

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 36 (1945)  
**Heft:** 24

**Artikel:** Betriebserfahrungen mit Schnelldistanzschutz im 150-kV-Netz der Bernischen Kraftwerke A.-G.  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1056523>

### **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:** 18.01.2025

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

# ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

# BULLETIN

**RÉDACTION:**  
 Secrétariat de l'Association Suisse des Electriciens  
 Zurich 8, Seefeldstrasse 301

**ADMINISTRATION:**  
 Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 23 77 44  
 Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXXVI<sup>e</sup> Année

N<sup>o</sup> 24

Mercredi, 28 Novembre 1945

## Betriebserfahrungen mit Schnelldistanzschutz im 150-kV-Netz der Bernischen Kraftwerke A.-G.

Mitgeteilt von den Bernischen Kraftwerken A.-G., Bern

621.316.925.45

*Die während 3 Jahren geführte Statistik gibt Aufschluss über die Störungsarten und das Verhalten des Schnelldistanzschutzes. In 95 von insgesamt 99 Kurzschlussfällen hat der Schutz eindeutig richtig gearbeitet. Bei den kurzen Abschaltzeiten entsteht im Betrieb nur eine momentane Spannungsschwankung.*

*Une statistique établie durant trois années renseigne sur le genre des perturbations et sur le comportement de la protection rapide de distance. Dans 95 cas de court-circuit sur 99, cette protection a nettement fonctionné correctement. En raison de la rapidité des déclenchements, il ne se produit dans le réseau qu'un fléchissement momentanée de la tension.*

Die Bernischen Kraftwerke A.-G. besitzt ein ausgedehntes 150-kV-Leitungsnetz mit direkt geerdetem Nullpunkt, gemäss Fig. 1, das mit weiteren Netzen in Verbindung steht und an welches die Städte Basel, Bern und Zürich angeschlossen sind. Für das Netz ist charakteristisch, dass die Unterstationen zweiseitig im Verbundbetrieb gespeist werden. Die wichtigsten Stationen sind dabei durch

3 Jahren mitgeteilt und einige ausgewählte Störungsfälle behandelt, die von allgemeinem Interesse sein dürften.

In der erfassten Zeitperiode sind total 99 Störungen aufgetreten, die sich folgendermassen aufteilen:

1polige Erd-Kurzschlüsse	45
2polige Erd-Kurzschlüsse	16
3polige Erd-Kurzschlüsse	15
2polige isolierte Kurzschlüsse	23
<b>Total</b>	<b>99</b>

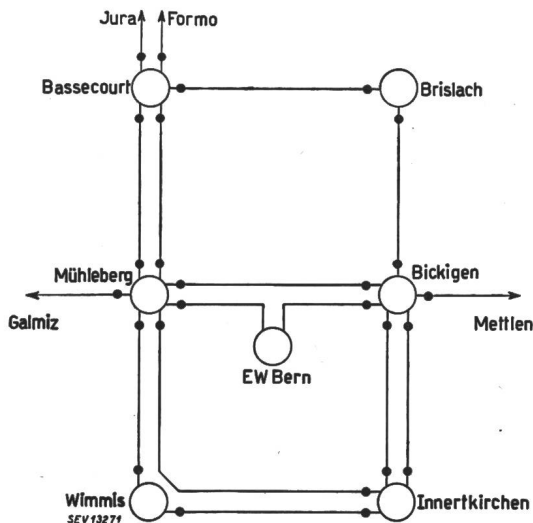


Fig. 1.

Schnelldistanzschutz im 150-kV-Netz der BKW

Die schwarzen Punkte stellen Hochspannungsschalter mit Schnelldistanzrelais dar.

Doppelleitungen verbunden. Die Leitungslänge, nach Distanz gemessen, beträgt 573 km; davon sind 253 km als Doppelleitung ausgeführt. Seit Anfang 1942 ist das Netz mit 26 Schnelldistanzrelais Typ L 3 von Brown Boveri, siehe Fig. 2, einheitlich geschützt.

Im Nachstehenden werden die Erfahrungen mit dem Schnelldistanzschutz über eine Betriebszeit von

In 7 von allen Störungsfällen hat der Lichtbogen im Zeitraum vom Störungseintritt bis zur Abschaltung auf andere Phasen bzw. Leitungen übergegriffen, und zwar 2mal bei beidseitiger Abschaltung der gestörten Strecke mit Grundzeit und 5mal bei einseitig zweiter Stufe. In 2 von diesen 7 Fällen wurden Leiter einer Parallelleitung ergriffen (bei Sturm). In 8 weiteren Fällen ist es unbestimmt, ob der Kurzschluss sogleich mehrpolig begann oder erst während seiner Dauer mehrpolig wurde. Bei mehreren Störungen erlöschte der Lichtbogen von selbst, nachdem die Strecke einseitig abgeschaltet war.

Als Ursache der Störungen kommen in etwa 20 Fällen Flugzeuge und Sperrballons, sowie sonstige Kriegseinflüsse in Betracht. Die übrigen Fälle verteilen sich auf Gewitter, Schneestörungen und vereinzelte Kurzschlüsse in den Stationen.

Die Distanzrelais sind im BKW-Netz so eingestellt, dass im allgemeinen die erste Zeitstufe (Grundzeit) 85 % der Streckenlänge erfasst, so dass also im Mittel 70 % Kurzschluss-Abschaltungen beidseitig mit erster Stufe zu erwarten sind. Nach der Statistik wurden 78 % der Störungen beidseitig mit erster Stufe, 20 % mit erster und zweiter Stufe und

2 % mit einer höheren Zeitstufe abgeschaltet. Die stufenweise aufgebaute Auslösezeit des Schutzes hat sich dank der guten Distanzmessung und der kurzen Grundzeit bewährt.

Zur Unterscheidung der Energierichtung genügte stets der Lichtbogen-Widerstand, oder schon der Umstand, dass ein 3poliger metallischer Kurzschluss im ersten Augenblick 2polig einsetzte, wie noch ein Beispiel zeigen wird. Bei 3poligem metallischem Kurzschluss auf einer Stations-Sammelschiene, wo infolge des völligen Zusammenbruches der Spannung eine Richtungs-Unterscheidung nicht mehr

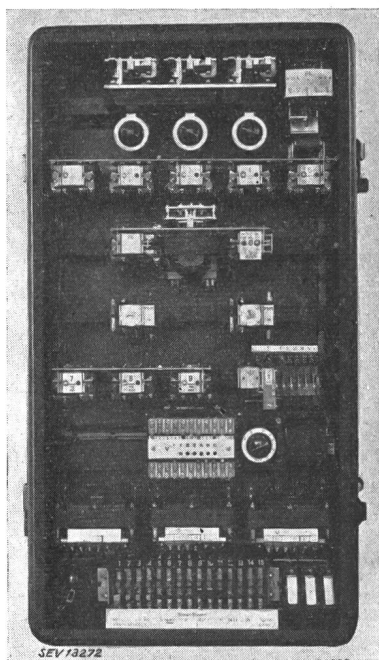


Fig. 2.  
Schnelldistanzrelais Typ L 3  
(Brown Boveri)

möglich ist, lösten in einem Falle 2 Schalter mit zufließender Energie aus. Das Abschalten einer gestörten Station durch ihre eigenen Leitungsschalter ist indessen betriebsmässig nicht nur erwünscht, sondern auch hinsichtlich Selektivität richtig.

Die Grosszahl aller Relais-Abschaltungen bei Kurzschluss verliefen völlig planmässig, so dass sie in diesem Zusammenhang nur in statistischer Hinsicht Interesse bieten. Dagegen sollen einige *Sonderfälle* herausgegriffen werden:

a) Bei einer Störung am Leitungsende einer beidseitig gespeisten Doppel-Leitung lösten die Schalter zu beiden Enden des gestörten Stranges mit Grundzeit aus, während einseitig die zweite Stufe zu erwarten war. Der Grund liegt darin, dass mit dem Abschalten des ersten Schalters der Strom in der gesunden Parallel-Leitung demjenigen in der gestörten Leitung entgegengesetzt fliesst. Durch magnetische Beeinflussung der gesunden auf die kranke Leitung wurde die Fehlerreaktanz für das zweite Relais im Sinne einer Verkleinerung geändert, wodurch auch dieses Relais mit Grundzeit arbeitete.

b) In einem Falle lösten die Relais in nicht ganz abgeklärter Weise mit Grenzzeit aus, und da die Grenzzeit nicht gestaffelt ist, kamen verschiedene Schalter überzählig zum Auslösen.

c) In einer zentral gelegenen Schaltstation wurde bei Montagearbeiten ein Schalter überbrückt und die Leitung so in Betrieb gehalten. Als nun auf der Leitung mit dem überbrückten Schalter eine Störung auftrat, sprachen die Relais der übrigen Leitungen als Reserve an und hätten gemäss Staffelplan die gestörte Strecke selektiv auslösen sollen, wenn nicht durch die verlängerte Auslösezeit der Reserverelais der Betrieb zum Pendeln gekommen wäre. Daraus folgt, dass die Ueberbrückung eines Schalters im Betrieb nicht ratsam ist, weil die höhere Abschaltzeit der Reserve-Relais die Netzstabilität gefährden kann.

d) In einer grossen Schaltstation wurde irrtümlich der 3polige Erdungsschalter einer abgehenden Leitung eingelegt. Noch ehe die Trenner ganz eingeschaltet waren, hatte das Relais dieser Leitung seinen Schalter ausgelöst. Bemerkenswert ist hier der Umstand, dass die übrigen 5 Leitungen mit zufließendem Kurzschlußstrom die Energierichtung korrekt unterschieden, weil der Kurzschlußstrom im ersten Moment 2polig war. Nur die kranke Strecke löste aus, und da die Trenner bloss geringe Schmelzperlen aufwiesen, konnte die Leitung sofort wieder eingeschaltet werden.

e) Eine Anzahl von Störungen hat, wie erwähnt, 2 parallele Leitungen betroffen. Dabei schalteten die zugehörigen 4 Schalter so präzise ab, als ob sie ferngesteuert wären. Das Störungsschreiber-Diagramm zeigt deutlich die aufeinanderfolgenden Stufen der Spannung mit dem Abschalten eines jeden der 4 Schalter.

Die Betriebsergebnisse des Schnelldistanzschutzes über die 3jährige Beobachtungszeit stellen sich wie folgt dar:

In 95 von 99 Fällen hat der Schutz eindeutig richtig und selektiv abgeschaltet. Die restlichen 4 Fälle enthalten 2 Gewitterstörungen mit vermutlich mehreren Störungsorten, während bei 2 Kurzschlüssen überzählige Schalter auslösten. Im Betrieb macht sich zufolge der kurzen Abschaltzeiten die überwiegende Mehrzahl der Störungen nur noch in einer kurzen Schwankung der Spannung bemerkbar, gleichgültig ob die Störung einphasig gegen Erde oder an mehreren Phasen auftritt; die Stabilität des Netzes bleibt erhalten.

Aus unseren Erfahrungen dürften noch folgende Mitteilungen von Interesse sein:

Die Relais werden nach Staffelplan eingestellt und dann plombiert. Bei einer Störung erscheinen je nach Art und Ort derselben einzelne, von aussen rückstellbare Signalknöpfe, die über das Arbeiten des Schutzes und den Verlauf der Störung Aufschluss geben.

Für den Anschluss der Schnelldistanzrelais sind in jeder Phase Strom- und Spannungswandler notwendig. Hiefür eignen sich Wandler des Stützer-typs namentlich dort, wo sie in Verbindung mit den

Schaltern angewendet werden, so dass sekundäre Umschalt- und Verriegelungseinrichtungen weglassen werden können.

Der Unterhalt der Schnelldistanzrelais erfolgt in regelmässigem Turnus und gibt zu keinen Bemerkungen Anlass.

### Phasenschieber

Von W. Guggi, Zürich

621.316.727

Der Artikel behandelt die Entwicklung einer Phasenschieber-Schaltung für beliebige und kontinuierliche Phasendrehung einphasiger Wechselströme beliebiger Frequenz. Unter besonderer Berücksichtigung von RC-Gliedern wird eine Prinzipschaltung, die sich speziell für den Laboratoriumsgebrauch eignen dürfte, stufenweise weiterentwickelt, um auch höheren Anforderungen genügen zu können. Alle Schaltungen sind durch Einfachheit und kleinen Materialaufwand besonders gekennzeichnet.

L'auteur décrit une méthode étudiée pour varier de façon continue l'angle de phase d'un courant alternatif monophasé de fréquence quelconque et obtenir n'importe quel décalage. Un schéma de principe comprenant des résistances ohmiques et des condensateurs, prévu pour les travaux de laboratoire, est décrit ainsi que son développement progressif pour satisfaire à toutes les exigences. Cette méthode se caractérise par sa simplicité et le peu de matériel nécessaire.

Zu verschiedenen Mess- und Steuerzwecken ist es oft erforderlich, eine Wechselspannung in der Phase gegenüber der Ursprungsphase mehr oder weniger zu verschieben. Es wurden dazu verschiedene Schaltungen entwickelt, die jedoch einen ziemlich grossen Aufwand an Material erfordern und entsprechend kostspielig werden, wenn sie hohen Forderungen, z. B. an die Konstanz der Ausgangsspannung, an die maximale Phasendrehung ( $\pm 360^\circ$ ) und an die Einfachheit der Bedienung genügen sollen.

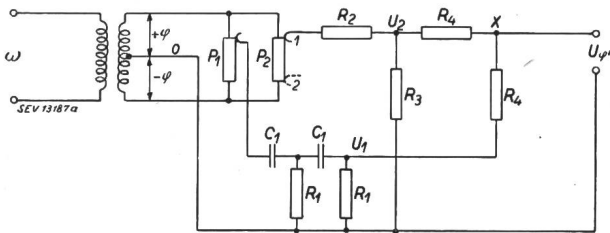


Fig. 1.

**Prinzipschema**

- 1 Stellung 1, Anfangsstellung der Potentiometer
- 2 Stellung 2, Endstellung der Potentiometer

Die folgenden Ausführungen zeigen die Entwicklung einer Phasenschieberschaltung mit kontinuierlicher Phasendrehung von  $\pm 360^\circ$  und einer maximalen Spannungsänderung  $< 10\%$ .

Von der Tatsache ausgehend, dass sich zwei Wechselspannungen von verschiedenem Wert und verschiedener Phase zu einer einzigen Wechselspannung mit resultierender Phase zusammensetzen lassen, kann eine Schaltung entwickelt werden, welche die Einstellung jeder Phasenlage zwischen  $0$  und  $360^\circ$  gestattet. In diesem Falle werden zwei um  $90^\circ$  verschobene Spannungen,  $U_1$  und  $U_2$ , an einen gemeinsamen Punkt  $X$  geführt, wo sie sich addieren und eine resultierende Spannung  $U$  mit zugehöriger Phase  $\varphi'$  bilden.

Fig. 1 zeigt die praktische Ausführung, bestehend aus einem Transformator oder Widerstand, mit Mittelabgriff als Nullpunkt, der mit 2 Potentiometern  $P_1$  und  $P_2$  überbrückt ist. Der Abgriff von  $P_1$  geht über ein RC-Glied an den Punkt  $X$ , während der Abgriff von  $P_2$  über einen Spannungsteiler ebenfalls mit dem Punkt  $X$  verbunden ist. Das RC-Glied, bestehend aus  $R_1, C_1$ , dreht die Phase von  $U_1$  um  $90^\circ$ , wobei die angelegte Spannung um  $1/3$  abfällt. Für gleiche Spannungsverhältnisse von  $U_2$  am Punkt  $X$

sorgt der Spannungsteiler  $R_2, R_3$ . Die Widerstände  $R_4$  sind zwei Entkopplungswiderstände, sie führen die beiden Spannungen  $U_1$  und  $U_2$  an den gemeinsamen Punkt  $X$ .

Zur Untersuchung der Verhältnisse betrachte man den Mittelabgriff als Nullpunkt; die Potentiometer befinden sich in Stellung 1.  $U_1$  hat dabei die Phase  $\varphi + 90^\circ$ ,  $U_2$  die Phase  $+\varphi$ . Da die beiden Spannungen gleiche Werte haben, addieren sie sich in  $X$  zu einer resultierenden Spannung  $U$  mit der Phase  $\varphi + 45^\circ$  (Fig. 2).

Dreht man nun das Potentiometer  $P_1$  in die Stellung 2, so geht die Spannung  $U_1$  über null in Gegenphase über. Die Ausgangsspannung setzt sich nun zusammen aus den beiden Spannungen  $U_1$  mit der Phase  $\varphi - 90^\circ$  und  $U_2$  mit der Phase  $+\varphi$ , was einer resultierenden Phase von  $\varphi - 45^\circ$  entspricht.  $U$  hat dabei seine Phase um  $90^\circ$  gedreht (Fig. 3).

Eine Verschiebung des Potentiometers  $P_2$  in Stellung 2 (während  $P_1$  in Stellung 2 stehenbleibt), verursacht eine weitere Phasendrehung um  $90^\circ$ , da  $U_2$  in den Gegenwert übergeht.  $U$  setzt sich dabei zusammen aus den beiden Spannungen  $U_1$  mit zugehöriger Phase  $\varphi - 90^\circ$  und  $U_2$  mit der Phase  $-\varphi$ , was eine resultierende Phase von  $-\varphi + 45^\circ$  ergibt (Fig. 4).

Es ist nun leicht, einzusehen, dass durch Zurückdrehen von  $P_1$  in Stellung 1 eine weitere Phasendrehung von  $90^\circ$  stattfindet (Fig. 5).

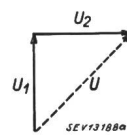


Fig. 2.

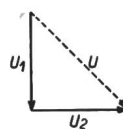


Fig. 3.

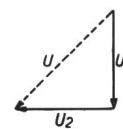


Fig. 4.

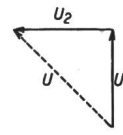


Fig. 5.

Durch Zurückdrehen von  $P_2$  in Stellung 1 wird  $U$  in seine Ausgangsphase zurückgeschoben.

Man sieht also, dass durch abwechselndes Durchdrehen der beiden Potentiometer eine kontinuierliche Phasendrehung von  $360^\circ$  erzielt werden kann.

Es ist nun möglich, die Schaltung so auszuführen, dass beide Potentiometer auf eine einzige Achse gekoppelt werden können, die Phasendrehung also mit einem einzigen Drehknopf erfolgt. Die Prinzipschaltung zeigt Fig. 6.