservoir; *MP* Motorpumpe; *HP* Handpumpe

Seine Funktionsweise ist die folgende: Der Schalter *S* befinde sich in der «Aus»-Stellung, der Akkumulator *A* sei geladen. In dieser Ausgangslage sind die dunkel gefärbten Teile unter Druck. Durch Betätigung des Einschaltventiles *EV* wird das Hauptventil *HV* in die «Ein»-Stellung gebracht, und damit dem unter Druck stehenden Öl der Weg zum Antriebszylinder *Z* freigegeben. Der Kolben des Antriebszylinders überträgt die Kraft auf die Schalterwelle und spannt gleichzeitig die Ausschaltfeder *AF*. Durch eine hydraulische Selbsthaltung wird das Hauptventil in der «Ein»-Stellung gehalten, während der Spulenstrom des Einschaltventils durch einen Hilfsschalter unterbrochen wird. Auf eine Abstützung des Schalters in der «Ein»-Stellung wird verzichtet, indem der Druck des Öles den Schalter in der «Ein»-Stellung hält.

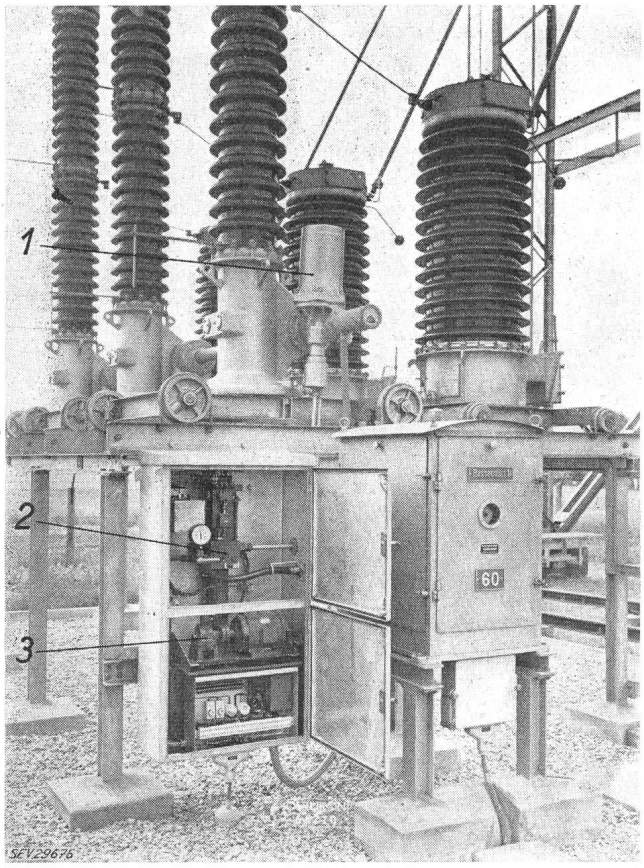

Fig. 6
150-kV-Schalter mit hydraulischem Antrieb
1 Antriebszylinder; *2* Akkumulator mit Steuerblock; *3* Motorpumpe

Für das Ausschalten wird das Ausschaltventil *AV* betätigt; sein Öffnen bewirkt die Rückstellung des Hauptventils *HV*, wodurch die Druckleitung zum Antriebszylinder mit dem Reservoir verbunden wird, der Druck somit verschwindet. Ein weiteres Ventil *LV* am Antriebszylinder bewirkt eine rasche Leerung desselben, so dass die Ausschaltfeder *AF* den Schalter ausschalten kann. Durch das Zurückstellen des Hauptventils ist aber der Antrieb bereits wieder für eine Einschaltung bereit.

Der Verzicht auf eine mechanische Abstützung bedeutet eine wesentliche Vereinfachung. Es hat sich gezeigt, dass das Halten des Schalters in der Einschaltstellung mit dem Öldruck allein sich im Betrieb durchaus bewährt hat. Fig. 6 zeigt z. B. einen 150-kV-Schalter, betätigt durch einen hydraulischen Antrieb der beschriebenen Konstruktion. Der Antrieb wirkt äusserst leicht und übersichtlich. Er funktioniert bei den Bernischen Kraftwerken seit 1½ Jahren einwandfrei.

Das Diagramm in Fig. 7a zeigt ein «Aus-Ein-Aus»-Diagramm mit so gewählter Steuerung, dass die Bewegungsumlenkung in den Endstellungen erfolgt, während bei Fig. 7b die Steuerungen zeitlich so gewählt wurden, dass der bewegliche Kontakt nicht mehr ganz in die «Aus»-Stellung und die «Ein»-Stellung läuft. Es soll mit diesem Diagramm gezeigt werden, wie sanft und stossfrei die Bewegungsumkehr bei einem solchen hydraulischen Antrieb realisiert werden kann.

Durch die leichte Umsteuerung des beweglichen Kontaktes vor Erreichen der End-Ausschaltstellung besteht die Möglichkeit, bei Schnellwiedereinschaltung eine Kürzung der Pausenzeit zu erhalten. Die

Löschung der Kurzschlußströme erfolgt ja wesentlich früher im ersten Drittel der Kontaktbewegung.

Im folgenden sei nun noch kurz auf die Anforderungen der Schnellwiedereinschaltung an das eigentliche Schaltelement eingetreten. Vom Schalter wird ja verlangt, dass er bei nicht erfolgreichem Verlauf der Wiedereinschaltung eine zweite Kurzschlussausschaltung durchzuführen hat. Im Grenzfall hat damit die Unterbrechungsstelle kurz aufeinanderfolgend zweimal die Nennausschaltleistung zu bewältigen.

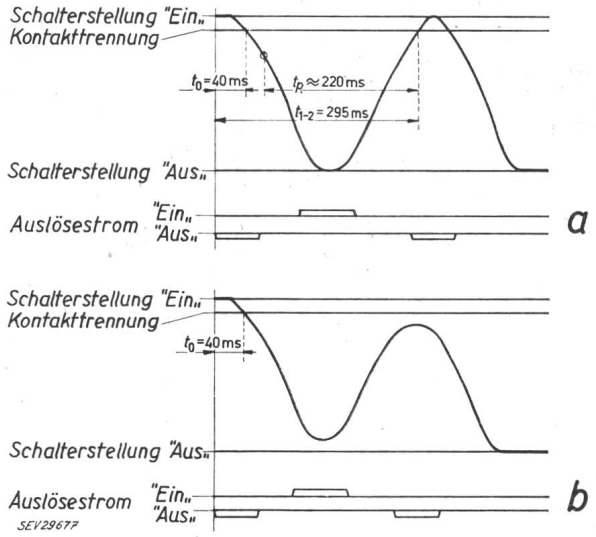

Fig. 7

Weg—Zeit-Diagramm eines 150-kV-Schalters mit hydraulischem Antrieb

a Normaler Aus-Ein-Aus-Zyklus; *b* Aus-Ein-Aus-Zyklus mit Bewegungsumlenkung vor Erreichen der Endstellungen
t_0 Eigenzeit; t_p Pausenzeit; t_{1-2} Wiedereinschaltzeit

Selbstverständlich ist der Konstrukteur bestrebt, diese zusätzliche Forderung ohne oder wenigstens mit geringem Mehraufwand zu erfüllen. Zu diesem Zweck wird er darauf ausgehen, die zweite Ausschaltung nach Möglichkeit unter den gleichen günstigen Bedingungen ablaufen zu lassen, wie sie sich als Optimallösung für die einmalige Ausschaltung haben bestimmen lassen.

Das verlangt vom ölarmen Schalter die Abführung der Schaltergase im verfügbaren Zeitintervall einschliesslich der dielektrischen Wiederverfestigung der Schaltstrecke, weiter muss der Restdruck im Gasexpansionsraum möglichst wieder auf den Ausgangswert herabgesetzt werden, um dadurch jede Mehrbeanspruchung zufolge Druckakkumulierung im Aktivteil zu vermeiden.

Wichtig ist weiter die Bereitstellung des Löschmittels, d. h. von Öl, für die zweite Ausschaltung. Dabei kann dieses Öl während der Ausschaltbewegung erst zugeführt werden, oder es wird durch konstruktive Massnahmen in der Löschkammer, wie durch Ausbildung von sog. Öltaschen, dafür gesorgt, dass die für eine zweite Ausschaltung notwendige Ölmenge in der Löschkammer zur Verfügung bleibt.

Die Nützlichkeit und Wirksamkeit getroffener konstruktiver Massnahmen lässt sich nur durch Leistungsschaltversuche in Prüfanlagen nachkontrollieren. Für die Beurteilung der Löschungen stehen dabei die oszillographisch gemessenen und interessierenden Grössen, wie Lichtbogenspannung, Druckverlauf an den wichtigen Stellen usw., zur Verfügung. Ein wichtiges Kriterium für den Vergleich erste Löschung/zweite Löschung ist die Lichtbogenlänge. In Fig. 8 sind für zwei Schaltertypen die Lichtbogenlängen aufgetragen worden, wie sie sich aus Versuchen in Prüfanlagen ergeben haben. Beim ersten Schalter handelt es sich um einen Mittelspannungsschalter für 20 kV mit einer Ausschaltleistung von 400 MVA, entsprechend einem Nennausschaltstrom von 11,5 kA. Der schwarze Kreis gibt die Lichtbogenlänge der ersten Ausschaltung, das in der Vertikalen zugeordnete Kreuz die Lichtbogenlänge bei der zweiten Ausschaltung wieder. Der Unterschied in den Lichtbogenlängen rührt von den

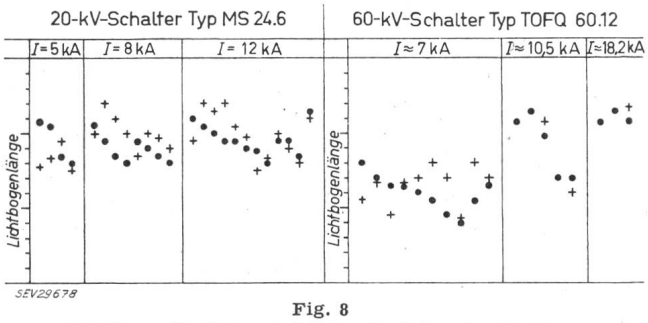

Fig. 8

Lichtbogenlöschung bei Schnellwiedereinschaltung

● Lichtbogenlänge bei erster Löschung
+ Lichtbogenlänge bei zweiter Löschung

verschiedenen Phasenlagen im Moment der Kontakttrennung her, die Löschung erfolgt ja stets im Stromnulldurchgang. Man erkennt, dass die Lichtbogenlängen bei den ersten und zweiten Schaltungen praktisch gleiche Grössen haben. Dasselbe Bild ergibt sich auch für einen 60-kV-Schalter mit einer Nennausschaltleistung von 2500 MVA. Das bedeutet, dass die zweite Löschung unter den gleichen optimalen Bedingungen, wie dieselben bei der ersten Löschung vorhanden sind, vor sich geht. Damit ist der Nachweis erbracht, dass sich der ölarme Schalter für die Schnellwiedereinschaltung vorzüglich eignet.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Probleme der Schnellwiedereinschaltung, die sich dem Schalterkonstrukteur stellen, nur Nebenprobleme sind verglichen mit denen, die sich aus den Hauptaufgaben der Schaltgeräte ergeben. Sie müssen jedoch bei der Entwicklung von Schaltern und Antrieben berücksichtigt werden.

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