

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 25 (1934)

Heft: 26

Artikel: Ein neuer Weg beim Bau von kleinen Unterwerken und andern Hochspannungs-Anlagen

Autor: Leimbacher, G.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060192>

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: 17.02.2026

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

Aus allen diesen Ueberlegungen geht hervor, dass vom Standpunkt des Hausinstallationsbesitzers aus die Nullung die billigste und die Schutzschaltung die teuerste und vom Standpunkt des Energie lieferanten aus die Nullung die teuerste und die Erdung die billigste Schutzmassnahme ist.

Da aber für die Energiekosten die Kosten der Verteilanlagen des Energielieferanten mitbestimmend sind, der Energiebezüger also indirekt die Kosten der in den Niederspannungsnetzen durchzuführenden Massnahmen auch tragen muss, so sollten bei der Betrachtung der wirtschaftlichen Seite die Kosten der in den Netzen und in den Hausinstallationen vorzunehmenden Massnahmen gemeinsam als eine Einheit betrachtet werden. In diesem Falle ist das Erdungssystem als das billigste anzusprechen. Leider lässt es sich nicht überall anwenden. Wo es aber angewendet werden kann (Netze mit verhältnismässig hohen Betriebsspannungen und Erdungsmöglichkeit an Wasserleitungen) ist seine Anwendung sicher berechtigt. Für Netze mit niedrigen Spannungen oder auch für Netze mit höheren Betriebsspannungen, wo aber keine geeigneten Wasserleitungen vorhanden sind, ist die Nullung und die Schutzschaltung gegeneinander abzuwagen. Hierzu kann gesagt werden, dass in Ortsnetzen in dicht bebauten Ortschaften mit vielen Anschlussobjekten, die geschützt werden müssen, die Nullung billiger sein wird als die Schutzschaltung. In Netzen mit sehr langen Leitungssträngen (Versorgung einzelner Höfe aus einem gemeinsamen Netz) und mit wenig zu schützenden Anschlussobjekten wird dagegen die Schutzschaltung die billigere Lösung sein. In Netzen mit niedrigen Betriebsspannungen, in denen die Null-

leiter nicht nachgezogen sind und die sich für die Anwendung des Erdungssystems nicht eignen, kommt ausschliesslich die Schutzschaltung in Frage. Es wäre allerdings denkbar, die Nullung unter Benützung eines Polleiters als Erdleitung durchzuführen. Ein solches System hätte aber den Nachteil, dass die Isolation in den Hausinstallatio nen mit der verketteten Netzspannung statt mit der Phasenspannung beansprucht würde. Zu diesen Ueberlegungen über die wirtschaftliche Seite ist aber ausdrücklich zu bemerken, dass sie nur für Freileitungsnetze, nicht aber für Kabelnetze städtischen Charakters gelten.

Die Höhe des Sicherheitsgrades der Schutzmassnahmen für die Hausinstallationen hängt viel weniger vom angewandten Schutzsystem selbst als von einer zweckmässigen und zuverlässigen Ausführung des Systemes ab. Es ist deshalb unbedingt nötig, dass alle diejenigen, die mit der Erstellung und der Ueberwachung des Hausinstallationsschutzes zu tun haben, sich eingehend über das Wesen der Schutzmassnahmen orientieren. Denn nur so ist es möglich, in jedem gegebenen Falle die geeigneten Massnahmen zu treffen und Fehler in der Ausführung der Schutzmassnahmen zu vermeiden. Ferner wurde gezeigt, dass besonders bei der Nullung und aber auch bei der Erdung in den Niederspannungs netzen besondere Massnahmen getroffen werden müssen, und zwar sind diese Massnahmen je nach dem anzuwendenden Schutzsystem ganz verschiedenen. Dies bedingt, dass über die Wahl des anzuwendenden Schutzsystems nicht der Hausinstallateur entscheiden kann, sondern dass diese Entscheidung in die Hände des Netzbetriebsinhabers gelegt werden muss.

Ein neuer Weg beim Bau von kleinen Unterwerken und andern Hochspannungs-Anlagen

Von G. Leimbacher, Aarau.

621.316.923 : 621.316.57.064.24 : 621.316.268

Die Forschungen der letzten Jahre haben ermöglicht, einerseits einfache Druckluftschalter ohne Kompressor für die Unterbrechung kleiner Leistungen, anderseits Sicherungen hoher Abschaltleistung herzustellen. Diese beiden Elemente bieten die Möglichkeit, kleinere Schaltanlagen für Hochspannung sehr einfach und platzsparend auszuführen und gleichzeitig die Gefahr von Brand und Explosion vollständig auszuschalten. Dabei findet eine Arbeitsteilung der beiden Elemente statt: der Schalter bewirkt das Abschalten im normalen Betrieb, während die Sicherungen bei Überlast und Kurzschluss zur Wirkung kommen.

Ein Ueberblick über bisher verwendete Apparate beim Bau kleiner Hochspannungsstationen zeigt, dass in der Regel der Oelschalter recht viel Platz beansprucht und außerdem eine Leitungsführung bedingt, welche sich mit minimaler Platzbeanspruchung nicht vereinbaren lässt. Als weiterer Nachteil wird die Unsichtbarkeit der Kontaktstellen des Oelschalters empfunden, was den Einbau von Trennern erfordert. Hieraus entstand das

Les recherches des dernières années ont conduit d'une part à la réalisation d'interrupteurs auto-pneumatiques pour faible puissance de rupture d'une présentation extrêmement simple, d'autre part à celle de coupe-circuit à grande puissance de rupture. Ces deux éléments permettent de construire des postes à haute tension qui présentent une grande simplicité et un encombrement très réduit tout en évitant les dangers d'incendie et d'explosion. Les fonctions de 2 éléments sont différentes: tandis que l'interrupteur est destiné à fonctionner en exploitation normale, les coupe-circuits exécutent la rupture en cas de surcharge et de court-circuit.

Bedürfnis nach einem für solche Fälle zweckmässigeren Schalter, dessen Schaltleistung, wenn auch unter derjenigen eines Oelschalters liegend, dennoch für die Verhältnisse vieler Stationen genügen würde. Wenn dabei noch die sichtbare Kontaktstelle und die Möglichkeit des direkten Einbaues in den Leitungsstrang verwirklicht werden kann, so erhält man einen Apparat, der den doppelten Zweck von Oelschalter und Trenner erfüllt.

Verschiedene Wege können zur Lösung dieser Aufgabe eingeschlagen werden. Wir fanden, dass ein Schalter mit Lichtbogenlöschung in der Achse eines Luftstrahles¹⁾, welcher seine Druckluft selbst erzeugt, zu einer günstigen Lösung führt. Ein nach diesen Gesichtspunkten gebauter Schalter bietet folgende Vorteile: keine Explosionsgefahr, keine Brandgefahr, keine Wartung, beliebige Einbaulage, nämlich liegend, hängend oder stehend.

Der Kleinleistungsschalter Fig. 1 ist nach diesem Prinzip gebaut. Die komprimierte Luft, welche den Ausschaltlicht-

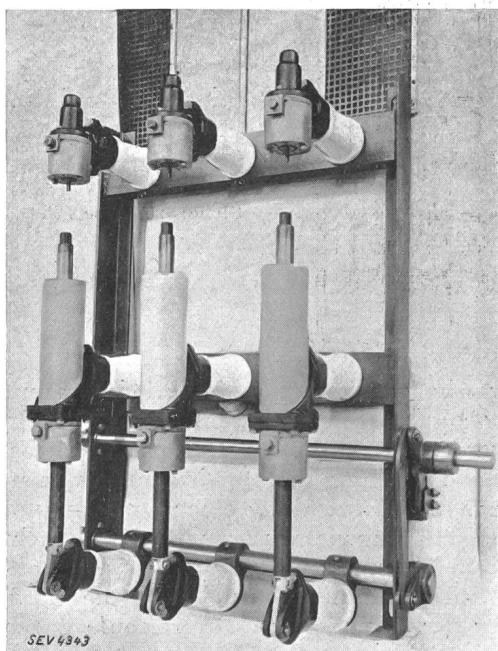


Fig. 1.
Druckluft-Kleinleistungsschalter 15 kV, 200 A.

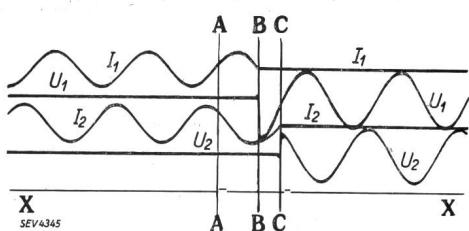


Fig. 3.

Kleinleistungsschalter-Oszillogramm 15 kV, 200 A.
XX Ausschalt-Kontrolllinie.
 I_1 Strom, Phase 1. U_1 Spannung Phase 1.
 I_2 Strom, Phase 2. U_2 Spannung Phase 2.
 AA Kontakttrennung.
 BB Abschaltung Phase 1.
 CC Abschaltung Phase 2.
Effektive Stromstärke bei der Abschaltung 260 A bei einem $\cos \varphi$ annähernd = 0 für eine Wiederherstellung der Spannung zwischen Phasen = 14 700 V. Effektive Spannung (einfache Spannung) nach der Abschaltung = 8500 V.

bogen löscht, wird beim Ausschalten durch den Schalter selbst erzeugt. Fig. 2 zeigt einen Längsschnitt des Kleinleistungsschalters. Zwei Stützisolatoren A sind auf einer Grundplatte montiert und tragen die Schalteranschlüsse B, ein dritter Isolator C gehört zum mechanischen Antrieb des Apparates. Der als Schubtrenner konstruierte Schalter gestattet eine minimale Einbautiefe. Der Gedanke, um den beweglichen Teil des Schalters einen Kolben mit Druckluft

¹⁾ E. u. M. 1933, S. 184; Bull, SEV 1932, Nr. 23, S. 622.

zylinder D einzubauen, verwirklicht auf einfache Art das Löschen des *Lichtbogens in der Achse des Luftstrahles*.

Beim Einschalten wird der Kraftspeicher E für die Ausschaltung geladen; das ungewollte Öffnen des Schalters kann nicht erfolgen, da der Schaltmechanismus durch Uberschalten der Totpunktage des Antriebes F und G gesichert ist. Durch Entichern der Totpunktage wird die Antriebswelle H frei und die Feder des Kraftspeichers E tritt in Tätigkeit. Während die Hauptkontakte I auseinandergehen, drückt der Kolben K die komprimierte Luft aus dem Zylinder durch die Schubstange L und löscht den zwischen den Hilfskontakten M entstandenen Lichtbogen. Natürlich ist die Ausschaltgeschwindigkeit vom Antrieb vollständig unabhängig.

Wie Oszillogramm Fig. 3 zeigt, ist die Unterbrechungszeit eines solchen Schalters außerordentlich kurz. Der abzuschaltende Strom wird beim nächsten Durchgang durch den Nullpunkt sicher abgeschaltet; eine Rückzündung des Lichtbogens findet nicht mehr statt. Der Kleinleistungsschalter mit pneumatischer Lichtbogenlöschung ist in der Lage, seinen Nennstrom zu unterbrechen. Wie bei jedem Oelschalter ist das Wiedereinschalten auf einen Kurzschluss möglich; eine Höchstromstärke von 10 000 A dürfte dabei genügen. Die Betätigung erfolgt direkt mit Gestängeantrieb, elektrischer oder pneumatischer Fernsteuerung.

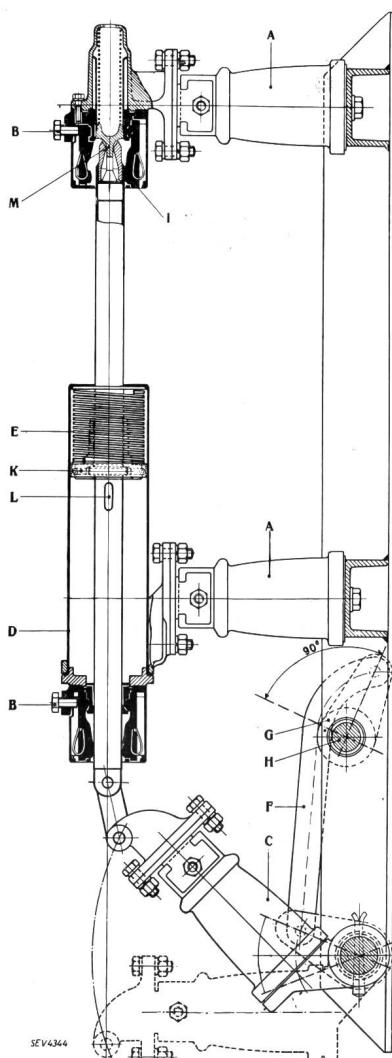


Fig. 2.
Kleinleistungs-Luftschalter, Type AS.

Die Verwendung von *Hochspannungs-Sicherungen* nahm in neuerer Zeit ab, wohl deshalb, weil ihre Abschaltleistung zu klein war, Zerstörung der Patronen vorkam, was für das Personal nicht ungefährlich war, und der Abschaltlichtbogen oft schwere Kurzschlüsse verursachte, wodurch Teile der Anlage beschädigt wurden und Betriebsunterbrechungen entstanden. Andererseits verlangt die ständige Ausdehnung der Netze, begleitet durch Vergrösserung der Kurzschlussleistung, eine steigende Abschaltleistung der eingebauten Apparate. Aus diesem Grunde werden Oelschalter mit grosser Abschaltleistung verlangt; in vielen Fällen ist aber der Preis solcher Apparate im Verhältnis zur Grösse der Anlage zu hoch.

Neuerdings angestellte Versuche über die Lichtbogenabschaltung zeigen, dass es möglich ist, eine betriebssichere Hochspannungs-Hochleistungssicherung zu konstruieren.

Fig. 4 zeigt einen solchen Apparat, Fig. 5 einen Teilschnitt. Zwei Isolatoren A sind auf einem die Grundplatte bildenden Sockel montiert. Die Kontaktschläufen B erhalten Kurzschlussarretierungen D, welche ein Herausfallen der Patrone C verhindern. Die Patrone besteht aus dem isolierten

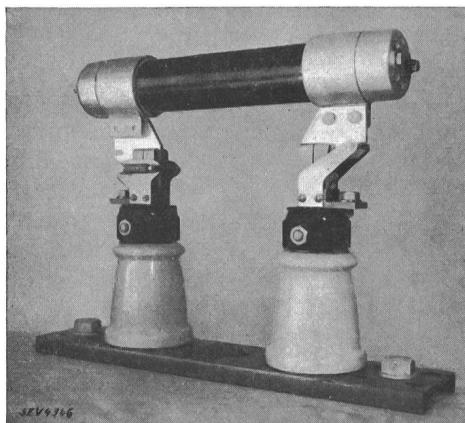


Fig. 4.
Hochleistungs-Hochspannungs-Sicherung 15 kV.

Griff G und den auf beiden Enden aufgekitteten Stromanschlüssen E mit aufgesetzten Messerkontakten F. Je nach Stromstärke wird diese mit einer oder mehreren Schmelzeinlagen H ausgerüstet. Beim Schmelzen der Patrone wird eine Kennmarke betätigt.

Die Wirkungsweise dieser Hochleistungssicherung beruht auf dem Prinzip der Entionisierung der Luft und der Vernichtung der Lichtbogenwärme durch eine Füllmasse. Die Sonderheit der Konstruktion liegt in einem genau berechneten

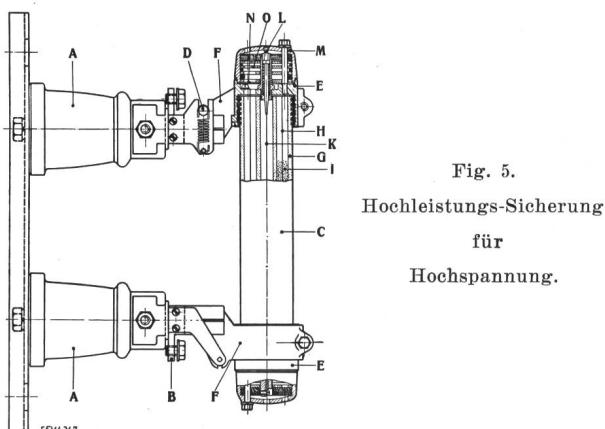


Fig. 5.
Hochleistungs-Sicherung
für
Hochspannung.

Verhältnis zwischen Gasmenge, Kühlungsfläche der Füllmasse und der Geschwindigkeit der austretenden Metalldämpfe. Die entweichenden Gase sind rückgekühlt und entionisiert. Endlich ist die Anordnung der Einlagen so getroffen, dass die Sicherung vollkommen koronafrei ist.

Die durchgeschmolzene Patrone kann jederzeit nachgefüllt werden; deshalb ist ihre Anwendung auch ökonomisch vorteilhaft.

Fig. 6 zeigt das Durchschmelzen der Sicherung in Abhängigkeit von Strom und Schmelzzeit. Das Durchschmelzen der Sicherung erfolgt bei $1,6 \cdot I_n$ nach einer Stunde, bei $1,8 \cdot I_n$ vor einer Stunde. Oszillogramm Fig. 7 gibt eine Schmelzzeit von 0,0018 s für die Unterbrechung eines Kurzschlussstromes von 13 800 A. Aus dem Oszillogramm kann folgendes entnommen werden: Das Schmel-

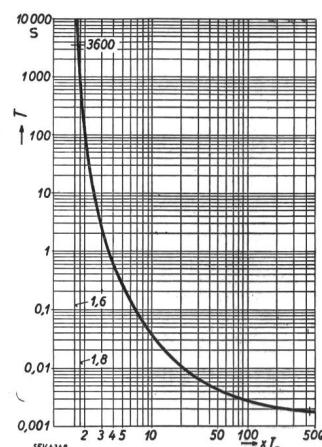


Fig. 6.
Strom-Schmelz-Kurve für
Hochleistungs-
Hochspannungs-
Sicherung Type FP.

zen erfolgt in weniger als $\frac{1}{4}$ Periode; somit kann der Scheitelwert des Kurzschlußstromes nicht erreicht werden. Aus diesem Gesichtspunkt betrachtet ist die Wirkung des Durchschmelzens vergleichbar mit der Anwendung einer Drosselspule; doch ist die Sicherung viel wirksamer, weil sie nicht nur den Strom begrenzt, sondern auch die Abschaltzeit bedeutend verkürzt. In der Tat ist die Kurzschlussdauer des Schutzes mit Drosselspule durch die Ausschaltzeit des mit Relais ausgerüsteten Oelschalters bedingt; d. h. sie beträgt mindestens $\frac{2}{100}$ s, während die Sicherung diesen Wert annähernd auf

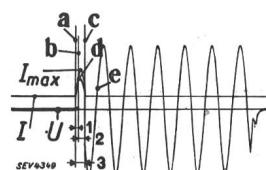


Fig. 7.
Oszillogramm
Hochleistungs-Hochspannungs-
sicherung 32 A, 15 kV.

- I Stromstärke.
a Schließung des Stromkreises.
b Schmelzung der Einlage.
c Lichtbogenlöschung, Abtrennung.
d Maximale Lichtbogenspannung = 10 500 V.
e Wiederkehrende, effektive Spannung = 15 400 V.
I_{max} Maximale, erreichte Stromstärke = 4800 A bei einer effektiven Stromstärke des unterbrochenen Stromkreises = 13 800 A.
1 Schmelzzeit der Einlage = 0,0018 s.
2 Lichtbogendauer = 0,0045 s.
3 Ausschaltzeit (total) = 0,0063 s.

$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{100}$ s verkleinert. Zu befürchten wäre, dass das rasche Abklingen des Stromes $L \cdot \frac{di}{dt}$ in der Reaktanz des Kurzschlusskreises eine Ueberspannung erzeugen könnte; jedoch war es möglich, diesen Wert $\frac{di}{dt}$ unter die gefährliche Grenze zu bringen, wie dies übrigens das Oszillogramm zeigt. Die betreffende Hochleistungs-Hochspannungssicherung

wurde für eine Abschaltleistung von 250 MVA konstruiert, übertrifft also bei weitem die Kurzschlussleistungen in Stadt- oder Vorortennetzen.

Zur Wahl einer Sicherung ist noch folgende Bemerkung zu machen: Eine Sicherung soll nicht nur die Phasenspannung abschalten können, sondern auch die verkettete Spannung (z. B. Fig. 8, doppelter Erdschluss).

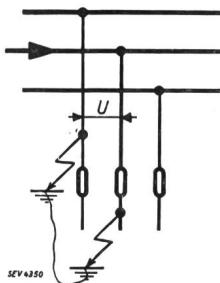


Fig. 8.

Die nächstliegende Ueberlegung führt zur Zusammenfassung der beiden beschriebenen Apparate. Einzelne oder, wie das Bild Fig. 9 zeigt, auf einem gemeinsamen Gerüst montiert, übernimmt der Schalter seine Funktionen für eine Betriebsstromstärke, welche gleich der Nennstromstärke der damit verwendeten Sicherungspatrone ist. Die Zuziehung der Sicherung ermöglicht, die nötige Abschaltleistung des kombinierten Apparates bei Ueberlast über $1,6 \cdot I_n$, d. h. bei Kurzschluss zu erreichen. Durch Aufbau von Ueberstromauslösern

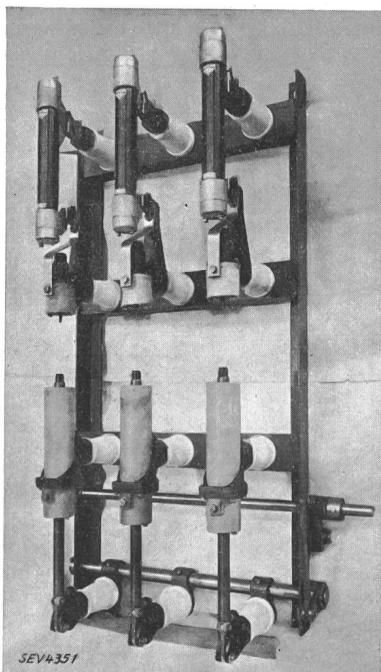


Fig. 9.

Kombination von Schalter und Hochleistungssicherung.

kann der Schutz noch erweitert werden, da die Auslöser nach ihren Charakteristiken auf Ueberstrom arbeiten, wobei die Abschaltung des Kurzschlusses wiederum der Sicherung übertragen wird.

Anwendungen.

Aus der grossen Zahl der Anwendungsmöglichkeiten dieser anpassungsfähigen Apparate seien einige typische Beispiele herausgegriffen.

Transformatorenstation. Eine Industrie in einem Stadtzentrum soll einen Energieanschluss erhalten, was aber nicht von einer benachbarten bestehenden Station geschehen kann, und es wird beschlossen, den Abonnenten direkt mit einem Hochspannungskabel an das Netz anzuschliessen (Fig. 10). Dieser Fall ist nicht unselten, stösst aber manchmal auf

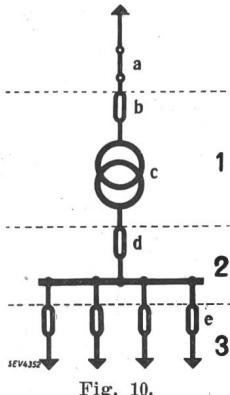


Fig. 10.

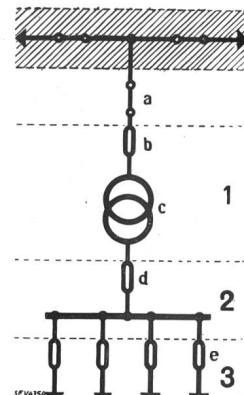


Fig. 12.

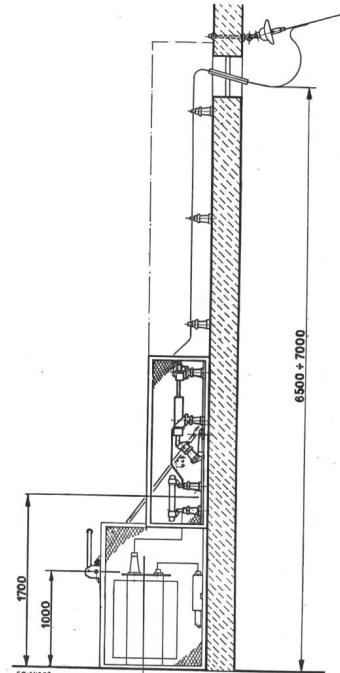


Fig. 11.

große Schwierigkeiten, da gewöhnlich der Abonnent fast keinen Platz zur Errichtung einer Station besitzt. Die Anwendung der erwähnten Apparate kann eine günstige Lösung dieser Aufgabe herbeiführen.

Der Kleinleistungsschalter a wird das Aus- und Einschalten des Postens unter Last besorgen, der Einbau eines Trenners zwischen Kabelendverschluss und Kleinleistungsschalter wird überflüssig. Der Hochspannungsteil der Station mit Transistor und Zuleitung bis zu den sekundären Hauptsicherungen b (Installation 1) wird durch Hochspannungs-Hochleistungssicherungen geschützt. Die Installation 2 wird durch die sekundären Hauptsicherungen d, die abgehenden Leitungen (Installation 3) wiederum durch Sicherungen e geschützt. Für sämtliche Hoch- und Niederspannungssicherungen werden Hochleistungssicherungen verwendet und so gewählt, dass das Durchschmelzen bei Kurzschluss

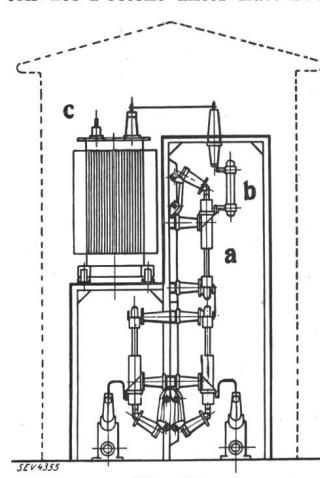


Fig. 13.

selektiv erfolgt. Fig. 11 zeigt einen solchen Posten, wobei Schalter und Sicherungen als separate Einheit zusammengefasst sind. Die Kosten für die betriebsbereite Installation stellen sich auf ca. $\frac{1}{3}$ derjenigen einer gewöhnlichen Anlage mit Trenner, Oelschalter, Zellen usw.; die Kosten für den

nötigen Raum wurden dabei nicht in die Rechnung eingeschlossen.

Transformatorstation an Ringleitung angeschlossen. Der Schalter a des Schemas Fig. 10 ist gemäss Fig. 12 an die

Systeme ist ein Oelschalter vorgesehen. Dieser muss natürlich der gleichen Serie entnommen werden wie die Hauptschalter des Kraftwerkes. Eine entsprechend grosse Zelle ist nötig. Wählt man in der Folge den vorher besprochenen

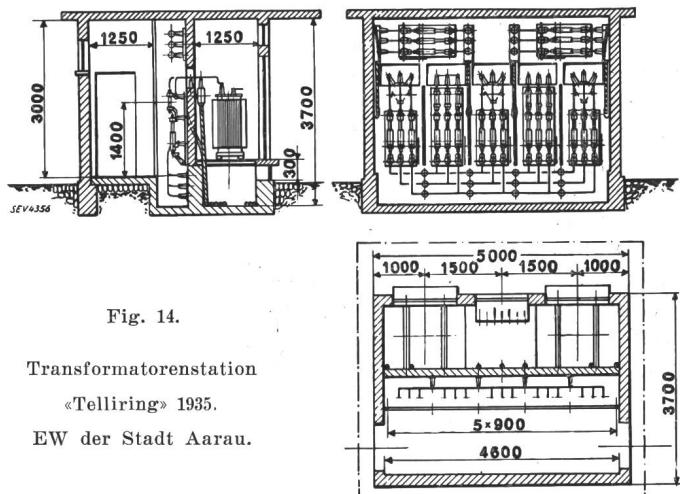
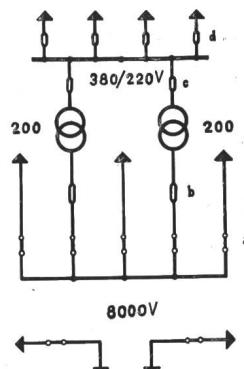


Fig. 14.

Transformatorenstation
«Telliring» 1935.
EW der Stadt Aarau.



Ringleitung angeschlossen. In solchen Fällen wird die Ein- und Ausschaltung der Stromschleife unter Last verlangt. Der Betrieb bedingt ausserdem, dass bei Unterbrechung der Energiezufuhr ein Teil der Schleife aus- und eingeschaltet

Kleinleistungsschalter, verbunden mit der Hochleistungssicherung, so erreicht man damit eine Raumeinsparung von $\frac{1}{3}$. Die Oelschalterzelle kann dabei ganz wegfallen. Das Schema Fig. 16 zeigt die vereinfachte Anlage.

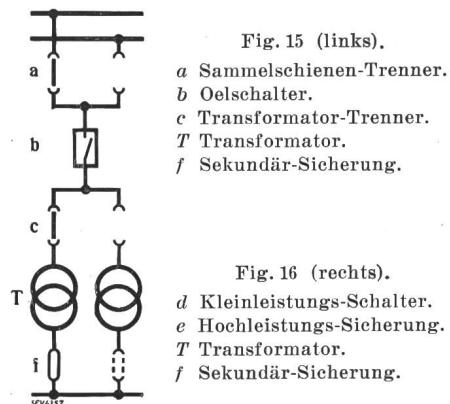
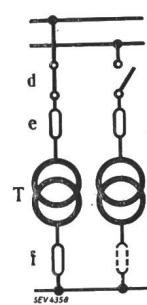


Fig. 15 (links).

- a Sammelschienen-Trenner.
- b Oelschalter.
- c Transformator-Trenner.
- T Transformator.
- f Sekundär-Sicherung.



- d Kleinleistungs-Schalter.
- e Hochleistungs-Sicherung.
- T Transformator.
- f Sekundär-Sicherung.

werden kann. Die Wiedereinschaltung kann auf einen Kurzschluss erfolgen. Die Selektivität für die Trennstellen der Schleife wird nicht verlangt; infolgedessen können ohne weiteres Kleinleistungsschalter eingebaut werden. Fig. 13 zeigt eine solche Installation, bestimmt für den Einbau in eine Plakatsäule.

Eine ähnliche Installation ist in Fig. 14 angedeutet. Hier ist ausserdem ein Abzweig der Schleife vorgesehen; die zwei im oberen Teil der Anlage eingebauten Kleinleistungsschalter dienen zur Ein- und Ausschaltung von zwei weiteren Kabeln der Netzanlage.

Anschluss eines Eigenbedarfs-Transformators in einem Kraftwerk. In Fig. 15 ist die Anlage im Schema dargestellt. Der eine der beiden Transformatoren dient als Reserve. Zum wechselweisen Schalten auf die beiden Sammelschienen-

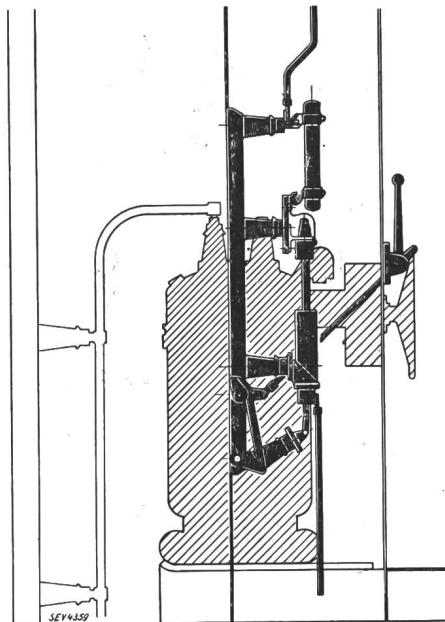


Fig. 17.

In Fig. 17 sind die beiden Möglichkeiten einander gegenübergestellt; die Kurzschlussleistung des Oelschalters ist annähernd gleich gross wie diejenige des Kleinleistungsschalters mit den zugehörigen Hochleistungssicherungen.