

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 19 (1928)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Bemerkungen über den Anschluss kleiner Objekte wie  
Eigenverbrauchstransformatoren und Spannungswandler an grosse  
Elektrizitätswerke

**Autor:** Rutgers, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057030>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 25.12.2024

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

# SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

# BULLETIN

## ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke } REDAKTION { Zürich 8, Seefeldstr. 301 } Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens et de l'Union de Centrales Suisses d'électricité

Verlag und Administration } Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G. } Editeur et Administration  
Zürich 4, Stauffacherquai 36/38

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet | Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XIX. Jahrgang  
XIX<sup>e</sup> Année

Bulletin No. 11

Juni I 1928  
Juin I 1928

### Bemerkungen über den Anschluss kleiner Objekte wie Eigenverbrauchstransformatoren und Spannungswandler an grosse Elektrizitätswerke.<sup>1)</sup>

Von F. Rutgers, Ing., Oerlikon, Schweiz.

621.317.8

Der Autor legt dar, dass bei grossen Kraftwerken der Anschluss eines Eigenverbrauchstransformers mittelst Sicherungen oder Oelschalter wegen des grossen Kurzschlussstromes der Betrieb gefährdet oder sehr teuer ist. Er empfiehlt daher für den Anschluss eine Drosselspule zu verwenden, wodurch bei Kurzschluss im Eigenverbrauchstransformer jede schädliche Rückwirkung auf den Betrieb vermieden wird und einfache Sicherungen für den Eigenverbrauchstransformer genügen. Sodann legt er die Nachteile der Schmelzsicherungen für Spannungswandler dar und empfiehlt die Verwendung eines mit einem Vorschaltwiderstand kombinierten automatischen Hornausschalters, der bei einer Störung im Spannungswandler durch die Temperaturzunahme des Widerstandes betätigt wird, wobei die Abschaltleistung durch den Widerstand auf einen genügend kleinen Wert begrenzt wird.

L'auteur montre que dans les grandes centrales il est dangereux pour le service, ou alors très dispendieux, de brancher sur les barres omnibus, au moyen de fusibles ou d'interrupteurs à huile, un transformateur alimentant les services auxiliaires, à cause du courant de court-circuit intense. Il recommande d'effectuer la connexion par l'intermédiaire d'une bobine de self, ce qui empêche toute répercussion nuisible pour l'exploitation, d'un court-circuit éventuel au transformateur auxiliaire et permet de se contenter de simples coupe-circuits pour protéger ce transformateur. L'auteur expose ensuite les inconvénients des fusibles pour transformateurs de potentiel et recommande l'emploi d'un interrupteur automatique à cornes, combiné avec une résistance additionnelle; en cas de perturbation au transformateur de potentiel, cet interrupteur est actionné par la chaleur dégagée dans la résistance; celle-ci limite la puissance de rupture à une valeur suffisamment faible.

#### I. Anschluss von Eigenverbrauchstransformatoren.

Infolge wachsender Grösse der Kraftwerke sind für den Anschluss von Eigenverbrauchstransformern besondere Massnahmen erforderlich. Der Kurzschlussstrom erreicht im Werk selbst sehr grosse Werte, namentlich wenn der Kurzschluss bei Generatorenspannung erfolgt. Am schlimmsten liegen die Verhältnisse, wenn alle Generatoren direkt parallel geschaltet werden. Nehmen wir als Beispiel für die nachfolgenden Ausführungen eine Erzeugungsanlage mit 8 Generatoren zu je 20 000 kVA bei 8000 V und Transformierung auf 130 000 V an, so erreicht der

<sup>1)</sup> Uebersetzung eines Berichtes, der an der „Conférence internationale des grands réseaux à haute tension 1927“ vom Verfasser vorgelegt wurde. (Die Redaktion.)

Dauerkurzschlußstrom an der Stelle, wo der Eigenverbrauchstransformer angeschlossen ist, je nach Schaltungsschema, angenähert etwa folgende Werte:

a) 8 Generatoren arbeiten parallel auf eine 8000 V Sammelschiene, an welcher auch der Eigenverbrauchstransformer angeschlossen ist. Der Kurzschlußstrom (Effektivwert) der 8 kV-Schienen erreicht hier im ersten Augenblick ca. 80 000 A eff. und der Dauerkurzschlußstrom ca. 23 000 A eff. Die maximale Amplitude, die für die mechanischen Beanspruchungen massgebend ist, kann sogar ca. 185 000 A betragen. Arbeitet das Kraftwerk parallel mit anderen grossen Werken, wie es meistens der Fall sein wird, so werden die Kurzschlußströme noch grösser. Wegen des grossen Kurzschlußstromes wird diese Schaltung für grosse Anlagen kaum mehr angewendet.

b) 8 Generatoren zu je 20 000 kVA arbeiten je über einen eigenen Transformator parallel auf die 130 kV Sammelschienen. Der Eigenverbrauchstransformer ist mittelst 8000 V Hilfssammelschiene direkt nur mit einem Generator verbunden. In diesem Falle arbeiten die übrigen Generatoren über 7 parallel geschaltete Transformatoren 8/130 kV via 130 kV Sammelschiene und über den achten Transformator 130/8 kV auf die 8000 V Hilfsschiene und auf den Punkt A (siehe Fig. 1).

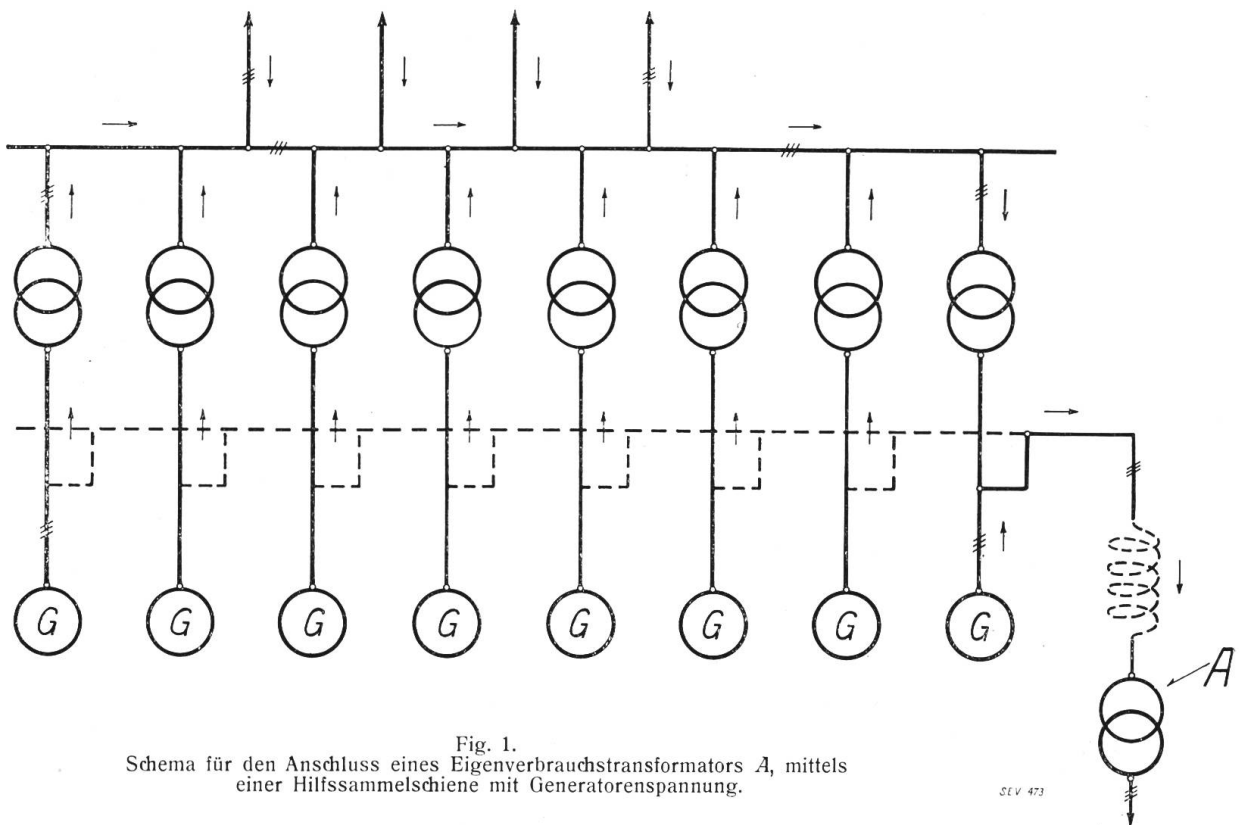


Fig. 1.  
Schema für den Anschluss eines Eigenverbrauchstransformators A, mittels einer Hilfssammelschiene mit Generatorenspannung.

SEV 473

Der maximale Kurzschlußstrom in A erreicht bei z. B. ca. 10% Kurzschlussspannung der Transformatoren ca. 21 000 A eff. und der Dauerkurzschlußstrom ca. 11 000 A eff. Auch in diesem Fall wird der Kurzschlußstrom noch wesentlich grösser, wenn das Werk mit anderen grossen Kraftwerken parallel arbeitet. Der Kurzschlußstrom ist dann im wesentlichen begrenzt durch die Impedanz des direkt mit dem Punkt A verbundenen Transformators, welcher bei genügend grosser Energiezufuhr etwa 15 000 A Dauer-Kurzschlußstrom durchlässt (stets unter der Annahme von ca. 10% Kurzschlußspannung). Also auch bei dieser Schaltung wird der Kurzschlußstrom in A bei grossen Anlagen noch sehr gross, so dass der Ueberstromschutz für den Eigenverbrauchstransformer teuer wird und versagen kann.

c) Man kann den Eigenverbrauchstransformer mittelst eines besonderen Transformators direkt an die 130 000 V Sammelschienen anschliessen. Dies bedingt jedoch ebenfalls eine sehr teure Anlage.

Infolge der grossen Kurzschlußströme, mit welchen nach den obigen Beispielen für den Anschluss von Eigenverbrauchstransformatoren zu rechnen ist, ist der bisher in kleinen Werken übliche Anschluss dieser Objekte über Sicherungen oder über einen Oelschalter kleiner Kurzschlussleistung bei grossen Werken nicht mehr betriebssicher. Wenn bei Störungen, z. B. bei Kurzschluss an den 8000 V Klemmen des Eigenverbrauchstransformers, die Sicherungen oder der Schalter versagen und zerstört werden, so ist namentlich die starke Rückwirkung der Störung auf die ganze übrige Anlage bedenklich und oft schlimmer als der Verlust der zerstörten Apparate selbst. Deshalb empfiehlt sich hier ganz besonders der Anschluss des Eigenverbrauchstransformers über eine passende *Strombegrenzungs-Drosselspule* (siehe Fig. 2).

Die in Fig. 2 abgebildete 3polige Strombegrenzungs-Drosselspule der Maschinenfabrik Oerlikon (Schweiz) ist bestimmt für den Anschluss eines Eigenverbrauchstransformers von 100 kVA Leistung, 6000/220 V, 50 Perioden. Die Spule ist so bemessen, dass, unter der Annahme einer unendlich grossen Leistung der Zentrale bei 6000 V, der Kurzschlußstrom ca. 320 A eff. nicht übersteigen kann. Die eisenfreie Spule selbst ist mechanisch so fest gegen alle Beanspruchungen bei Kurzschluss abgestützt und befestigt, dass sie dem vollen metallischen Kurzschluss hinter der Spule Stand zu halten vermag. Da die Spule kein Eisen enthält, sind die Windungszahlen gross und infolgedessen die Windungsspannungen so klein, dass die Gefahr eines Windungsschlusses praktisch ausgeschlossen ist. Die Eingangswindungen sind extra stark isoliert und zur Verminderung der Windungskapazität distanziert. Der Spannungsabfall im normalen Betrieb bei vollem Betriebsstrom beträgt nur 3,18% und ist somit für den Betrieb nicht hinderlich. Die Verluste betragen nur ca. 100 W pro Phase.

Die Vorteile der Verwendung einer solchen Drosselspule sind: Vergrösserung der Betriebssicherheit, Wegfall von Rückwirkungen auf den Betrieb bei Kurzschluss am Eigenverbrauchstransformer und geringe Anschaffungskosten im Vergleich zu genügend grossen Oelschaltern.

Da die Kurzschlußstromstärke auf einen bescheidenen Betrag von z. B. 300 bis 400 A begrenzt ist, kann ein Oelschalter kleiner Kurzschlussleistung oder gewöhnliche Hochspannungssicherungen für den Anschluss des Eigenverbrauchstransformers verwendet werden.

Setzen wir den Preis eines normalen automatischen Oelschalters für 6000 V gleich 100, so stellen sich die Apparate für den Schutz des Eigenverbrauchstransformers für direkten Anschluss an die Generatorspannung für einen Eigenverbrauchstransformer von 100 kVA wie folgt:

Bei einem Dauerkurzschlußstrom von . . . . .	3000 A	4500 A	6000 A	14000 A	20000 A
Oelschalterpreis . . . . .	100	115	130	310	—
Dreipolige Strombegrenzungs-Drosselspule für Kurzschlussbegrenzung auf ca. 400 A bei unendlich grosser Zentralenleistung, dazu 3 Sicherungen . . . . .	90	90	90	90	90

Schon bei nur 3000 A Kurzschlußstrom des Kraftwerkes ist die Drosselspule billiger als ein Oelschalter genügender Grösse. Bei 14500 A Kurzschlußstrom ist der Oelschalter schon 3,5 mal teurer. Bei ganz grossen Kurzschlußströmen lässt sich ein geeigneter 6000 oder 8000 V-Schalter nur schwer bauen.

Es könnte die Frage aufgeworfen werden, ob das Abschmelzen von Sicherungen in Serie mit einer solchen Drosselspule von hoher Selbstinduktion vielleicht besondere Erscheinungen mit sich bringt. Es wurden deshalb bei einem Kurzschlussversuch einige Oscillogramme aufgenommen, die zeigen, dass das Abschmelzen von

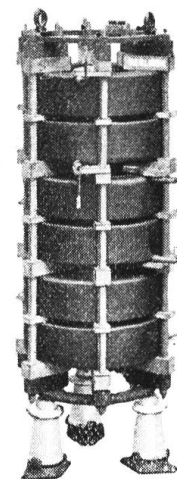


Fig. 2.  
Dreipolige Schutz-  
drosselspule für  
einen Eigenver-  
brauchstransformer  
von 100 kVA bei  
6000 Volt verkettete  
Spannung.

Sicherungen unter Kurzschluss in Serie mit einer solchen Drosselspule wesentlich günstiger vor sich geht als ohne Drosselspule.

Die Oscillogramme wurden aufgenommen mit einem Drehstrom-Generator von 2700 kVA normaler Leistung, 750 Touren, 6000 V, 50 Perioden.

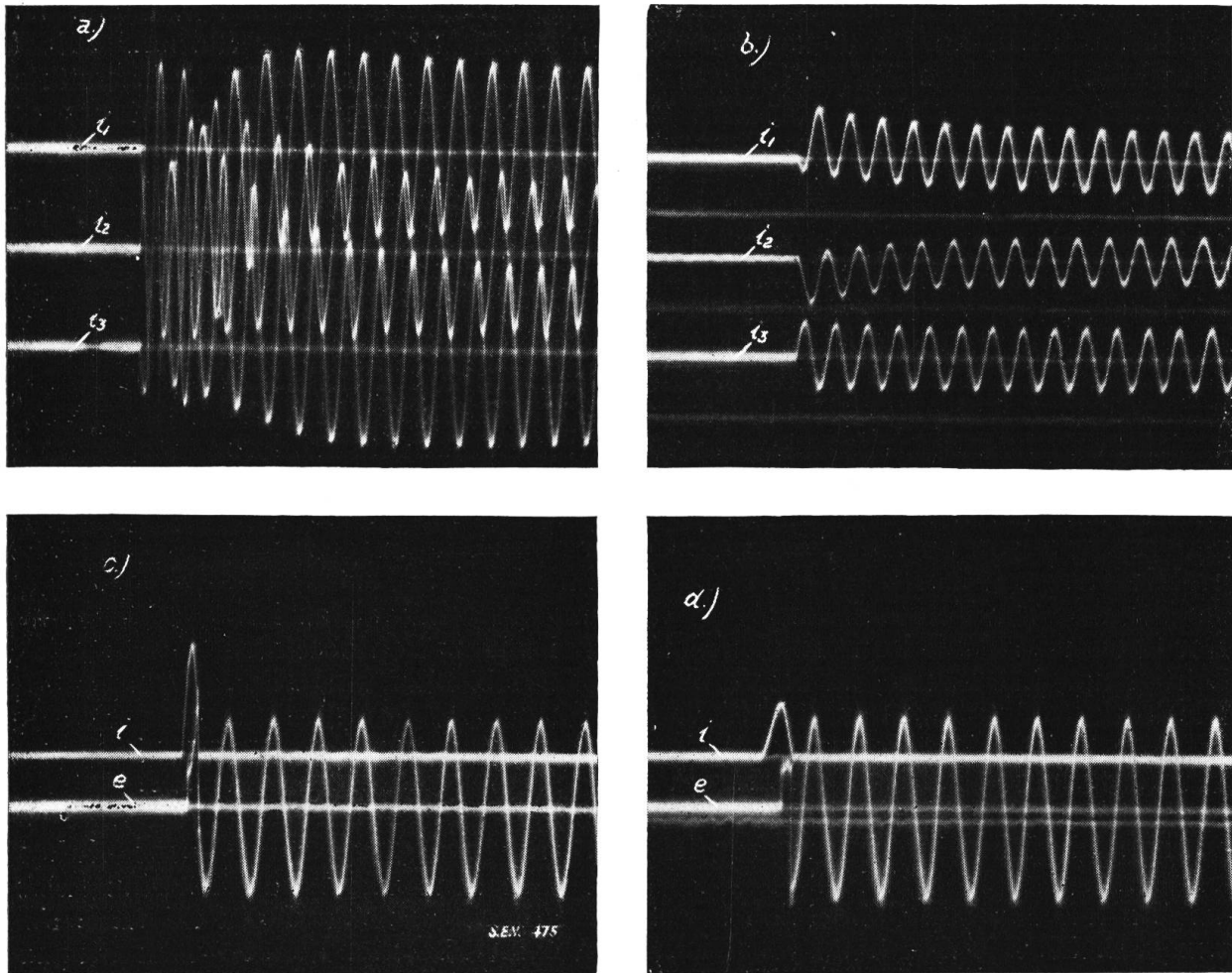


Fig. 3.  
Kurzschluss eines Generators von 2700 kVA Leistung, 6000 Volt, 50 Perioden.  
a) Ohne Drosselspule, ohne Sicherungen.  
b) Mit Drosselspule, ohne Sicherungen.  
c) Ohne Drosselspule, mit Sicherungen.  
d) Mit Drosselspule, mit Sicherungen.

Oscillogramm a zeigt den Dreiphasen-Kurzschluss ohne Drosselspule und ohne Sicherungen bei 721 Touren und 6020 V Klemmenspannung vor dem Kurzschluss. Dargestellt ist der Strom in allen drei Phasen. Die maximale Amplitude erreichte ca. 8600 A.

Oscillogramm b stellt den Dreiphasen-Kurzschluss über die dreipolige Schutzdrosselspule dar (ohne Sicherungen) bei 720 Touren und 6070 V Klemmenspannung. Die maximale Amplitude erreichte nur ca. 1250 A.

Oscillogramm c zeigt einen Einphasen-Kurzschluss (zwei Generatorphasen) über eine Schmelzsicherung, ohne Drosselspule, bei 722 Touren und 5650 V Klemmenspannung vor dem Kurzschluss. Die obere Linie stellt den Strom, die untere Linie die Spannung an den Klemmen der Sicherung dar. Die maximale Amplitude erreichte ca. 2830 A. Die Sicherung schmolz mit lautem Knall in weniger als  $\frac{1}{5}$  Sek. durch. Es trat eine Ueberspannung von ca. 45% auf.

Oscillogramm d zeigt den Kurzschluss bei gleicher Anordnung wie c bei 720 Touren und 5810 V Klemmenspannung vor dem Kurzschluss. Die maximale Amplitude erreichte ca. 1120 A. Die Sicherung schmolz sanfter und langsamer durch. Die Durchschmelzzeit war etwa doppelt so lang als bei Oscillogramm c ohne Drosselspule.

Die Versuche zeigen deutlich, dass der Einfluss der Drosselspule in jeder Hinsicht günstig war. Bei grösserer Generatorleistung wären die Vorteile noch stärker hervorgetreten.

Da Strombegrenzungs-Drosselspulen eine billige und betriebssichere Anlage ermöglichen und jede Rückwirkung eines Kurzschlusses des Eigenverbrauchstransformers auf die übrige Anlage verhüten, dürfte die Anwendung derartiger Drosselspulen die beste Art darstellen, um einen kleinen Eigenverbrauchstransformer an ein grosses Werk anzuschliessen. Die gleichen Drosselspulen lassen sich auch für den Anschluss anderer kleiner Stromverbraucher an Netzen mit grossem Kurzschlussstrom mit Vorteil verwenden, z. B. für den Schutz von Stangentransformatoren etc.

## *II. Anschluss von Spannungswandlern an Hochspannungs-Schaltanlagen.*

Der Anschluss von Spannungswandlern an Schaltanlagen von hoher Spannung bietet grosse Schwierigkeiten. Die normale Betriebsstromstärke ist sehr klein, meistens nur einige Hundertstel Ampere. Es bietet ausserordentliche Schwierigkeiten, Schmelzsicherungen für z. B. 130 kV und 0,05 A Stromstärke zu konstruieren, die 0,05 A dauernd durchlassen, ohne dass sich der sehr dünne Schmelzdraht oxydiert oder unter der Einwirkung der hohen Spannung zerfällt. Bei einer Störung im Spannungswandler steigt der Strom nicht nur auf den doppelten oder dreifachen Normalstrom bis die Sicherung schmilzt, sondern erreicht leicht den 100fachen Strom oder mehr. Bei 130 kV entspricht aber einem Strom von 5 A schon eine solch grosse Kurzschlussleistung, dass Spannungswandler und Sicherungen zerstört werden, was eventuell eine schwere allgemeine Betriebsstörung zur Folge hat. Bei Sicherungen in Isolierröhren besteht ausserdem die Gefahr, dass sich auf der Rohrwandung beim Durchschmelzen der Sicherung ein Oxyd oder eine Schlacke aufbrennt, welche noch genügend leiten, um trotz Durchschmelzens des Schmelzeinsatzes eine gewisse Spannung am Spannungswandler aufrecht zu erhalten. In diesem Falle können die Zähler unrichtig zeigen. Die nicht oder unrichtig gezählte Energie kann in wenigen Stunden eine Summe erreichen, die grösser ist als der Wert des ganzen Spannungswandlers.

Man hat den Sicherungen Widerstände vorgeschaltet, z. B. aus Silitstäben (Silit = kohlenstoffhaltiges Siliciumcarbid) bestehend, zur Begrenzung des Kurzschlussstromes. Diese haben nicht immer die gewünschten Resultate gegeben, namentlich dann nicht, wenn ein Fehlerstrom auftrat, der nicht gross genug war um den Schmelzeinsatz rasch zu schmelzen, wobei der Silitstab sich unzulässig erwärmte und schliesslich zerstört wurde. Dann wurde der Widerstand durch Lichtbogen überbrückt, die Sicherung und die Fehlerstelle bekamen die volle Spannung und es trat allgemeine Zerstörung der Apparate ein. Alle diese Umstände hatten dazu geführt, dass grosse Werke von z. B. 100 000 kW Leistung und über 100 kV Betriebsspannung dazu übergegangen waren, auf jeglichen Schutz der Spannungswandler zu verzichten, was keineswegs empfehlenswert ist.

In neuester Zeit verwendet man mit Vorteil Vorschaltwiderstände mit von der Temperatur des Widerstandes abhängigen automatischen Hörnerschaltern. Bei zunehmender Erwärmung des Vorschaltwiderstandes infolge Fehlers im Spannungswandler wird durch diese Erwärmung selbst der Hornschalter betätigt, dessen maximaler Abschaltstrom durch den Vorschaltwiderstand begrenzt ist. Der von der Temperatur des Widerstandes abhängige Schalter schützt umgekehrt den Vorschaltwiderstand vor Zerstörung. Je nach Spannung und Stromstärke wird ein hermetisch verschlossener Flüssigkeitswiderstand oder ein Metallwiderstand in Oel verwendet, dessen Wärmewirkung resp. Drucksteigerung direkt zur Auslösung des Hornschalters benützt wird.

Solche automatische Spannungswandler-Schutzapparate nach Patenten der Maschinenfabrik Oerlikon werden z. B. von den Schweizerischen Bundesbahnen für ihre 130 kV, 66 kV und 16 kV Anlagen verwendet.

Es wurden interessante Versuche mit solchen Apparaten durchgeführt. Es gelang dieselben so einzustellen, dass ein Schutzapparat für 0,06 A normalen Betriebsstrom schon bei 0,08 A auslöste, während eine Sicherung den Fehlerstrom bis zur Unterbrechung auf mehrere Ampere hätte ansteigen lassen. Der Spannungsabfall des Widerstandes kann für normale Spannungswandler von z. B. 200–500 VA Leistung in den Grenzen von  $\frac{1}{2}$ –1% gehalten werden. Der beim Abschalten durch den

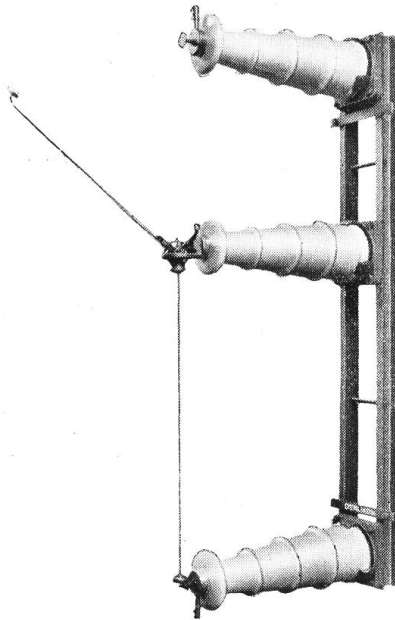


Fig. 4.  
Spannungswandler-Schutzapparat für  
132 000 Volt für das Kraftwerk Ver-  
nayaz der Schweiz. Bundesbahnen.

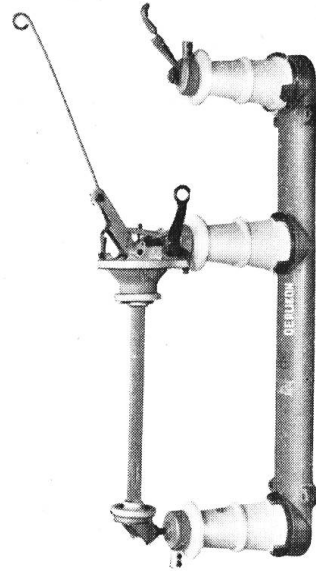


Fig. 5.  
Spannungswandler-Schutzapparat für  
24 000 Volt Nennspannung, verwendet  
in den Zentralen Amsteg und Ritom  
der Schweiz. Bundesbahnen.

beschriebenen Schutzapparat auftretende Lichtbogen war auffallend klein und erreichte z. B. bei 66 kV nur etwa 15 cm Länge. Mit 130 kV wurde folgender Versuch gemacht. Ein Isolierrohr wurde benetzt und damit über den genannten Spannungswandler-Schutzapparat die 130 kV Anlage kurzgeschlossen. Der Schutzapparat schaltete aus bevor auch nur Brandstellen am Isolierrohr auftraten.

Da mit diesem automatischen Hornschalter die Gefahren und Schwierigkeiten der Spannungswandler-Sicherungen wegfallen, braucht in Zukunft nicht mehr aus Furcht vor diesen Nachteilen auf den Schutz der Spannungswandler verzichtet zu werden.

## Einige Angaben über Sekundärstromtarife.

Von Fr. Setz, Arbon.

Der Autor weist darauf hin, dass auch für die Energieabgabe in Niederspannung eine bessere Angleichung der Stromtarife an die Auslagen, die die Abonnenten dem Werk verursachen, erwünscht ist, als dies durch die vielfach üblichen Mehrfachtarife möglich ist. Er berichtet sodann über die Erfahrungen mit einem Grundgebührentarif, wie solche bei grösseren Energieabgaben schon längere Zeit üblich sind. Dabei wird durch Strombegrenzer dafür gesorgt, dass die abonnierte Leistung nicht überschritten wird.

621.311(002)  
L'auteur relève que la tarification multiple ordinaire n'est pas à même d'adapter équitablement le prix facturé aux abonnés avec les dépenses que ceux-ci occasionnent à la centrale, aussi quand il s'agit de la vente d'énergie à basse tension. Il rapporte ensuite les expériences faites avec un tarif à taxe initiale, comme on en connaît depuis longtemps dans la vente de l'énergie en gros. Des limiteurs de courant empêchent que la puissance abonnée soit dépassée.

In letzter Zeit taucht in Fachkreisen vermehrt die Ansicht auf, die bisherigen Tarife für Abgabe elektrischer Energie an Mittel- und Kleinkonsumenten entsprechen den heutigen Anschauungen nicht mehr. Es sei einem Werksleiter gestattet,