Freilufttrenner

Autor(en): **Schiller, H.**

Objekttyp: **Article**

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

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

Heft 8

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-916927

Nutzungsbedingungen

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

Haftungsausschluss

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

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

http://www.e-periodica.ch

M. W. Wanger, président de l'assemblée de discussion: Je voudrais seulement ajouter deux petites remarques. D'abord M. *Dietlin* a prétendu que les disjoncteurs à très haute tension actuellement disponibles sur le marché suisse ont un courant nominal de 1000 à 1200 ou 1400 A seulement. Je vous rappelle cependant que M. *Petitpierre* a présenté, ce matin, un disjoncteur à 220 kV avec un courant nominal de 2000 A. Ensuite, si M. *Dietlin* est de l'avis que les expériences réalisées en exploitation avec les disjoncteurs modernes sont encore trop récentes pour se faire un jugement sur leur qualité, cela n'est certainement pas exact pour tous les types de disjoncteurs. Il y a des disjoncteurs, absolument modernes encore aujourd'hui, qui sont déjà en service, même en grand nombre, depuis une douzaine d'années.

Freilufttrenner

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 30. und 31. Januar 1962 in Zürich,

von *H. Schiller*, Baden

621.316.545—742

1. Einleitung

Die Hochspannungstrenner sind die einfachsten Apparate einer Schaltanlage. Sie werden nur im stromlosen Zustand betätigt und haben sehr einfache Funktionen. Sie dienen zum Abtrennen und Spannungslosmachen von Anlageteilen bei Revisionen und Reparaturen. Unter ihrem Schutz arbeitet das Personal. Sie ermöglichen z. B. bei Mehrfach-Sammelschienen Umschaltungen von einer Sammelschiene auf die andere usw. Diese einfachen Funktionen stellen im Grunde genommen keine grossen Anforderungen an den Apparat und dieser wurde darum im Anfang billig und so einfach, um nicht zu sagen, primitiv ausgebildet als möglich. Mit der Zeit blieben deshalb auch Störungen nicht aus. Die Grösse der Störungen wurde noch erhöht, indem die Trennmesser zu jenem Apparte-Typ gehören, der oft monatelang nicht betätigt wird und dann aber im Moment der Betätigung unbedingt sicher arbeiten muss, ansonst dies zu grossen Störungen führen kann.

Das Trennmesser hat den weitaus grössten Einfluss auf die Anlagegestaltung, da es, wie bereits angetönt, verschiedene Schaltungsmöglichkeiten bietet, einerseits was die Mehrsammelschienensysteme anbetrifft, dann auch bei Überrückungsschaltungen von Leistungsschaltern und Hilfsschienen. Bei diesen Schaltungsanordnungen gestatten verschiedene Trennerkonstruktionen wieder verschiedene Anordnungen.

2. Die verschiedenen Trennertypen

Man unterscheidet folgende Trennerarten:

1. Dreisäulentrenner,
   a) Drehtrenner,
   b) Schlagtrenner,
2. Zweisäulentrenner,
3. Einsäulentrenner, auch Pantographentrenner genannt.

2.1 Dreisäulentrenner

a) Dreisäulentrenner sind einerseits die altbekannten *Drehtrenner*, wobei die mittlere Säule den Schaltarm trägt, der sich beim Öffnen des Trenners in der Horizontalebene dreht und damit die Kontakte öffnet. Die beiden äusseren Isolatoren sind fest und tragen die Leitungs- oder Sammelschienen-Anschlüsse. Die Trennstrecke wird in zwei Teilabschnitte zerlegt. Elektrisch besteht die Erscheinung, dass bei Erdschluss auf der einen Seite die Schaltstrecke, auf der spannungführenden Seite infolge der Kapazitätsverhältnisse stärker beansprucht wird als auf der anderen, was früher schon zu Überschlägen über Trennmesser geführt haben soll. Bei den heutigen Spannungsprüfungsvorschriften ist diese Gefahr gebannt (Fig. 1).

b) Bei den *Schlagtrennern* öffnet sich das Trennmesser in der Vertikalebene. Der Antriebsisolator ist nahe an einen der äusseren feststehenden Isolatoren herangerückt. Ein Vorteil dieser Trennerart besteht darin, dass ein eventuell im Störungsfall entstehender Lichtbogen zwischen den Kontakten in der Vertikalebene hochsteigen kann und durch diese Verlängerung leichter zum Erlöschen kommt. Die beim Drehtrenner erwähnte ungünstige kapazitive Spannungsverteilung kommt hier nicht vor.

Da das Trennmesser sich vertikal öffnet, wird dadurch der Abstand zwischen den Phasen nicht verringert, hingegen ist zu beachten, dass eventuell Abstände in der Vertikalen eingehalten werden müssen, wodurch unter Umständen die Höhe der Gerüste beeinflusst wird.

2.2 Zweisäulentrenner

Zweisäulentrenner bestehen aus zwei Säulen entsprechend den äusseren Säulen der Dreisäulentrenner. Jeder der beiden Isolatoren trägt einen Schaltarm entsprechend der halben Öffnungsdistanz des Trenners. Die beiden Säulen sind drehbar und öffnen den Trenner durch Drehen der Schaltarme. Ursprünglich wurden diese Schaltarme nur um 90 ° gedreht, was den Abstand zwischen den Phasen verringerte; wir sind deshalb dazu übergegangen, die Schaltstücke auf 150° zu öffnen, wodurch der Phasenabstand im Dauerzustand vergrössert wird und sich diesbezüglich ähnliche Verhältnisse ergeben wie beim Drehtrenner. Nur während des Schaltens wird beim

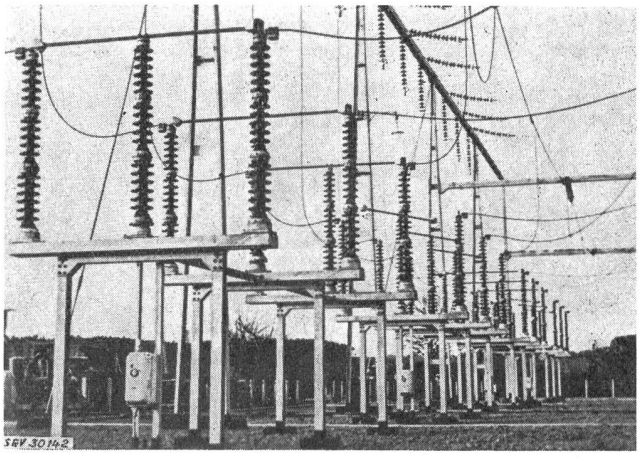

Fig. 1
3-Säulen-Trenner
245 kV, mit Motorantrieb

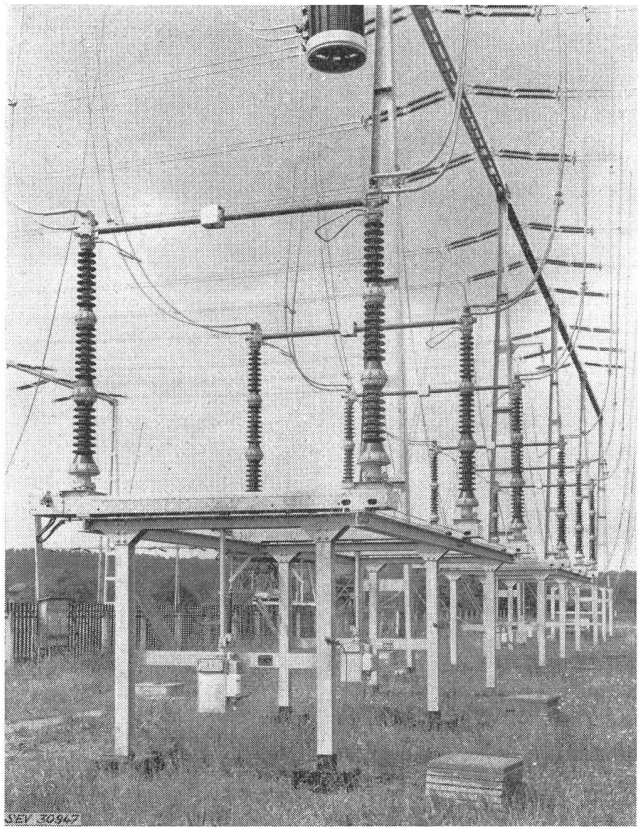

Fig. 2
2-Säulen-Trenner
245 kV, 2 kA, in geschlossener Stellung

Durchlaufen der 90°-Stellung der Phasenabstand während kurzer Zeit auf ein Minimum reduziert, das aber immer noch für die kurze Zeit des Bestehens genügend Sicherheit bietet. Diese Trenner haben in der Längsachse eine kleinere Ausdehnung als die Dreisäulentrenner, ermöglichen also eine kleinere, aber nicht stark

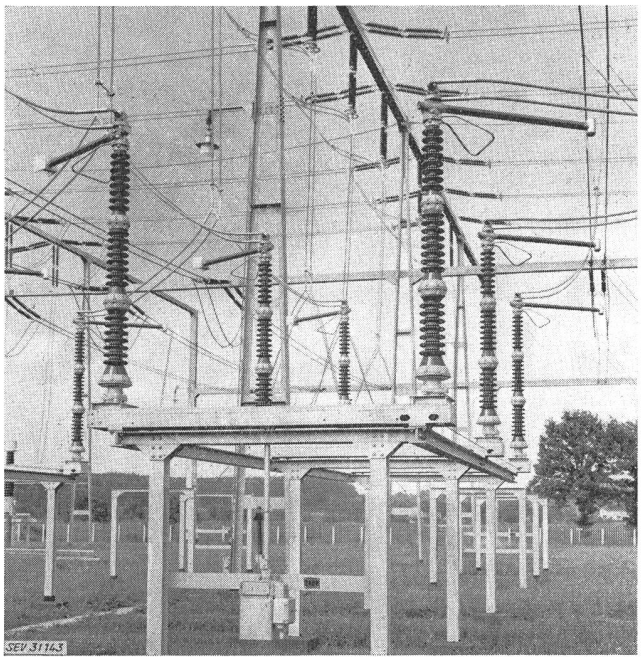

Fig. 3
2-Säulen-Trenner (wie Fig. 2)
in offener Stellung von 150° Öffnung

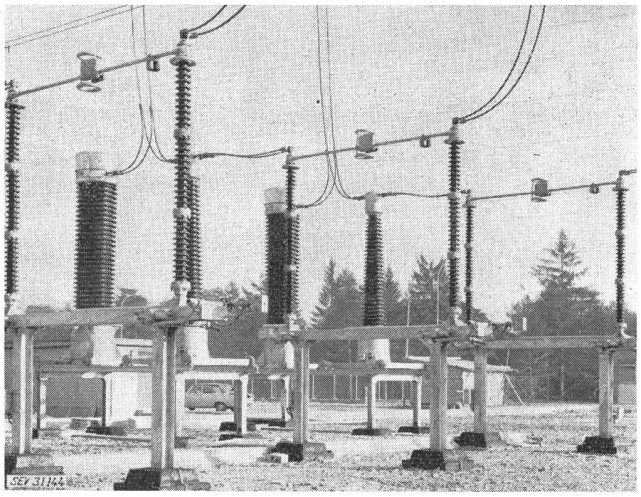

Fig. 4
2-Säulen-Trenner
420 kV, in geschlossener Stellung

ins Gewicht fallende Platzersparnis. Der grösste Vorteil ist der Wegfall eines Isolators und damit eine entsprechende Preisersparnis.

Wie beim Schlagtrenner besteht auch hier eine klare, nicht unterteilte Trennstrecke zwischen den Polen (Fig. 2, 3 und 4).

Es sei hier noch auf den Anschluss der Leiter an die Trenner aufmerksam gemacht. Bei den Dreisäulentrennern werden die Leiter an die äusseren festen Säulen angeschlossen, was kein besonderes Problem darstellt. Bei den Zweisäulentrennern hingegen liegt der Fall anders; dort werden die Leiter auch an die beiden Säulen angeschlossen; diese drehen sich aber beim Öffnen und Schliessen und mit ihnen drehen sich unter Umständen auch die Seile, besonders wenn es sich um kleine Querschnitte handelt. Dadurch kann der Abstand zwischen den Phasen beträchtlich verkleinert werden. Es ist also bei diesen Trennern darauf zu achten, dass sich die Köpfe, an denen die Seile angeschlossen sind, relativ zum Isolator, sehr leicht drehen können, so dass die Seile möglichst in ihrer normalen Lage bleiben.

2.3 Einsäulen- oder Pantographentrenner

Im Bestreben, die Trennerkonstruktion platzmässig auf ein äusserstes Minimum zu reduzieren, entstand der Pantographentrenner. Dieser ist ein komplizierterer und auch teurerer Apparat als die Zwei- oder Dreisäulentrenner, und der Platzgewinn ist bei gleicher Sammelschienen-Anordnung für die Anlagen relativ bescheiden. Hingegen lassen sich gewisse spezielle schaltungstechnische Probleme mit solchen Trennern leichter lösen als mit den Drehtrennern.

Für die Revision einer Anlage bietet der Einsäulentrenner den Vorteil, dass der mechanisch komplizierte Teil für die Revision leichter zugänglich ist, wenn die Sammelschiene oberhalb des Trenners angebracht wird. Es ist aber zu berücksichtigen, dass der obere Kontakt unter Spannung ist, welcher Umstand auch höchste Vorsicht gebietet, wenn an den oberen Teilen des Pantographen gearbeitet wird. Für die Revision der Kontakte besteht die gleiche Schwierigkeit wie bei den übrigen Trennern.

Bei den Pantographentrennern ist der eine, obere Kontakt am darüber gespannten Seil befestigt. Da der

Durchhang des Seiles sich bei Temperaturänderungen und Schneelast ebenfalls verändert, verschiebt sich damit auch die Distanz von diesem Kontakt zum Trenner. Es ist also dafür zu sorgen, dass die Veränderung dieser Distanz gewisse Grenzen nicht überschreitet, damit der bewegliche Kontakt auf alle Fälle mit dem festen richtig zum Eingriff kommt.

Dies kann auf zwei Arten erreicht werden:

1. Die Zange des beweglichen Kontaktes muss so lang sein, dass sie die Differenzen des Seildurchhanges aufnehmen kann (Fig. 5 und 6).

2. Man verwendet eine Einrichtung, die die Änderungen des Seildurchhanges auf ein Minimum reduziert, was einer möglichsten Konstanthaltung des Leiterzuges entspricht. Dies kann z. B. erreicht werden, indem die Isolatoren des Seiles nicht fest am Gerüst befestigt werden, sondern an einem Seil, welches über eine Rolle führt und mit einem Gewicht belastet ist. Eine solche Anordnung würde zwar einen konstanten Zug ergeben, ist aber in Hochspannungsanlagen meist nicht gangbar, weil die Aufhängung der Gewichte mit den unter Spannung stehenden Teilen der Anlage in Konflikt käme.

Man kann auch zwischen Isolator und Gerüst eine Feder einschalten, die die Zugkraft zwar nicht konstant hält, jedoch die Veränderungen des Durchhanges stark vermindert.

Eine weitere solche Anordnung wurde von der Elektro-Watt entwickelt (Fig. 7). Sie beruht auf folgendem Prinzip: Statt dass die Feder zwischen Abspannisolatorenkette und Gerüst eingebaut wird, wird sie direkt über dem Pantographentrenner in das Seil eingefügt und das Seil überbrückt diese Feder mit einer symmetrischen Schlaufe nach unten; im horizontalen Teil der Schlaufe wird nun das feste Kontaktstück des Pantographentrenners angebracht. Man hat damit den Vorteil des relativ konstanten Seildurchhanges und gewinnt dabei in Richtung der Seilachse Platz, den sonst die Feder zwischen Abspannisolator und Gerüst benötigen würde.

3. Anforderung an die Trenner

Nachdem die verschiedenen Trennertypen beschrieben wurden, sollen nun im folgenden die Anforderungen, die an die Trenner zu stellen sind, erörtert werden. Forderungen, die allgemein jeder Hochspannungsapparat auch erfüllen muss, wie Erwärmung und Selbstreinigung der Kontakte (welche aus Kupfer, aber nicht aus Messing bestehen sollen), keine ausschliesslichen Stromübergänge über Gewinde und Federn, genügender Kontaktdruck, Unterteilen der Kontakte in mehrere schmale Finger, Glimm- und Radiostörfreiheit usw. seien hier nicht erörtert. Dagegen sollen die besonderen Forderungen, welchen die Trenner genügen müssen, behandelt werden.

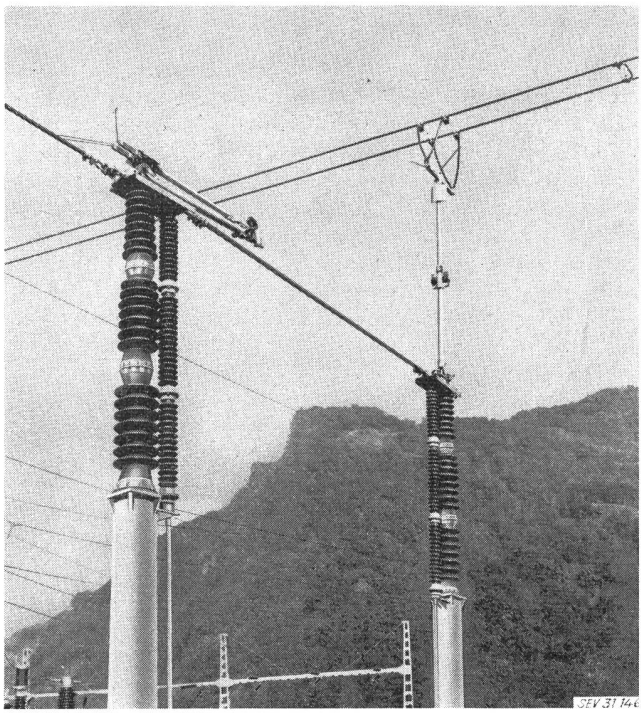

Fig. 6
1-Säulen-Trenner (Pantograph)
245 kV, je in offener und geschlossener Stellung

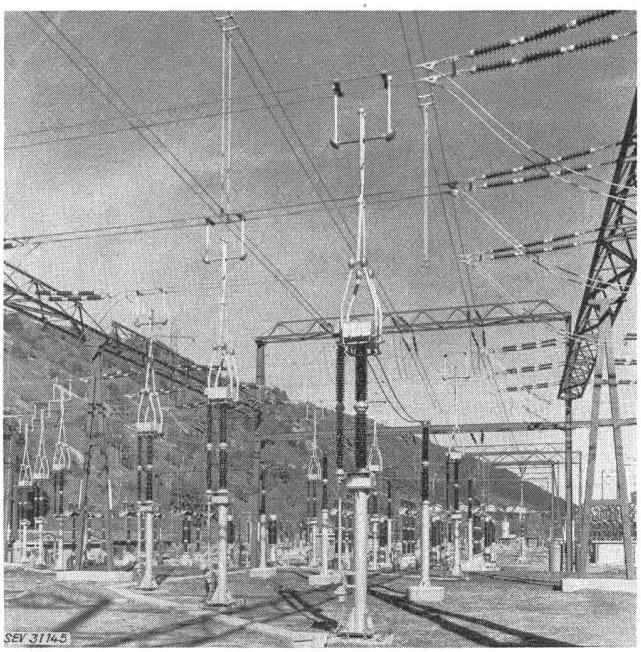

Fig. 5
1-Säulen-Trenner (Pantograph)
245 kV, in geschlossener Stellung, mit festem Bügel am darüber hängenden Seil

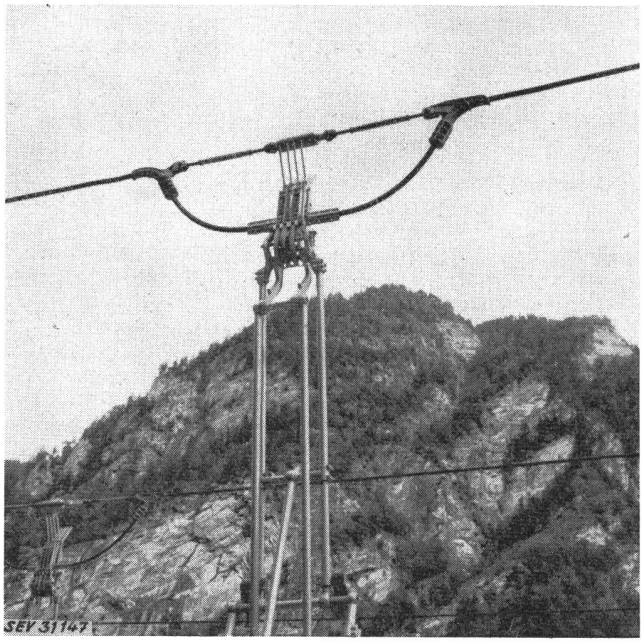

Fig. 7
1-Säulen-Trenner
Federstab mit Kontakt an der Seilschlaufe

Vor allem muss von einem Trenner verlangt werden, dass er unter allen Umständen und zu jeder Zeit einwandfrei funktioniert. Diese Forderung wird noch dadurch erschwert, dass der Trenner, wie bereits erwähnt, ein Apparat ist, der meist nur sehr selten betätigt wird. Eine besonders schwere Bedingung in dieser Beziehung ist, dass er sowohl beim Schliessen als auch beim Öffnen im Stande sein muss, an den Kontakten allfällig vorhandenes Eis zu brechen.

Lagerung und Schmierung usw. müssen so gestaltet sein, dass der Trenner auch bei Temperaturen von —30 °C in unseren Gegenden und bis —40...50 ° C in kälteren Regionen einwandfrei arbeitet.

Da der Trenner zum Spannungslosmachen von Anlageteilen dient, ist bei seiner Funktion meist einseitig Spannung am Trenner; wenn nun Revisionen an spannungführenden Teilen des Trenners selbst, z. B. an den Kontakten, notwendig werden, so bedingt dies eine Ausserbetriebsetzung von ganzen Anlageteilen.

Es geht daraus die Bedeutung der einwandfreien Konstruktion aller Teile hervor, damit Revisionen der Trenner selbst auf ein Minimum reduziert werden können. Dabei sei auch auf genügend grosse Festigkeit und beste Qualität der Isolatoren hingewiesen.

Neben diesen Anforderungen in mechanischer und elektrischer Richtung kommen noch mindestens so hohe hinsichtlich der Spannungsfestigkeit hinzu. Da, wie erwähnt, im Schutze der Trenner Revisionen an Anlageteilen gemacht werden, besteht die Forderung, dass die Schaltstrecke unter keinen Umständen überschlagen werden darf, sondern dass noch vorher ein Überschlag gegen Erde stattfindet.

In asynchronem Betrieb kann ein offenes Trennmesser bei isoliertem Nullpunkt im Maximum durch die doppelte verkettete Spannung und bei wirksam geerdetem Nullpunkt durch die doppelte Phasenspannung belastet sein.

Die Trenner müssen den Kurzschlusskräften standhalten und dürfen sich bei Auftreten von Kurzschlußströmen nicht selbst öffnen, was am besten durch das Schalten über einen toten Punkt erreicht wird.

Will man nun die Anforderungen einzeln etwas näher betrachten so muss vorerst auf das

3.1 Eisbrechen der Kontakte

eingegangen werden. Zur Lösung dieser Forderung wurden folgende Methoden angewendet:

1. Verhinderung der Vereisung der Kontakte durch Abdecken derselben.
2. Anwendung grosser Kräfte.
3. Anwendung von Schneiden hauptsächlich beim Schliessen.
4. Anwendung von Dreh- oder Knickbewegungen der Kontakte, hauptsächlich beim Öffnen der Kontakte.

Die Fähigkeit eines Trennschalters, das Eis zu brechen, kann nur mittels eines Vereisungsversuches nachgewiesen werden. Eine solche Prüfung sollte bei jeder Neukonstruktion ausnahmslos gefordert werden (Fig. 8).

Auf ein Detail sei noch aufmerksam gemacht: Sehr oft werden Konstruktionen angewendet, bei denen, wie erwähnt, die Kontakte beweglich sind und die Stromzuführung Kupferlitzen anvertraut wird. Es hat sich nun gezeigt, dass die Litzen mit der Zeit verfilzen und steif und brüchig werden, wenn sie nicht aus verzinntem Cu-Draht bestehen; um solche Litzen vermeiden zu können, verwenden gewisse Konstrukteure für den Stromübergang an Gelenken Kugelringe, ähnlich der Kugellager.

Fig. 8
Vereisungsversuch an einem 2-Säulen-Trenner 420 kV

Bei diesen Vorgängen spielt natürlich der

3.2 Antrieb des Trenners

eine grosse Rolle. In der Praxis haben sich 4 verschiedene Antriebsarten herausgebildet:

1. Handantrieb,
2. Motorantrieb,
3. Druckluftantrieb,
4. Hydraulischer Antrieb (Öldruck).

Alle vier Antriebsarten können als Einzelantriebe für jeden Pol oder als gemeinsamen Antrieb für eine Dreiphasengruppe verwendet werden. Bei 380 kV kommt infolge der grossen Phasen Abstände nur Einzelantrieb zur Anwendung, ebenso bei Pantographentrennern. Bei 220 kV kann ein gemeinsamer Antrieb für alle 3 Pole verwendet werden.

Bei gemeinsamem Antrieb aller 3 Pole ist allen vier Antriebsarten das Gestänge gemeinsam, das die Öffnungs- und Schliess-Bewegung vom Antrieb auf die Schaltarme der einzelnen Pole überträgt.

3.2.1 Anforderungen an den Antrieb

Die Schalt- bzw. Öffnungs- und Schliess-Zeiten spielen beim Trennschalter eine untergeordnete Rolle; sie schwanken deshalb auch in weiten Grenzen von etwa 4...15 s. Im Normalfall sollte der Trenner stromlos geschaltet werden. Bei Hochspannungstrennern kommt normalerweise für die Unterbrechung nur der kapazitive Ladestrom der zu- und abzuschaltenden Anlageteile in Frage. Dieser wird beim Öffnen und Schliessen in rascher Folge unterbrochen und zündet dann wieder, was zu hochfrequenten Erscheinungen mit entsprechenden Überspannungen Anlass geben kann. Es können z. B. HF-Übertragungen von Schutzeinrichtungen zum Ansprechen kommen; auch können in Messkabeln Überspannungen entstehen, die an Instrumenten im Kommandoraum zu Überschlägen führen. Daneben kann auch der Kontaktabbrand durch den Lichtbogen eine Rolle spielen.

Der Antrieb sollte deshalb so konstruiert sein, dass die Kontakte in der Nähe der geschlossenen Stellung die grösste Geschwindigkeit besitzen, um die Dauer des Lichtbogens dieser kleinen kapazitiven Ströme möglichst zu verkürzen. Ist dies konstruktiv nicht zu erreichen, dann spielt allerdings die Schaltzeit insofern eine Rolle, als bei kurzen Schaltzeiten auch die Geschwindigkeiten in den kritischen Stellungen vergrössert werden.

Der Antrieb muss unmittelbar vor dem Öffnen und Schliessen am Kontakt die grösste Kraft entwickeln, um eventuell das Eis brechen und den Kontaktdruck herstellen zu können. Er darf aber beim Schliessen keinen unzulässig grossen Schlag auf die festen Kontaktsäulen verursachen; ebenso soll er langsam ohne unzulässigen Schlag in die geöffnete Endstellung einfahren, was wieder spezielle Dämpfungsglieder erfordern kann.

Zu den verschiedenen Typen der Antriebe ist folgendes zu sagen:

Der Handantrieb kommt nur in kleinen Anlagen in Frage und eventuell in solchen, wo genügend Zeit für die Schaltungen zur Verfügung steht. Daneben ist an den meisten ferngesteuerten Antrieben als Reserve auch ein Handantrieb vorhanden.

Der Motorantrieb ist robust und einfach und wohl der älteste Typ des ferngesteuerten Antriebes.

Die folgenden zwei Antriebstypen eignen sich sehr gut zum Aufbau grosser Kräfte.

Der Druckluftantrieb ist ebenfalls einfach und robust, besonders für kleinere Trenner, vornehmlich für Innenraumtypen. Für grössere Trennertypen, ist er nicht so einfach, wie man sich dies vielleicht vorstellt. Die früher erwähnten Bedingungen der Schaltgeschwindigkeiten und Kraftaufwendungen in verschiedenen Stellungen bedingen den Einbau von Blenden, die gesteuert werden müssen; zufolge der Kompressibilität der Luft ist der Druckauf- bzw. Abbau nicht immer einfach in der nötigen Zeit zu erreichen. Es sei aber hier festgestellt, dass wegen Frostgefahr und Kondenswasser nicht die geringsten Bedenken bestehen, Druckluft als Antriebsmittel im Freien zu verwenden; bei einer richtigen Auslegung der Druckluftanlage, ist von dieser Seite nichts zu befürchten.

Hydraulische oder Öldruckantriebe werden neuestens angewendet; sie haben den Vorteil, dass das Antriebsmedium inkompressibel ist und deshalb ein rascher Auf- und Abbau des Druckes möglich ist. Der Antriebsmechanismus ist eine Präzisionsarbeit, die aber beim Stand der heutigen Technik keine Schwierigkeiten mehr macht.

3.2.2 Antriebsgehäuse

In die Antriebsgehäuse sind die Antriebsapparate eingebaut, soweit sie nicht für Freiluftmontage ausgeführt sind; ebenso sind die Steuerorgane für örtliche Betätigung darin montiert, wie meist auch die Rückmelde- und Hilfsschalter. Die Apparte sollen im Gehäuse übersichtlich und leicht zugänglich angeordnet sein, so dass Revisionen leicht ausgeführt werden können; besonders gilt dies von den Hilfskontakten. Der Platz für den Anschluss der Steuerkabel an die Anschlussklemmen im Antriebsgehäuse soll reichlich bemessen sein, damit die Drähte nicht zur stark abgebogen werden müssen, weil sonst die Gefahr besteht, dass sie abbrechen; diese Forderung ist sehr oft nur ungenügend erfüllt.

4. Gestänge zwischen dem gemeinsamen Antriebsapparat und den einzelnen Polen

Das Gestänge zwischen dem Antriebsapparat und den einzelnen Polen muss so konstruiert sein, dass Einstellmöglichkeiten für die einzelnen Pole gegeneinander wie für das Antriebsaggregat gegen die Gesamtheit der Pole vorhanden sind. Die einmal gemachte Einstellung muss beibehalten werden; sie soll sich auch während des Betriebes nicht verstellen können. Dabei ist zu beachten, dass bei höheren Spannungen mit längerem Antriebsgestänge die Ausdehnung dieses Gestänges infolge Temperaturdifferenzen, eine Rolle spielen kann, so dass die Kontakte allfällig nicht mehr genügend schliessen können. Diesbezüglich würde sich der Doppelgestängeantrieb (Parallelogramm) gut eignen, da er am Drehisolator an zwei um 180° versetzten Armen angreift; die Verlängerungen der beiden Stangen halten sich somit die Waage und die Drehisolatoren bleiben immer in der gleichen Ausgangslage. Die Ausdehnung bewirkt dann natürlich eine Verstärkung des Druckes auf die Lager, die entsprechend ausgebildet sein müssen (Kugel- oder Rollenlager usw.), um nicht zerdrückt zu werden und um die Reibung nicht zu hoch ansteigen zu lassen, was den Antriebsapparat zu stark belasten könnte. Demgegenüber ist die Antriebsart mit nur einer Stange zwischen den Polen den Längenausdehnungen dieser Stange voll ausgesetzt. Die Konstruktion muss so sein, dass diese Längenänderung durch die damit verbundene Drehung des Drehisolators sich nicht nachteilig auf die Kontakteinstellung auswirkt.

Bei den Antrieben ist besonders die Elastizität, sowie die Torsion des Gestänges zu berücksichtigen, damit sich diese nicht auf die Genauigkeit der Kontakteinstellung auswirken können.

Auch an die Gerüste muss die Forderung gestellt werden, dass sie gegen Verwindung stabil konstruiert werden, da die auftretenden Antriebskräfte sehr gross sind.

Der Ausbildung der Einzelheiten ist bei der Trennerkonstruktion volle Beachtung zu schenken. Wie eingangs erwähnt, wurde lange Zeit der Trenner als ein unwichtiger Apparat angesehen, für den das Primitivste gerade gut genug sei. Es hat sich dann aber erwiesen, dass dadurch viele Störungen verursacht wurden, für deren Behebung Betriebsunterbrüche notwendig wurden. Es ist deshalb unumgänglich, dass alle Lager mindestens mit Bronze ausgebüchst, zum Teil sogar Kugel- oder Rollenlager eingebaut werden. Das Laufen von Eisen auf Eisen in Lagern hat durch Verrostung zu Störungen geführt. Auch verzinktes Eisen auf verzinktem Eisen ist unzulässig, weil sich die Zinkschicht abnützt und dadurch ein zu grosses Spiel entsteht, was wieder auf die Einstellung der Kontakte zurückwirkt.

Das Antriebsgestänge soll so disponiert sein, dass über einen toten Punkt geschaltet wird, so dass der Trenner auch bei Abtrennen des Antriebes für Revision oder Auswechslung in der ursprünglichen Stellung verbleibt; dies verhindert auch, wie schon erwähnt, ein Selbstöffnen im Kurzschlussfall.

5. Signalisierung der Schalterstellungen

Man kann nicht deutlich genug darauf aufmerksam machen, dass die Rückmeldeschalter von bester und zuverlässigster Konstruktion sein sollten und so einge-

stellt werden müssen, dass die Rückmeldung der Schalterstellungen erst erfolgt, wenn der Trenner bereits in der signalisierten Stellung ist.

Um eine einwandfreie Rückmeldung zu haben, soll die Betätigung der Rückmelde-Kontakte wenn möglich direkt von dem Teil des Apparates aus erfolgen, den er zurückzumelden hat. Es wird dadurch vermieden, dass durch Bruch eines Gestänges oder Splintes eine Falschmeldung entsteht. Nach dem Gesagten sollten also die Rückmeldekontakte direkt an der Basis der Drehsäulen angebracht sein. Dies würde aber zu teuren Konstruktionen führen und hätte zugleich den Nachteil, dass sie bei Überschlägen in der Lichtbogenzone liegen und bei allfälligen Reparaturen näher an der Spannung sind. Sie werden deshalb meist von der vertikalen Verbindungsstange, die den Antrieb mit dem Horizontalgestänge verbindet, betätigt und befinden sich im Antriebsgehäuse. Die Kontakte der Hilfsschalter sollen zum mindesten versilbert sein oder noch besser aus Silber bestehen, um die Oxydation des Kupfers und die damit zusammenhängende Erhöhung des Übergangswiderstandes zu vermeiden; dies gilt ganz besonders für Kontakte in Schwachstromkreisen. Auch eine Vernickelung der Kontakte hat sich bewährt.

6. Erdungsmesser

Oft sind die Leitungstrenner mit einem Erdungsmesser ausgerüstet. Diese haben den Zweck, die spannungslosen Leitungen zu erden, um das daran arbeitende Personal gegen das Auftreten von gefährlichen Spannungen zu schützen. Um zu verhindern, dass trotzdem auf die geerdete Leitung durch das Schliessen des Leitungstrenners aus einem Versehen Spannung gegeben wird (was allerdings sofort zu einem Kurzschluss führt), sind oft der Leitungs- und Erdungstrenner so miteinander verriegelt, dass der Erdungstrenner nur bei offenem Leitungstrenner eingelegt und umgekehrt der Leitungstrenner nur bei offenem Erdungstrenner geschlossen werden kann. Es kann aber vorkommen, dass mit Erdungstrennern auf der Leitungsseite auch Anlageteile geerdet werden müssen. Dann ist die erwähnte Verriegelung nicht möglich und der Schaltwärter hat genau zu überlegen, was er macht.

Wie bereits erwähnt, muss der Erdungstrenner unter Umständen den Kurzschlußstrom der Anlage führen können. Die Kontakte des Erdungstrenners müssen deshalb die gleiche Kurzschlussfestigkeit besitzen wie die Hauptkontakte. Für den Dauerstrom sollte man nicht unter ein gewisses Minimum von 600...1000 A gehen. Leitungen, die Rauhreifansatz ausgesetzt sind, werden gelegentlich am Ende mit den Erdungsmessern kurzgeschlossen, um den Rauhreif im Kurzschluss durch Stromerwärmung abzuschmelzen. In diesem Falle sind die Kontakte des Haupt- wie des Erdungstrenners mindestens für diesen Abtaustrom zu dimensionieren.

7. Verriegelungen

Die Verriegelung des Erdungsmessers mit dem Leitungstrenner wurde bereits erwähnt. Oft wird auch eine Verriegelung zwischen Leitungstrennern und Leitungsschaltern derart durchgeführt, dass der Leitungstrenner nur bei offenem Leitungsschalter geöffnet werden kann. Damit soll verhindert werden, dass beim fälschlichen Öffnen des stromführenden Trenners eine Störung (Kurzschluss) entsteht.

Gleiche Verriegelung zwischen Sammelschienentrenner und Leitungsschalter ist bei Vorhandensein von nur einer Sammelschiene leicht möglich; wenn aber mehrere Sammelschienen vorhanden sind, auf die unterbruchslos übergeschaltet werden muss, so sind diese Verriegelungen nicht so einfach auszuführen.

Um nicht im einen Fall Verriegelungen zu haben und im andern nicht, sind grosse Stationen mit gutem Erfolg ohne jede Verriegelung ausgeführt worden, was der Zuverlässigkeit des Bedienungspersonals ein gutes Zeugnis ausstellt.

Infolge des starken Anwachsens der Kurzschlussleistungen und der damit verbundenen grösseren Gefahren bei Fehlschaltungen neigt man aber heute immer mehr dazu, Verriegelungen soweit als möglich anzubringen.

Adresse des Autors:
H. Schiller, alt Vizedirektor, Motor-Columbus AG, Baden (AG).

Diskussionsbeiträge

H. Hartmann, Ingenieur der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG Baden: Im Netze der Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) stehen erst seit etwa einem Jahr 220-kV-Freiluftschalter, ausschliesslich als Druckluftschalter von 11 500 MVA Abschaltleistung mit Vielfachunterbrechung, wie sie im Vortrage von *R. Petitpierre* [1]) beschrieben wurden, in Betrieb. Zu dieser Schalterart hatte man sich entschlossen, nachdem bei Tochtergesellschaften an den ölarmen Bauarten mit nur einer Unterbrechungsstelle beim Schalten leerlaufender 220-kV-Leitungen unzulässig hohe Überspannungen aufgetreten sind. Bis heute haben diese Druckluftschalter zwei erfolgreiche Wiedereinschaltungen, zwei definitive Kurzschlussabschaltungen und bei Betriebsschaltungen mehrere Male die Unterbrechung der leerlaufenden Leitungen einwandfrei beherrscht. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass beim heutigen Ausbauzustand des Netzes noch reduzierte Kurzschlussleistungen auftreten, und die längste 220-kV-Leitung mit nur 84 km Länge keine besonderen Anforderungen an diese Schalter stellt.

In den zur Zeit im Bau befindlichen Unterwerken werden bei den NOK, neben den bereits erwähnten 380- und 220-kV-Druckluftschaltern, für diese beiden Betriebsspannungen auch ölarme Schalter mit Vielfachunterbrechung, wie sie *A. W. Roth* [2]) in seinem Vortrag erwähnt hat, zur Aufstellung gelangen.

Rückblickend dürfte nun aber die Frage, welche Erfahrungen mit den 150-kV-Schaltern mit nur einer Unterbrechungsstelle bis heute gemacht wurden, von Interesse sein:

Im Jahre 1939 wurden im Netze der NOK die ersten entsprechenden ölarmen Schalter für 150 kV, als Ersatz von Ölkesselschaltern mit vier Unterbrechungsstellen, in Betrieb genommen. Heute stehen total 48 dreiphasige, ölarme Schaltergruppen im Einsatz.

Wie Fig. 1 mit längeren Kriechwegspuren an der inneren Wandung einer älteren Hartpapierlöschkammer zeigt, traten an diesen Schaltern tatsächlich Wiederzündungen beim Schalten auf. Solche konnten sogar anlässlich Nachmessungen bei verketteten Spannungen von nur 80 kV festgestellt werden. Einige Löschkammern mit diesen inneren Kriechspuren mussten bei den periodischen Schalter-Revisionen ersetzt werden. Trotz den mit Sicherheit häufig aufgetretenen Wiederzündungen konnten im 150-kV-Netz mit einer einzigen Ausnahme während 22 Jahren keine Betriebsstörungen beim Schalten mit ölarmen 150-kV-Schaltern mit nur einer Unterbrechungsstelle festgestellt werden. Die Gründe,

[1]) Siehe S. 383 dieses Heftes.

[2]) Siehe S. 378 dieses Heftes.