

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 31 (1940)

**Heft:** 19

**Artikel:** Zur Verbesserung der Energielieferung in Ueberlandnetzen : das selbstdärtige Wiedereinschalten der Leitungen

**Autor:** Roth, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061382>

#### 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:** 16.02.2026

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

# BULLETIN

REDAKTION:

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

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telephon 5 17 42  
Postcheck-Konto VIII 8481

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

XXXI. Jahrgang

Nº 19

Mittwoch, 18. September 1940

## Zur Verbesserung der Energielieferung in Ueberlandnetzen: Das selbsttätige Wiedereinschalten der Leitungen.

Von A. Roth, Aarau.

621.316.57.064.22 : 621.316.925.45

Es wird angeregt, die Methode des Selektivschutzes in Verbindung mit Schaltern, die nach erfolgter Auslösung automatisch wieder einschalten, auf die Hochspannungsverteilernetze der Ueberlandwerke anzuwenden, dadurch, dass solche Schalter in die gefährdeten Leitungen eingebaut werden. Zwei Beispiele erläutern die Idee, die eine Verbesserung der Betriebssicherheit mit sich bringt. Besonders betrachtet wird die Wiedereinschaltzeit und der Antrieb der Schalter.

Während in den städtischen Netzen Betriebsunterbrechungen grösserer Bezirke heute kaum mehr vorkommen, treten solche in ländlichen Netzen trotz namhafter Verbesserung häufiger auf, als es den Elektrizitätswerken und ihren Bezügern lieb ist. Solche Störungen werden mit wachsender Ausbreitung der elektrischen Küche störender empfunden als früher und geben im Zeitalter von Kino und Radio auch mehr zu Reklamationen Anlass.

Die grössere Häufigkeit der Störungen in Landnetzen ist einmal auf das häufige Auftreten von Kurzschlägen infolge der in diesen Netzen naturgemäß verwendeten Freileitungen und sodann auf die viel weniger weit getriebene Aufteilung der Anlagen in Einzelnetze durch Selbstschalter zurückzuführen, welche das klassische Mittel zur Einschränkung des Wirkungsbereiches von Störungen darstellt. Also: mehr Störungen und grösserer Einflussbereich der einzelnen Störung.

Beides ist durch wirtschaftliche Gründe bedingt. Insbesondere ist ein vermehrter Einbau von Oelschaltern nicht tragbar, nicht wegen der einmaligen Anlagekosten, sondern wegen der viel grösseren Auslagen für deren Bedienung. Der Einbau eines Selbstschalters hat nämlich nur dann einen Zweck, wenn dieser nach dem Abschalten möglichst rasch wieder eingelegt wird; dazu ist aber Personal nötig, sei es, dass es an Ort und Stelle bereit ist, sei es, dass es mit Motorrad möglichst rasch hinkommt. Beides ist für Netze schwacher Konsumdichte wirtschaftlich ausgeschlossen. Es sind also rein wirtschaftliche Gründe, die einer Verbesserung der Verhältnisse entgegenstehen.

Die Sachlage stellt sich aber ganz anders dar, wenn die in der Schweiz bisher wenig gebräuchliche Verwendung von Schaltern mit Einrichtung für selbsttätiges Wiedereinschalten ins Auge gefasst

L'auteur propose d'appliquer la méthode de la protection sélective aux réseaux ruraux à haute tension, au moyen de disjoncteurs qui réenclenchent automatiquement après avoir déclenché. Les lignes accusant de nombreux courts-circuits devraient être pourvues de tels disjoncteurs. Deux exemples montrent l'utilité de cette idée qui contribuerait à améliorer la permanence de service. L'auteur étudie spécialement le temps de réenclenchement et la commande des disjoncteurs.

wird. Diese Lösung erscheint verheissungsvoll, wenn man bedenkt, dass weitaus die meisten Störungen in Freileitungsnetzen (über 90 %) auf vorübergehende Kurzschlüsse zurückzuführen sind, verursacht durch fallende Aeste, Baumschlag, Heu, Vögel, Zusammenschlagen von Drähten bei Abfallen von Eis und Rauhreif, Gewitterüberspannungen und Blitzschläge.

Diese Schalter sind mit denselben Ueberstromauslösern wie die andern Schalter des Netzes ausgerüstet, deren Einstellung nach den gewohnten Grundsätzen der Selektivität so gestaffelt ist, dass nur der dem Fehlerort zunächst liegende Schalter auslöst. Dazu besitzen sie aber eine Einrichtung, die bewirkt, dass der Schalter selbsttätig, also ohne Eingreifen irgendwelchen Bedienungspersonals, nach einer einstellbaren Zeit wieder eingelegt wird. Besteht dann die Ursache der Störung immer noch, so wiederholt sich der Vorgang: Abschalten und Wiedereinschalten, dieses meist nach einer gegenüber dem ersten Ablauf verlängerten Zeitspanne, um der Störung Zeit zum Verschwinden zu geben (Herunterfallen oder Verbrennen von Aesten oder Vögeln). Ist die Störung dann immer noch nicht verschwunden, so wird der Schalter blockiert: er bleibt offen, bis durch Hilfspersonal der Fehler behoben und der Schalter durch Verstellen eines Griffes wieder freigegeben ist. Dies entspricht dem Vorgehen bei bedienten Unterstationen, wo ja auch die Fehlerursache behoben und der Schalter wieder eingelegt werden muss. Manche Betriebe sehen 1 bis 2 weitere Wiedereinschaltungen vor.

Man sieht ohne weiteres ein, dass bei Verwendung der Wiedereinschaltvorrichtung das Netz durch Schalter in beliebig viele Abschnitte unterteilt und damit eine sehr vollkommene Eingrenzung der durch Kurzschlüsse gestörten Gebiete

erreicht werden kann, und zwar ohne dass dadurch irgendwelche Mehrkosten für Bedienung auftreten. Die Kosten für die Ausrüstung sind also, abgesehen von der unbedeutenden Wartung anlässlich der ohnehin nötigen Netzkontrollen, einmalige.

Einige

### Beispiele

mögen die Anwendung der selbsttägigen Wiedereinschaltung erläutern:

Fig. 1 zeigt ein 8-kV-Netz, welches verschiedene Dörfer und Weiler speist. Wie gebräuchlich enthält es einen einzigen selbsttägigen Oelschalter in A, der bei jedem Kurzschluss auf einer der Leitungen oder in einer der Transformatorenstationen ausschaltet. Jedesmal wird also das ganze Netz stromlos, gewiss ein sehr unangenehmer Zustand, dauert doch die Störung jedesmal mindestens 1 min, wenn die Station bedient ist, mehrere min bis zu  $\frac{1}{4}$  h, wenn dies nicht der Fall ist. In beiden Fällen kann eine erste Verbesserung durch den Einbau einer selbsttägigen Wiedereinschaltung am Schalter in A erreicht werden. Damit wird die Dauer der Störung auf die Summe von Laufzeit der Ueberstromrelais und Wiedereinschaltzeit herabgesetzt.

Eine nähere statistische Untersuchung habe nun gezeigt, dass die meisten Störungen auf den Zweigleitungen nach C und E auftreten, auf der ersten, weil die Leitung ein von Gewittern bevorzugtes Tälchen durchzieht, auf der zweiten, weil sie einen Wald durchquert, wo häufig Äste herunterfallen. Die beiden Leitungen werden daraufhin an den Ab-

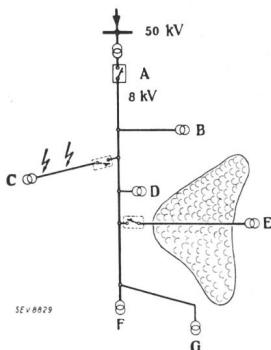


Fig. 1.

Mittelspannungsnetz ohne und mit (punktiert gezeichneten) Schaltern mit Wiedereinschaltvorrichtung. Leitung nach E geht durch Wald. Leitung nach C führt durch Gebiet, das häufig Blitzeinwirkungen ausgesetzt ist.

zweipunkten mit einem Schalter mit Wiedereinschaltvorrichtung ausgerüstet, dessen Auslöser auf 0,5 s eingestellt sind. Die Einstellung der Auslöser des Schalters in A wird auf 1 s erhöht. Die Wiedereinschaltvorrichtung der beiden Schalter wird für die erste Einschaltung auf 0,3 s eingestellt, für die zweite auf 1 min. Tritt nun auf dem Abzweig C eine Gewitterüberspannung auf, so unterbricht der Abzweigsschalter nach 0,5 s, schaltet nach weiteren 0,3 s wieder ein und bleibt eingeschaltet; im Dorf C wird also die Energielieferung nur während 0,8 s gestört, der übrige Teil des Netzes hat die Störung nur in Form einer 0,5 s dauernden Spannungsabsenkung bemerkt.

Fällt auf die Leitung des Abzweiges E ein Ast, so wird wieder der betreffende Abzweigsschalter nach 0,5 s herausfallen, nach weiteren 0,3 s wieder einschalten. Der Ast wird aber noch auf der Leitung liegen, vielleicht brennend, der Schalter also nach weiteren 0,5 s wieder öffnen. Nach einer min wird er wieder selbsttätig eingelegt. Mit grosser Wahrscheinlichkeit ist unterdessen der Ast heruntergefallen; der Schalter bleibt also geschlossen, wenn nicht, so öffnet er zum dritten Male und wird nun blockiert. Das Dorf E erleidet also im ersten Falle eine Unterbrechung der Energielieferung von einer min, im zweiten bleibt es bis zur Behebung der Störung an Ort und Stelle ohne Energie. Das übrige Netz aber bemerkt von der Störung nur eine, bzw. zwei Spannungsabsenkungen von 0,5 s Dauer.

Fig. 2 zeigt eine weitere interessante Anwendung: Es handelt sich um ein System, bestehend aus einem vermaschten Kabelnetz, welches eine Stadt speist, und am Kabelring angeschlossenen Freileitungen bis 17 km Einzellänge, welche die Ortschaften der Umgebung mit Energie versorgen. Störungen

im Kabelnetz sind äußerst selten, solche im Freileitungsnetz häufig. Schalter mit Wiedereinschaltvorrichtung an den Kopfpunkten der Freileitungen schaffen auch hier einen einwandfreien Betrieb: die an das Kabelnetz angeschlossenen Abnehmer leiden nicht mehr unter den im Freileitungsnetz

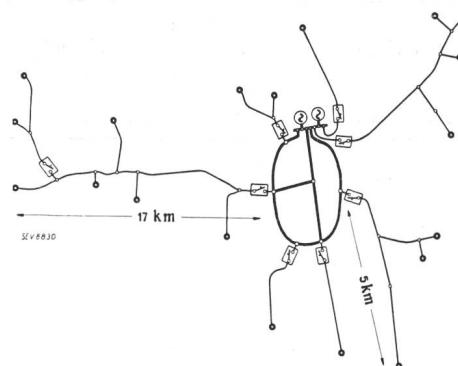


Fig. 2.  
Kabelnetz (dicke Linien) mit angeschlossenen Freileitungen (dünn Linien).

auftretenden Störungen; die Störungen im Freileitungsnetz selbst werden örtlich und zeitlich eingeschränkt. Natürlich können die einzelnen Freileitungsstränge wie im Falle Fig. 1 unterteilt und so die Störungen noch weiter verringert werden.

Ein weiteres Anwendungsgebiet der selbsttägigen Wiedereinschaltung sind die ebenfalls in ländlichen Netzen heute ziemlich verbreiteten, mit Leitungsschaltern ausgerüsteten Unterwerke (meist Transformatorenstationen 50/8 oder 50/16 kV) ohne ständige Bedienung (Fig. 3). Tritt in den durch diese Werke gespeisten Netzen ein vorübergehender Kurzschluss auf, so vergeht meist geraume Zeit, bis das durch ein Signal herbeigerufene Personal an Ort und Stelle ist, um den Schalter wieder einzulegen. Dies bedeutet in allen Fällen, wo der Kurz-

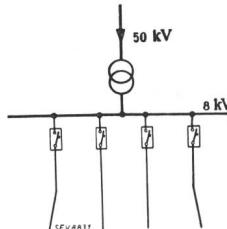


Fig. 3.

Unterwerk mit mehreren abgehenden Leitungen mit Schaltern mit Wiedereinschaltvorrichtung.

schluss vorübergehender Natur ist, d. h. in 9 Fällen von 10, eine unerwünschte und unnötige Verlängerung der Unterbrechung der Energielieferung und einen entsprechenden Ausfall an Einnahmen, abgesehen von den mehr oder weniger temperamentvollen Reklamationen der Abnehmer. Der Einbau der selbsttägigen Wiedereinschaltvorrichtung schafft hier vollständige Abhilfe. In den wenigen Fällen dauernden Kurzschlusses müsste auch bei bedienten Stationen zuerst der Fehler selbst behoben werden.

Eine wichtige Frage ist die der *Einstellung der Wiedereinschaltzeit*. Die günstigste Zeit kann im Einzelfall verschieden sein. Die Zeit soll naturgemäß so kurz als möglich sein, damit die Unterbrechung der Energielieferung möglichst rasch behoben ist. Anderseits muss die Öffnungszeit aber lange genug sein, damit der Lichtbogen an der Kurzschlussstelle unterbrochen wird, oder genauer

ausgedrückt, damit die vom Lichtbogen herrührenden ionisierten Gase sich soweit abkühlen, dass sie nicht mehr leitend sind, wenn die Spannung wieder erscheint. Diese Mindestzeit dürfte nach neuen Erfahrungen 0,3 s betragen. Wenn also Ueberschläge durch Gewitterüberspannungen die vermutliche Ursache sind, kann ein erstes Wiedereinschalten versucht werden. Anders im Falle von Kurzschlüssen durch Aeste oder Vögel: Der Gegenstand braucht einige Zeit, bis er von der Leitung heruntergefallen oder verbrannt ist. Möglicherweise ist dies nach einigen Sekunden der Fall und ein erstes Wiedereinschalten kann nach 10 s versucht werden. Möglicherweise dauert dies auch länger; das zweite Wiedereinschalten wird darum zweckmäßig nach 1 min oder später erfolgen. Eine Einstellung zwischen 10 s und 1 min sollte aus folgendem Grunde vermieden werden: Nach der unteren Zeitgrenze kommen an das Netz angeschlossene Motoren zum Stillstand. Kehrt nun die Spannung z. B. nach 20 s zurück, so werden die Motoren, sofern ihre Schalter keine Nullspannungsauslösung besitzen (oder nicht als Schützen ausgebildet sind), wieder anlaufen. Dadurch entstehen aber grosse Unfallgefahr und sehr hohe Stromstöße im Netz, welche zu Auslösungen von Schaltern und Durchschmelzen von Sicherungen führen. Es muss also so lange mit dem Einschalten zugewartet werden, bis die Arbeiter sich über die Lage klar geworden sind und vorschriftsgemäss die Motoren ausgeschaltet haben.

Eine kurze Einstellung des ersten Wiedereinschaltens im Bereich 0,3...10 s und eine lange des zweiten Einschaltens von 1...2 min dürften im allgemeinen die besten Ergebnisse zeitigen. Abweichungen ergeben sich im Einzelfalle aus den besonderen Verhältnissen. So dürfte vielleicht im Fall Fig. 1 der Schalter von E vorteilhaft mit 1 min für die erste und 2 min für die zweite Einschaltung eingestellt werden (herunterfallende Aeste).

Eine weitere Frage ist diejenige nach der *Wahl der Energiequelle* für die Wiedereinschaltung, mit andern Worten des Systems des Antriebes. Man unterscheidet in der Hauptsache:

- a) Wiedereinschaltvorrichtung mit elektrischem Antrieb,
- b) Wiedereinschaltvorrichtung mit Gewichtsantrieb.

Der erste (Fig. 4) besteht aus einem der bekannten elektrischen Antriebe, verbunden mit einem Zeitwerk, das 1. die Wiedereinschaltungen befiehlt,

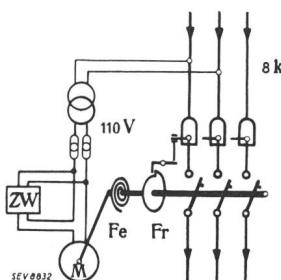


Fig. 4.

Elektrisches Schaltbild einer Wiedereinschaltvorrichtung mit elektrischem Antrieb. M Motor, ZW Zeitwerk, Fr Freilaufkupplung, Fe Feder.

2. bei Dauerkurzschluss ihre Zahl begrenzt und 3. bei vorübergehender Störung die Ausgangslage wieder herstellt. Dabei muss aber die Energielieferung

für diesen Antrieb entweder aus einer unabhängigen Quelle erfolgen (Batterie) oder dann dem Netz auf der speisenden Seite des Schalters entnommen werden, was einen Transformator, eventuell Spannungswandler genügender Leistung bedingt. Ein Antrieb mit Federkraftspeicher eignet sich dazu besonders gut, weil er nur kleine Leistung benötigt.

Die *Wiedereinschaltvorrichtung mit Gewichtsantrieb* weist keine elektrischen Steuerkreise auf. Die Auslöser bewirken das Öffnen des Schalters, wodurch mechanisch das Zeitwerk Zw (Fig. 5) frei-

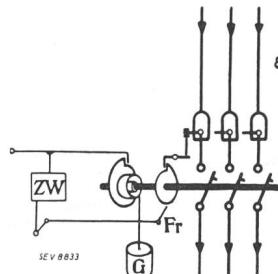


Fig. 5.

Elektromechanisches Schaltbild einer Wiedereinschaltvorrichtung mit Gewichtsantrieb (Sprecher & Schuh). G Gewicht, ZW Zeitwerk, Fr Freilaufkupplung.

gegeben wird. Dieses gibt nach Ablauf der eingestellten Zeit die Einschaltklinke frei, wonach das Gewicht G den Schalter einschaltet. Hierauf wiederholt sich dasselbe Spiel, bis der Kurzschluss verschwunden oder die eingestellte Schaltzahl erreicht ist. Dasselbe Zeitwerk bestimmt die Schaltzahl.

Die in Fig. 6 gezeigte Wiedereinschaltvorrichtung weist verschiedene interessante Eigenheiten auf: Die Zeit bis zur ersten Wiedereinschaltung kann in den Grenzen 0,3 bis 120 s, für die folgenden von 5 bis 120 s eingestellt werden, und zwar bei mehreren Wiedereinschaltungen auf verschiedene Werte. Die Zahl der Wiedereinschaltungen bei ein und demselben Fehler kann ebenfalls verschieden gewählt werden, und zwar von 1 bis 4. Das Gewicht erlaubt 10 Wiedereinschaltungen, worauf es wieder mit einer Kurbel von Hand aufgezogen werden muss. Dies erfolgt spielend leicht (10 Umdrehungen der Kurbel unter einem Drehmoment von 200 cmkg für 10 Einschaltungen eines 10-kV-Schalters).

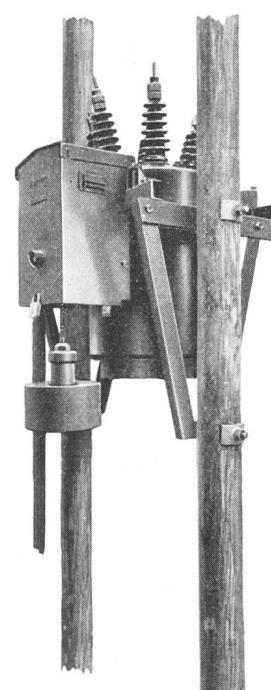


Fig. 6.

Oelschalter 15 kV, 200 A, 200 MVA, mit Gewichtsantrieb und Wiedereinschaltvorrichtung für Stangenmontage (Sprecher & Schuh).

Eine besondere Aufgabe bei allen Schalterantrieben mit mechanischer Energiespeicherung stellt die Vernichtung der überschüssigen Energie. Die für die Einschaltung zur Verfügung gestellte Energie (Gewicht × Weg) muss nämlich bedeutend grösser sein als die für das Einlegen des Schalters nötige Energie, damit genügende Sicherheit für richtiges

Einschalten auch unter erschwerten Bedingungen besteht (grössere Reibung bei tiefer Temperatur, angerauhte Kontakte des Schalters, besonders aber Wiedereinschalten auf Kurzschluss). Bei leichten Einschaltbedingungen ist dehalb ein bedeutender Ueberschuss an mechanischer Energie vorhanden, der vernichtet werden muss, soll er nicht Unheil anrichten. Dies wird bei dem beschriebenen Apparat durch eine Oelbremse erreicht, welche zwischen Antriebsgewicht und Antriebskette eingebaut ist. Das Schalten erfolgt so ausserordentlich sanft.

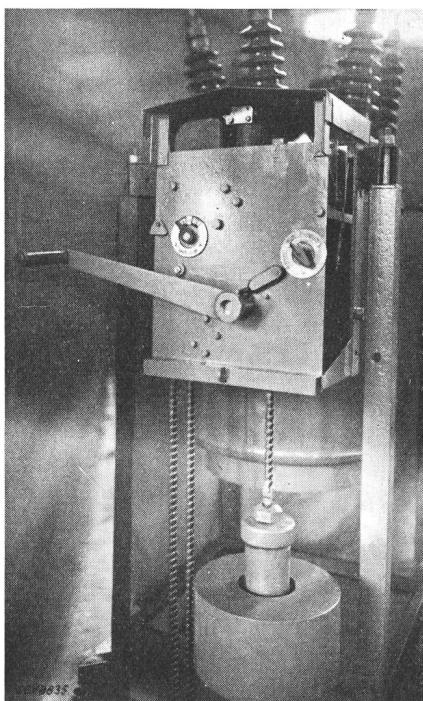


Fig. 7.

Wiedereinschaltvorrichtung.

Vorderansicht bei aufgeklapptem Gehäuse (Sprecher &amp; Schuh).

Das Zeitwerk wird durch eine Feder angetrieben, welche durch die Ausschaltbewegung des Schalters gespannt wird. Sein Zeitallauf wird durch eine Wirbelstrombremse geregelt. Dasselbe Zeitwerk steuert sowohl die einzelnen aufeinanderfolgenden Wiedereinschaltzeiten, als auch die Blockierung der Wiedereinschaltvorrichtung nach festgelegter Zahl von Operationen.

Ein vorn rechts im Gehäuse angebrachter Handgriff (Fig. 7) erlaubt, die selbsttätige Vorrichtung ausser Betrieb zu setzen. Der Bedienende kann dann mit demselben Handgriff den Schalter nach Wunsch ein- oder ausschalten. Des weitern dient der gleiche Griff zum Entblockieren der Wiedereinschaltvorrichtung bei Dauerkurzschluss, d. h. nach endgültigem Öffnen des Schalters und nach Behebung der Störungsursache. Links ist die Anzeigevorrichtung «Ein — Aus» sichtbar.

Diese Gewichtsantriebe sind ausserordentlich einfach und bilden ein einheitliches Ganzes, das am Schalter angebaut ist. Infolgedessen ist die Montage an Ort und Stelle denkbar einfach, genau gleich wie diejenige eines gewöhnlichen Oelschalters. Das Gewicht wird anlässlich der Revision durch eine Kurbel mühelos aufgezogen. Bei Freiluftausführung werden die Auslöser im Antriebskasten eingebaut und durch im Schalterkessel eingebaute Stromwandler, oder für Ströme über 100 A durch auf die Durchführungen des Schalters aufgeschobene Stabwandler gespeist. Die Schalter werden mit Vorliebe als Mastschalter ausgeführt (Fig. 6). Der Gewichtsantrieb kommt mit Rücksicht auf seine Einfachheit und entsprechend niedrigen Anlagekosten immer dann zur Anwendung, wenn nur ein oder wenige Schalter am gleichen Ort aufgestellt sind.

Demgegenüber benötigt die Wiedereinschaltvorrichtung mit *elektrischem Antrieb* einen besonderen Spannungswandler mit Sicherungen, elektr. Zeitwerk und den entsprechenden Steuerleitungen. Sie hat aber den Vorteil der selbsttätigen Ladung, also einer unbeschränkten Schaltzahl. Sie kommt in Stationen mit grösserer Anzahl von Schaltern zur Anwendung.

Diese Ausführungen dürften gezeigt haben, dass die Sicherheit des Betriebes von Landnetzen wesentlich erhöht werden kann durch den Einbau der Wiedereinschaltvorrichtung an bestehende Schalter oder durch Einbau zusätzlicher Schalter mit Wiedereinschaltvorrichtung oder beide Massnahmen zusammen. Es sei noch besonders darauf hingewiesen, dass hier eine *Möglichkeit rascher Arbeitsbeschaffung* für die Elektroindustrie vorliegt, da der Einbau der Vorrichtung oder zusätzlicher Schalter nur unwesentliche Vorarbeiten verlangt.

## Seriekreis, gekoppelte Kreise und Bandfilter.

(Fortsetzung von Bull. SEV 1939, Nr. 19.)

Von Erwin de Gruyter, Zürich.

621.396.611.1

Zum Abschluss des Themas Parallel- und Seriekreis und als Einleitung für die hier folgende Abhandlung über gekoppelte Kreise und Bandfilter sei eine Gegenüberstellung von Sperr- und Saugkreis gemacht, die für die Rundfunkpraxis bestimmt ist. Die mathematische und graphische Fassung hat dabei eine so universelle und prägnante Form angenommen, dass sie leicht aus dem Gedächtnis reproduziert werden kann.

Im Nachtrag des ersten Teiles wurde darauf hingewiesen, dass es für die Bestimmung der Anpassung günstiger ist, die Seriewiderstände  $R_s$  des Par-

A titre de conclusion de l'étude des circuits en parallèle et en série, ainsi que d'introduction à l'étude qui suit sur les circuits couplés et les filtres passe-bande, l'auteur procède à une comparaison des circuits-filtres avec les circuits absorbants, destinée à la pratique de la radiophonie. La représentation mathématique et graphique a pris une forme si universelle et frappante qu'elle peut facilement être reproduite de mémoire.

allelkreises rechnerisch durch Parallelwiderstände  $R_p$  zu ersetzen. Das Schema für  $\beta_X$  geht damit in das Ersatzschema  $\beta_{(X)}$  über, das eine reine Parallel-