

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 30 (1939)

Heft: 25

Artikel: Betrachtungen über die Anwendung der Schnellausschaltung und automatischen Wiedereinschaltung in Freileitungsnetzen

Autor: Naef, O.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060894>

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: 11.01.2026

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

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

XXX. Jahrgang

Nº 25

Mittwoch, 6. Dezember 1939

Betrachtungen über die Anwendung der Schnellausschaltung und automatischen Wiedereinschaltung in Freileitungsnetzen.

Von O. Naef, Zürich-Oerlikon.

621 316.5.064.22

Das Verfahren der Schnellausschaltung und der automatischen Wiedereinschaltung zur Lösung vorübergehender Kurzschlüsse ohne Betriebsstörung muss durch Schutzeinrichtungen ergänzt werden, welche im Falle eines bleibenden Kurzschlusses die definitive Abtrennung des gestörten Netzteiles bewirken. Es wird gezeigt, dass sich hierfür alle bekannten Selektivsysteme eignen, sofern eine zusätzliche, nur bei der ersten Abschaltung wirksame Schnellauslösung eingeführt wird, welche die Abschaltung bewirkt, bevor die Selektivorgane ansprechen. Weiter ergibt sich die Möglichkeit, ohne Beeinträchtigung der Selektivität von den sämtlichen Schaltern eines Netzes nur einzelne für die Schnellausschaltung und automatische Wiedereinschaltung einzurichten. Auch die Gefahr von Fehlauslösungen durch Ausgleichsvorgänge beim Wiederzusammenschalten wird durch das beschriebene Verfahren bedeutend vermindert.

Le procédé qui consiste à déclencher rapidement et à réenclencher automatiquement une ligne aérienne pour éteindre les courts-circuits passagers sans interrompre le service, doit être complété par des dispositifs de protection qui maintiennent la partie perturbée du réseau définitivement déclenchée en cas de court-circuit permanent. L'auteur montre que tous les systèmes sélectifs connus s'y prêtent, pour autant qu'ils sont complétés par un déclencheur rapide additionnel fonctionnant avant les organes sélectifs. En outre, sans nuire à la sélectivité de l'ensemble, on peut n'équiper que quelques-uns des interrupteurs du réseau en vue d'un déclenchement rapide suivi immédiatement d'un réenclenchement le danger de déclenchements intempestifs par suite de phénomènes d'équilibrage, au moment du réenclenchement.

1. Einleitung.

Die bisherigen in Freileitungsnetzen zur Anwendung gelangten klassischen Systeme des Kurzschlußschutzes machen keinen Unterschied zwischen Kurzschläüssen vorübergehender Natur, die nach Wegnahme der Spannung wieder verschwinden, und solchen bleibender Natur, bei denen entweder der Kurzschlusslichtbogen bei jeder Einschaltung wieder neu zündet, oder die Kurzschlussbahn dauernd leitend bleibt. Jeder Kurzschluss verursacht daher zum mindesten eine länger dauernde Abschaltung des kurzschlussbehafteten Netzteiles, d. h. eine Betriebsstörung.

In einem früheren Artikel¹⁾ wurde gezeigt, wie durch Heranziehung der automatischen Wiedereinschaltung jegliche Betriebsstörung bei Kurzschläüssen vorübergehender Natur vermieden werden kann und es wurde auf gewisse Bedingungen aufmerksam gemacht, deren Erfüllung für die erfolgreiche Anwendung dieses Prinzipes notwendig ist. Im folgenden soll näher auf die Verhältnisse eingegangen werden, welche sich aus der Kombination der Schnellausschaltung und automatischen Wiedereinschaltung mit den klassischen Schutzsystemen ergeben. Zum besseren Verständnis sollen vorerst die Eigenschaften dieser Schutzsysteme sowie des Prinzips der Schnellausschaltung und auto-

matischen Wiedereinschaltung einzeln kurz gestreift werden, bevor auf ihre Kombination eingegangen wird.

2. Die klassischen Schutzsysteme, ihre Vor- und Nachteile.

a) *Der Streckendifferentialschutz* (Vergleich der Ströme oder Leistungen am Anfang und Ende der Strecke).

Liegt der Fehler ausserhalb des geschützten Abschnittes, so besteht keine Differenz zwischen den Messgrössen und es erfolgt keine Auslösung. Liegt der Fehler innerhalb des Abschnittes, so entsteht eine Differenz, welche die Abschaltung des betreffenden Abschnittes bewirkt.

Vorteile: Es ist möglich, sehr schnell wirkende Relais zu verwenden. Die Abtrennung erfolgt deshalb rasch, und die Spannungsabsenkung in den nicht betroffenen Abschnitten ist von kurzer Dauer. Die Stabilität wird nicht gefährdet. Es ist möglich, auch Fehlerströme unter dem Wert des Normalstromes zu erfassen.

Nachteile: Die an einem Ende der Strecke festgestellte Messgrösse muss zum Vergleich an das andere Ende übertragen werden. Dies setzt das Vorhandensein besonderer Hilfsleitungen oder von Hochfrequenz-Uebertragungseinrichtungen voraus. Die Schutzeinrichtung wird deshalb teuer und eignet sich im allgemeinen nur für wichtige Uebertragungsleitungen.

¹⁾ Die Schnellausschaltung und automatische Wiedereinschaltung als Mittel zur Wahrung der Betriebskontinuität; Diskussionsversammlung des SEV vom 26. Nov. 1938 in Bern, s. Bull. SEV 1939, Nr. 21, S. 677.

b) Der Netzschatz durch Distanzrelais.

Die Wirkungsweise dieser Relais beruht auf Widerstandsmessung, wobei die Auslösezeit entweder stetig oder stufenweise mit dem gemessenen Widerstandswert (Impedanz oder Reaktanz) ansteigt. Es schalten daher stets die dem Fehlerort zunächstliegenden Schalter ab.

Vorteile: Bei Distanzrelais mit stufenförmiger Charakteristik können von jedem Ende der Teilstrecke aus 80—85 % derselben mit Grundzeit geschützt werden. Auf 60—70 % der Teilstreckenlänge ergibt sich deshalb die mit der verwendeten Relais-type erreichbare minimale Auslösezeit. Es ist möglich, auch Fehlerströme unter dem Wert des Normalstromes zu erfassen.

Nachteile: Bei Kurzschlüssen nahe den Enden der Teilstrecke, d. h. auf 30—40 % der Teilstreckenlänge bei Relais mit abgestufter Charakteristik, ergeben sich vom entfernteren Ende aus gegenüber der Grundzeit um einige Zehntelsekunden verlängerte Auslösezeiten. Die Aufrechterhaltung der Netzstabilität ist deshalb nicht immer möglich. Distanzrelais, insbesondere Schneldistanzrelais sind verhältnismässig teure und komplizierte Apparate.

c) Netzschatz durch Ueberstromrelais mit gestaffelten Auslösezeiten.

Dieser Schutz eignet sich insbesondere für Radialnetze, bei Kombination mit Energierichtungsrelais auch für Ringleitungen oder doppelt gespeiste Leitungen. Diese Schutzart ist sehr weit verbreitet.

Vorteile: Einfache und billige Apparatur, die wenig Ueberwachung erfordert.

Nachteile: Für die Fehler nahe der Stromquelle ergeben sich grosse Auslösezeiten. Die Stabilität bleibt in den wenigsten Fällen gewahrt. Die Schutzwirkung ist nur bei Fehlerströmen über Normalstrom vorhanden. Die unter Umständen lange Störungsdauer macht sich infolge der damit verbundenen Spannungsabsenkung auch in dem nicht betroffenen Netzteil unangenehm bemerkbar.

3. Die Schnellausschaltung und automatische Wiedereinschaltung.

Die drei klassischen Schutzsysteme machen, wie erwähnt, keinen Unterschied zwischen Kurzschlüssen bleibender oder vorübergehender Natur. In beiden Fällen bleibt der kranke Netzteil ausgeschaltet, bis der Fehler verschwunden, bzw. behoben ist und die Schalter wieder eingeschaltet werden. Da ein grosser Teil der auf Freileitungen auftretenden Kurzschlüsse vorübergehender Natur ist und dieselben nach Wegnahme der Spannung wieder verschwinden, liegt es nahe, die Wiedereinschaltung der herausgefallenen Schalter automatisch vorzunehmen. Erfolgt die Wiedereinschaltung rasch genug, d. h. unter 0,5 s nach Störungsbeginn, und handelt es sich um einen Kurzschluss vorübergehender Natur, so wird dadurch eine Betriebsstörung in irgend einem Teil des Netzes fast immer vermieden, weil die Spannungsabsenkung von zu

kurzer Dauer ist, um die angeschlossenen Verbraucher oder die Netzstabilität ernstlich zu stören.

Es scheint daher im ersten Augenblick, dass alle Vorteile der automatischen, unverzögerten Wiedereinschaltung nur dann zur Geltung kommen, wenn ein unter allen Bedingungen sehr rasch wirkendes Schutzsystem, wie z. B. der Streckendifferentialschutz, vorhanden ist. Dass dem aber nicht so ist, zeigt die folgende Ueberlegung.

Angenommen, es seien Schalter vorhanden, welche die verlangte kurze Wiedereinschaltzeit besitzen, so dass bei Momentauslösung und Kurzschlüssen vorübergehender Natur die volle Netzspannung so schnell wieder erscheint, dass Betriebsstörungen und Verlust der Stabilität mit Sicherheit vermieden werden. Unter diesen Umständen ist es ganz gleichgültig, ob bei einem Kurzschluss in einem bestimmten Leitungsabschnitt nur dieser Abschnitt ausgeschaltet werde, oder ob auch Schalter benachbarter Abschnitte ausschalten. Es ist auch gleichgültig, ob nur die den Stromquellen unmittelbar benachbarten Schalter ausschalten, während alle übrigen Schalter, auch diejenigen des betroffenen Leitungsabschnittes, eingeschaltet bleiben. In jedem Falle ist nach vollzogener Wiedereinschaltung der normale Betrieb im ganzen Netze wieder vorhanden.

Anders verhält es sich, wenn die erste Wiedereinschaltung erfolglos verläuft, d. h. wenn der Lichtbogen nach der Wiedereinschaltung rückzündet oder wenn es sich um einen metallischen Kurzschluss handelt. Da in diesem Falle der kranke Netzteil abgetrennt werden muss, liegt es auf der Hand, dass die Abtrennung selektiv durch die dem Fehlerort zunächst liegenden Schalter erfolgen muss.

Die Lösung des Problems besteht deshalb darin, dass die erste, von sofortiger automatischer Wiedereinschaltung gefolgte Auslösung möglichst momentan erfolgt, während die folgenden Auslösungen mit derjenigen Zeitverzögerung erfolgen, welche durch das vorhandene Schutzsystem gegeben ist. Sofern dieses eine minimale Funktionszeit hat, die etwas länger ist als die zur Momentabschaltung eines Fehlerstromes notwendige Zeit, ist es nicht einmal nötig, dass alle Schalter für automatische Wiedereinschaltung eingerichtet werden. Es kann in diesem Falle genügen, diese Einrichtung nur an wenigen Schaltern anzubringen und diese mit einer zusätzlichen, nur bei der ersten Ausschaltung wirksamen Schnellauslösung zu versehen, welche alle Fehler in dem zwischen diesen Schaltern gelegenen Netzteil erfasst und abschaltet, bevor der vorhandene Selektivschutz in Tätigkeit tritt.

Eine Zeitstaffelung zwischen der Schnellauslösung und der kürzesten Funktionszeit des Selektivschutzes ist auch darum erwünscht und notwendig, damit die Ausgleichsvorgänge abklingen können, die beim Wiederzusammenschalten vorher getrennter Netzteile mit grosser Wahrscheinlichkeit auftreten. Fehlauslösungen, die zur dauernden Abtrennung von Netzteilen führen würden, werden auf diese Weise mit Sicherheit vermieden.

Die Umschaltung von Schnellauslösung auf selektiv verzögerte Auslösung erfolgt nach der ersten automatischen Wiedereinschaltung selbsttätig durch ein sich selbst rückstellendes Relais.

Als Messgrösse für die Schnellauslösung sind alle durch einen Fehler beeinflussbaren Netzgrössen verwendbar, darunter also der Strom, die Spannung, ferner Leistung, Impedanz und Reaktanz, Differenz- und Verhältniswerte dieser Grössen und ihre symmetrischen Komponenten.

Es liegt auf der Hand, dass für die Schnellauslösung und den Selektivschutz nicht notwendigerweise die gleichen Messgrössen verwendet werden müssen. Beispielsweise kann in einem Netz mit Distanzrelais der Strom- oder ein Stromdifferential für die Schnellauslösung Anwendung finden, während bei zeitlich gestaffeltem Ueberstromschutz die Impedanz oder Reaktanz für die Schnellauslösung gebraucht werden kann. Welche Messgrösse für die Schnellauslösung am besten geeignet ist, muss von Fall zu Fall untersucht werden. Man muss sich dabei vergegenwärtigen, dass von allen Systemen der Schnellauslösung nur diejenigen vollständig selektiv arbeiten, welche Messgrössen am Anfang und Ende der Leitung miteinander verglichen. Alle übrigen Systeme müssen in ihrem Wirkbereich etwas über den zu schützenden Netzteil hinausgreifen, damit alle Fehler innerhalb dieses Netzteiles mit Sicherheit erfasst werden. Es ergeben sich dadurch in manchen Fällen überzählige Schalterauslösungen und Wiedereinschaltungen, die jedoch, wie weiter oben gezeigt wurde, keine schädlichen Folgen haben. Beim Strom als Messgrösse ist der Uebergriff der Schutzwirkung am grössten, doch gelingt es hier oft, durch Stromstaffelung eine Beschränkung zu erzielen. Dafür ist diese Art der Schnellauslösung die betrieblich einfachste, billigste und schnellste. Beim richtungsempfindlichen Distanzschutz ist der Uebergriff am kleinsten, die Einrichtung jedoch entsprechend teurer, und komplizierter, und auch nicht so schnell. Nicht richtungsempfindlicher Reaktanz- oder Impedanzschutz liegt in der Mitte.

Durch die beschriebenen Massnahmen wird die Schnellausschaltung und automatische Wiedereinschaltung sofort auf alle Schutzsysteme anwendbar, wie im folgenden in grösserer Ausführlichkeit beschrieben wird.

4. Kombination der Schnellausschaltung und automatischen Wiedereinschaltung mit den verschiedenen Schutzsystemen.

a) Kombination mit dem Streckendifferentialschutz.

Sofern die Relais keine oder nur eine minimale Verzögerung haben, sind besondere Massnahmen nicht nötig. Um eine volle Schutzwirkung zu erhalten, müssen jedoch sämtliche Schalter, welche bei einer Störung ausschalten können, mit Einrichtungen für automatische Wiedereinschaltung ausgerüstet sein. Bei einer Störung treten dann nur die den betreffenden Leitungsabschnitt beherrschenden Schalter in Funktion, die natürlich zur Erzie-

lung des für die Entionisierung der Ueberschlagsstrecke nötigen spannungslosen Zeitintervalls ungefähr gleichzeitig ausschalten und wiedereinschalten müssen. Nun können aber bei der Wiederzusammenschaltung von belasteten Netzteilen, auch wenn diese nur für einige Zehntelsekunden voneinander getrennt waren, Ausgleichsvorgänge auftreten, welche den Differentialschutz zum Ansprechen bringen können, falls nicht besondere Massnahmen dagegen ergriffen werden. Aus diesen Gründen ist es vorteilhaft, dem Relais unmittelbar nach der ersten unverzögerten Auslösung soviel Zeitverzögerung vorzuschalten, dass innerhalb derselben die bei der Wiedereinschaltung auftretenden Ausgleichsvorgänge abklingen.

Sofern man wünscht, nur einzelne Schalter eines mit Differentialschutz geschützten Netzes mit automatischer Wiedereinschaltung auszurüsten, muss die Auslösung aller Schalter um soviel verzögert werden, dass sich gegenüber der in diesem Falle vorzusehenden Schnellauslösung eine Zeitstaffelung von einigen Zehntelsekunden ergibt. Diese nur bei der ersten Abschaltung in Wirksamkeit tretende Schnellauslösung wird nur an den für automatische Wiedereinschaltung eingerichteten Schaltern angebracht, und erfasst alle zwischen solchen Schaltern auftretenden Fehler bevor die Auslösung der übrigen Schalter in Tätigkeit tritt. Da sich der Wirkbereich dieser Schnellauslösung in der Regel über mehrere Abschnitte erstrecken muss, wird man mit Vorteil den Strom oder auch die Impedanz oder Reaktanz als Messgrösse verwenden. Es ist natürlich aber auch möglich, diese Schalter durch einen zusätzlichen Schnelldifferentialschutz miteinander zu verbinden, welcher dem verzögerten, zwischen allen Schaltern bestehenden Differentialschutz überlagert ist.

b) Kombination mit dem Distanzschutz.

Beim Distanzschutz werden 30—40 % aller Fehler auf einer doppelt gespeisten Teilstrecke vom einen Schalter mit Grundzeit und vom andern Schalter mit der Verzögerung der ersten Zeitstufe abgeschaltet. Diese zum Teil langen und ungleichen Auslösezeiten verunmöglichen eine erfolgreiche automatische Wiedereinschaltung, weil entweder die Leitung nicht gleichzeitig von beiden Seiten her spannungslos wird oder aber die Wiedereinschaltung so stark verzögert werden muss, dass die Stabilität nicht erhalten bleibt. Diese Schwierigkeit wird unter Anwendung des im Abschnitt 3 erläuterten Prinzips dadurch überwunden, dass eine zusätzliche, nur während der ersten Abschaltung wirkende Schnellauslösung geschaffen wird, welche alle Fehler im Leitungsabschnitt zwischen zwei Schaltern erfasst, bevor der normale Distanzschutz in Tätigkeit tritt. Demgemäß ergibt sich die Forderung, dass die Schnellauslösung möglichst momentan wirke, während die kürzeste, mit der Grundzeit identische Auslösezeit der Distanzrelais eine Stufe höher liegen muss. Da die Grundzeiten der gebräuchlichen Distanzrelais (von den Schnelldistanzrelais abgesehen) nicht unter 0,2—0,3 Sek. liegen,

und die für automatische Wiedereinschaltung eingerichteten Schalter ausnahmslos sehr kurze Abschaltzeiten besitzen, ist die geforderte Selektivität zwischen Schnellauslösung und Grundzeit in der Regel ohne weiteres erfüllt. Ueber die Wahl der Messgrösse für die Schnellauslösung gilt das im Abschnitt 3 Gesagte.

Bei der Anwendung der automatischen Wiedereinschaltung in mit Distanzrelais ausgerüsteten Netzteilen sind deshalb in der Regel keine Aenderungen an den bestehenden Relaiseinrichtungen notwendig. Mit Rücksicht auf die Kosten wird es oft vorteilhaft sein, nur einzelne Netzpunkte mit Schaltern für automatische Wiedereinschaltung auszu-

teils ab, so dass unerwünschte Abschaltungen und Betriebsstörungen unterbleiben. — Handelt es sich nicht um einen vorübergehenden, sondern um einen bleibenden Isolationsdefekt, so lösen nach der Wiedereinschaltung der Schalter 1 und 6 die Schalter 3 und 4 mit Grundzeit aus und schalten die fehlerhafte Teilstrecke aus.

Wäre ein bleibender Isolationsdefekt an der Stelle B entstanden, so hätte der Schalter 5 mit Grundzeit und der Schalter 6 mit der Zeitverzögerung der ersten Stufe von 0,50 Sek. ausgelöst, während die übrigen Teilstrecken im Betriebe bleiben.

Beim sogenannten Schnelldistanzschutz trifft die Voraussetzung genügender Zeitstaffelung zwischen

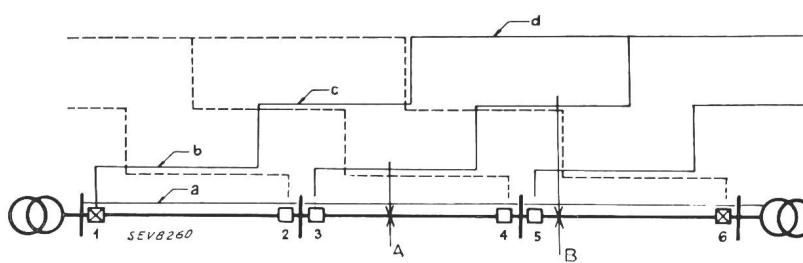


Fig. 1.
Anwendung der unverzögerten automatischen Wiedereinschaltung auf eine mittels Distanz-Relais geschützte, in mehrere Abschnitte unterteilte Uebertragungsleitung.
a Kennlinie der Schnellauslösung der Schalter 1 und 6.
b, c, d Auslösekennlinie der Distanzrelais.
1 und 6 Schalter mit Schnellauslösung und automatischer Wiedereinschaltung.
2 bis 5 Schalter ohne Schnellauslösung und ohne automatische Wiedereinschaltung.

rüsten und diese so zu wählen, dass möglichst ein ganzer Netzteil oder eine ganze Uebertragungs- oder Verteilleitung beim Auftreten eines Fehlers kurzzeitig spannungslos wird. Man wird also in erster Linie die Speisepunkte mit der nötigen Apparatur ausrüsten, und eventuelle Zwischenpunkte nach Eignung und Bedarf wählen. Fig. 1 zeigt als Beispiel eine aus drei Teilstrecken bestehende Uebertragungsleitung, deren Schalter mit Distanzrelais ausgerüstet sind. Die Auslösekennlinien b, c, d dieser Relais sind in der Figur eingetragen. Um einen kostspieligen Ersatz der vielen, für schnelle Funktion nicht ohne weiteres geeigneten Schalter zu vermeiden, hat man nur die beiden Speisepunktschalter 1 und 6 ersetzt bzw. abgeändert und für automatische Wiedereinschaltung eingerichtet. Die Auslösekennlinie ihrer Schnellauslösung ist durch die Gerade a dargestellt.

Bei einem Kurzschluss an der Stelle A lösen die Schalter 1 und 6 mit der Zeitverzögerung der Schnellauslösung von 0,04 Sek. aus und unterbrechen den Kurzschlußstrom, bevor die Relais der übrigen Schalter ansprechen. War der Kurzschluss vorübergehender Natur, so tritt keine Neuzündung des Lichtbogens bei der Wiedereinschaltung ein, welche z. B. 0,25 Sek. nach dem Ansprechen der Schnellauslösung stattfindet. Das Wiederzusammenschalten der beiden Netze ist jedoch von Pendelercheinungen und Einschaltstromstößen begleitet, deren Grösse vom Betrag der eingetretenen Winkelverschiebung und des Tourenabfalles eventuell angeschlossener grosser Induktionsmotoren abhängt. Diese Erscheinungen könnten leicht ungewollte Schalterauslösungen bewirken, wenn nicht die Schnellauslösung inzwischen unwirksam geworden wäre, und eine zweite Auslösung frühestens mit der Grundzeit $b = 0,20$ Sek. erfolgen könnte. Während dieser Zeit klingen die Einschaltvorgänge grössten-

Schnellauslösung und Auslösung mit Grundzeit nicht mehr zu. Es ist jedoch zu bemerken, dass in Verbindung mit der automatischen Wiedereinschaltung einer sehr starken Verkürzung der Grundzeit nicht mehr die frühere Bedeutung zukommt. Es kommt dies daher, weil alle vorübergehenden Kurzschlüsse, d. h. die grosse Mehrzahl aller Kurzschlüsse, zum vornherein fast momentan durch die Schnellauslösung und nachfolgende Wiedereinschaltung ohne Betriebsstörung beseitigt werden. Die notwendige geringe Vergrösserung der Grundzeit erscheint daher ohne weiteres zulässig, da sie ja nur bei bleibenden Isolationsdefekten eine geringfügige Verlängerung der Abschaltzeiten ergibt.

Eine von anderer Seite angegebene Lösung²⁾ bezieht die Beibehaltung kurzer Grundzeiten (unter 0,20 Sek.) beim Schnelldistanzschutz. Zu diesem Zwecke wird auf die Schnellauslösung (Gerade a der Fig. 1) verzichtet und der Wirkbereich der Grundzeit (Gerade b) bei der ersten Auslösung von ca. 80 % auf mindestens 120 % der Teilstreckenlänge vergrössert. Bei einem Kurzschluss in B lösen dann die drei Schalter 3, 5 und 6 gleichzeitig aus. Aus dieser Funktionsweise wird sofort ersichtlich, dass alle sechs Schalter der zu schützenden Uebertragungsleitung für automatische Wiedereinschaltung eingerichtet werden müssen, und dass ein «Ueberspringen» einzelner Teilstreckenschalter nicht mehr statthaft ist. Daraus ergeben sich in der Regel höhere Anlagenkosten, ohne dass die Schutzwirkung erhöht würde. Ferner ist diese Einrichtung auf die beim Wiederzusammenschalten auftretenden Ausgleichsvorgänge sehr empfindlich. Denn alle Schalter haben ja die Möglichkeit, sofort wieder mit Grundzeit auszulösen, sofern die An-

²⁾ Bulletin SEV 1939, Nr. 22, S. 719, Diskussionsbeitrag von Herrn Stoecklin.

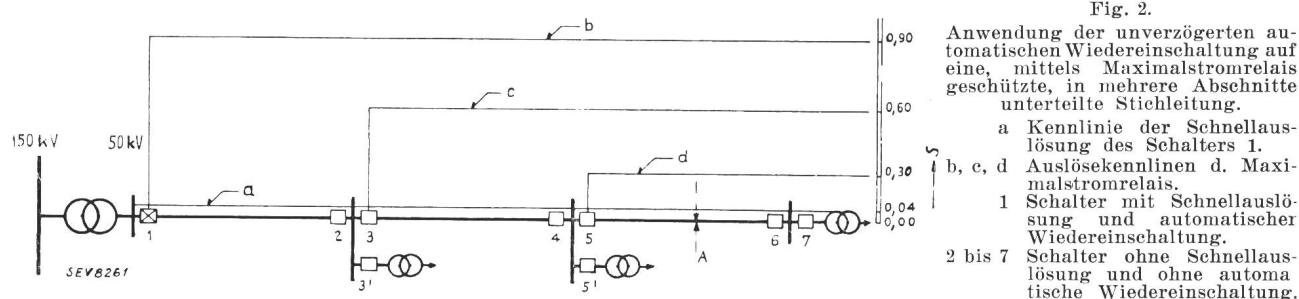
sprechwerte ihrer Relais erreicht werden. Da die Grundzeit voraussetzungsgemäss kurz ist, klingen die Ausgleichsvorgänge unter Umständen nicht schnell genug ab, um ungewollte Schalterauslösungen und dadurch verursachte Betriebsunterbrüche zu vermeiden.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass es möglich ist, auch solche Netze des Vorteils der unverzögerten automatischen Wiedereinschaltung teilhaftig werden zu lassen, welche mit älteren, lange Grundzeiten besitzenden, Distanzrelais ausgerüstet sind.

c) Kombination mit dem Ueberstromschutz mit gestaffelten Auslösezeiten (bei doppelter Speisung mit Energierichtungsrelais kombiniert).

angeschlossen ist und 3 Unterstationen bedient. In diesen wird der Strom auf eine tiefere lokale Verteilspannung transformiert. Da die Leistung des Speisetransformators verhältnismässig klein ist gegenüber der verfügbaren Energie im 150-kV-Netz, sind Änderungen des Maschineneinsatzes von geringem Einfluss auf die Kurzschlussleistung im 50-kV-System. Für die Schnellauslösung des einzigen, mit automatischer Wiedereinschaltung ausgerüsteten Schalters 1, kann deshalb unbedenklich ein Maximalstromrelais verwendet werden.

Bei einem Kurzschluss an der Stelle A löst der Schalter 1 mit der Zeitverzögerung der Schnellauslösung von 0,04 Sek. aus und unterbricht den Kurz-



Auch mit diesem Schutzsystem ausgerüstete Netze können des Vorteils der Schnellausschaltung und automatischen Wiedereinschaltung in vollem Masse teilhaftig gemacht werden, indem man zum mindesten diejenigen Schalter, welche das Netz mit Energiequellen verbinden (nach Belieben auch Schalter an anderen wichtigen Netzpunkten), mit Einrichtungen für die automatische Wiedereinschaltung versieht, wobei diese Schalter, ausser der normalen selektiv bedingten Auslöseverzögerung, eine zusätzliche, möglichst unverzögerte, nur bei der ersten Auslösung in Funktion tretende Auslösung besitzen, welche alle Fehler in den zwischen diesen Schaltern gelegenen Leitungsabschnitten erfasst und abschaltet, bevor die Auslösung der übrigen Schalter in Tätigkeit tritt.

Hinsichtlich der Wahl der Messgrösse für die Schnellauslösung gilt das im Abschnitt 3 Gesagte. Wo irgendwie angängig, wird man sich einfacher, momentan wirkender Maximalstromrelais bedienen.

Fig. 2 zeigt als Beispiel eine 50-kV-Stichleitung, die über einen Transformator an ein 150-kV-Netz

schlußstrom, bevor die Relais der Schalter 3 und 5 ansprechen. Die Wiedereinschaltung findet beispielweise nach 0,25 Sek. statt, und sofern der Kurzschluss inzwischen verschwunden ist, bleiben alle Teilstrecken im Betrieb. Setzt der Kurzschlussstrom jedoch von neuem ein, so wird die betroffene Teilstrecke durch den Schalter 5 mit 0,3 Sek. selektiv abgeschaltet. Kurzschlüsse in den Verteilnetzen der Unterstationen sind durch die Reaktanzen der Abzweigtransformatoren begrenzt und ihre Grösse bleibt im allgemeinen unterhalb des Ansprechwertes der Schnellauslösung des Schalters 1. Aber auch die Auslösung des Schalters 1 durch einen Kurzschluss im Sekundärnetz bliebe ohne nachteilige Folgen für den Betrieb. Schalter 1 würde nämlich sofort wieder einschalten, während der betroffene Netzteil durch seinen zuständigen Schalter streng selektiv abgetrennt würde. Die Abzweigschalter, sofern sie Freileitungen speisen, können ebenfalls für automatische Wiedereinschaltung eingerichtet werden.

Der Stoss bei elektromotorischen Antrieben.

Von S. Hopferwieser, Baden.

621.34

Es wird auf den Unterschied von Drehmomentstoss und Massenstoss hingewiesen. Ein einfaches zeichnerisches Verfahren erlaubt, die beim Massenstoss ausgelösten Stossdrehmomente zu ermitteln. Daraus wird abgeleitet, wie Massenstöße unschädlich gemacht werden können.

Man spricht bei elektromotorischen Antrieben von einem Belastungsstoss, wenn das Drehmoment

L'auteur attire l'attention sur ce qui différencie un choc par variation brusque du couple moteur d'un choc résultant de la rencontre de deux masses animées de vitesses différentes. Un procédé graphique simple permet de déterminer le couple de choc provoqué par le choc d'une masse. L'auteur en déduit comment on peut rendre inoffensifs les chocs de masse.

im Betrieb plötzlich steil ansteigt. Ein Beispiel dafür ist der Fall nach Fig. 1, wo ein Bremsklotz an