

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 29 (1938)
Heft: 26

Artikel: Schnellwirkende Schutzrelais
Autor: Stöcklin, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059430>

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: 04.04.2026

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

arbeiten hat. Schliesslich werden die modernen Lösschspulen sowieso mit Sekundärwicklung ausgeführt, da diese Sekundärwicklung die verschiedensten Aufgaben erfüllen kann (Spannungswicklung, Schutzwicklung, Leistungswicklung).

Um eine kapazitive Uebertragung der Ueberspannungswelle auf die Sekundärwicklung auszuschalten, kann ein gerader Belag 4 zwischen Primär- und Sekundärwicklung eingebaut werden, wie dies in Fig. 3 angegeben ist.

Herr Dr. J. Goldstein, Zürich: Zu den interessanten Ausführungen des Herrn Kristen gestatte ich mir folgende Bemerkungen zu machen:

Die Möglichkeit, viele Stromstufen mit einer in weiten Grenzen variablen Erdschluss-Stromstärke zu erhalten, ist meines Erachtens durch die von der AEG entwickelte Erdschlußspule mit Doppelkern (Ausführung nach A. Hundt) gegeben. Man kann die Spulen der beiden Kerne einzeln oder parallel schalten, wobei jede Spule durch entsprechende Schaltungen noch für sich regelbar ist. Nach dieser Ausführungsart des öfteren gelieferte Erdschlußspulen wiesen Regelbereiche mit Stromstärken im Verhältnis von etwa 1 : 12 auf.

Was die Abschaltungen an Wicklungen von Erdschlussspulen anbetrifft, so muss die Parallele zu Transformatorenwicklungen, die vom Herrn Referenten gezogen wurde, in einer Beziehung richtiggestellt werden. Die Gefahren, die von Abschaltungen bei Erdschlußspulen herrühren könnten, dürften keineswegs mit denjenigen Gefahren, die Abschaltungen bei Transformatorenwicklungen zeitigen, verglichen werden. Schon aus dem Grunde nicht, weil bei Erdschlussspulen nur eine stromführende Wicklung vorhanden ist und daher die dynamischen Kräftewirkungen der Transformatorenwicklungen gar nicht auftreten können. In anderen Beziehungen, und darin muss ich dem Herrn Referenten beipflichten, ist eine Wicklung ohne Abschaltungen auch für Erdschlußspulen günstig. Das Vorhandensein toter Wicklungsteile ist zweifellos eine Gefahrenquelle in isolations-technischer Beziehung; auch ist eine ungleichmässige Ampèrewindungsverteilung auf der Schenkellänge aus den vom Referenten erwähnten Gründen unerwünscht.

Schnellwirkende Schutzrelais.

Referat, gehalten an der Kurzvorträge-Veranstaltung des SEV vom 9. Juli 1938 in Freiburg,

von J. Stöcklin, Baden.

621.316.925.45

Zum Aussertrittfallen ist eine für jedes Netz verschiedene kritische Störungsdauer nötig. Der einzig gangbare Weg zur allgemeinen Lösung des Stabilitätsproblems besteht darin, die Störung innerhalb der kritischen Störungsdauer abzuschalten. Diese Dauer kann in ungünstigen Fällen 0,3 s betragen. Um allen Fällen zu genügen, dürfte also die Abschaltzeit nur 0,25 s betragen. Es wird im folgenden ein Schnell-Distanzschutz beschrieben, der diese Forderung erfüllt.

Vor 10 Jahren, zur Zeit als die Serienfabrikation der Brown-Boveri-Distanzrelais aufgenommen wurde, galten Abschaltzeiten von 0,5 bis 1,5 Sekunden als kurz und erstrebenswert. Sie entsprachen den kürzesten Zeiten gestaffelter Maximalstromrelais. Das Distanzprinzip, wie auch seine konstruktive Lösung, bewährten sich in der Folge stets, wenn bei Kurzschluss die Kraftwerke im Synchronismus blieben. In vielen Netzen ist dies, mit der seltenen Ausnahme dreipoliger Kurzschlüsse an bestimmten Stellen, der Fall; andere Netze erreichen schon bei zweipoligen Störungen die Stabilitätsgrenze. Das Aussertrittfallen verursacht beim Distanzschutz überzählige Relaisauslösungen, weil die entstehenden Spannungs-Strom-Verhältnisse naheliegenden Kurzschluss vortäuschen. Diese Erfah-

Die Schwingungsfreiheit der vom Referenten beschriebenen Spule müsste ich in Uebereinstimmung mit meinem Vorredner, Herrn van Gastel, als unerwiesen und fraglich bezeichnen. Die Schwingungsfreiheit einer Wicklung in dem Sinne, wie sie heute als akute Frage im Transformatorenbau verstanden wird, bedeutet doch nichts anderes, als dass beim Auftreffen einer Stosswelle der Anfangs- und Endzustand der Spannungsverteilung an der Wicklung einander näher gerückt, womöglich zur Deckung gebracht werden. Ohne besondere Vorkehrungen, die eine gleichmässige Verteilung der gegenseitigen Kapazität und Induktivität der Wicklungselemente zum Ziele und eine Kompensation der durch die ungleiche Kapazität der Wicklungselemente gegen Kern verursachten Ströme zur Folge haben, ist es wohl kaum möglich, eine Wicklung schwingungsfrei zu gestalten. Es wäre interessant, vom Herrn Referenten zu erfahren, inwiefern diese Gesichtspunkte bei der von ihm geschilderten Petersenspule zur Geltung gekommen sind.

Schlusswort des Referenten: Der Titel meines Vortrages sollte nur als Abkürzung dienen für eine regelbare Petersenspule ohne frei schwingende Enden, wie dies auch klar in der Problemstellung gesagt wurde, indem «eine Ausschreibung der Nordostschweizerischen Kraftwerke das Problem gestellt hat, eine regelbare Wicklungsanordnung zu suchen, die abgeschaltete Wicklungsteile soweit wie möglich vermeidet».

Mit dem Problem des schwingungsfreien Transformators im Sinne der grundlegenden und erschöpfenden Arbeiten von Blume und Boyajian 1919 und Pahueff 1929, die Herr Dr. Goldstein 1933 wiederholt hat, hat unsere Anordnung nur insofern Verwandtschaft, dass abgeschaltete Wicklungsteile einen solchen Aufbau noch äusserst komplizieren würden und keinesfalls mit den von Dr. Goldstein erwähnten Lagenwicklungen gelöst sind.

Die Verlegung der Regelung der Petersenspule auf die Sekundärseite nach Herrn van Gastel ist keine vollwertige Lösung der Spannungsfrage, da die kapazitive Abschirmung nur den kleinsten und unwichtigsten Teil der übertragenen Ueberspannungswellen trifft und man sich mit dem grössten Teil derselben auch hier an der Sekundärseite auseinandersetzen muss.

Pour que les machines d'une usine cessent de marcher en synchronisme, une durée de perturbation critique, variable pour chaque réseau, est nécessaire. Dans les cas les plus défavorables elle sera de l'ordre de 0,3 s. La solution du problème de stabilité est donc à rechercher dans la déconnection rapide (ne dépassant pas 0,25 s) de la partie du réseau dans laquelle la perturbation s'est produite. L'auteur décrit par la suite un dispositif de protection à distance remplissant cette condition.

ungen bildeten seit Jahren den Anstoss zur theoretischen Behandlung des Stabilitätsproblems der Hochspannungsnetze bei Kurzschluss. Sie führten auch zu praktischen Massnahmen an den vorhandenen Relais in Form besonderer Einstellung und sogenannter Pendelsperren, die beide überzählige Abschaltungen bei Aussertrittfallen verhindern oder beschränken sollen. Offensichtlich können diese Behelfsmassnahmen nur die Folgen des Aussertrittfallens mildern; sie bekämpfen das Uebel in seiner Auswirkung, nicht bei der Ursache.

Der Kampf gegen die Ursachen ist zunächst kein Relaisproblem. Die Ursachen der Unstabilität bei Kurzschluss liegen im verschiedenen Aenderungsdrang der Drehzahl der einzelnen Kraftwerke, hervorgerufen durch die plötzliche Aenderung der Be-

lastung, je nach dem zufälligen Ort der Störung. Sie sind zunächst ein Problem der Regulierorgane, also der Turbinen-, Spannungs- und Stromregler. — Leerlaufende Synchronmaschinen, durch die Störung ausser Tritt geworfen, bewirken ebenfalls die bekannten Stromzustände asynchron laufender Speisestellen. Oft genügt deren rasches Abschalten zur Behebung der Störungsursache eines Netzes. Schliesslich sind Länge und Anordnung der Leitungen ein mitbestimmender Faktor. Parallelverbindungen, die bei Störung die synchronisierenden Ausgleichströme zulassen, verhindern die sonst direkte Unterbrechung der Kraftwerks-Kupplung am Störungsort und verbessern so die Stabilität.

Die Vielgestaltigkeit der Ursachen erschwert ihre Bekämpfung, um so mehr, als die Zusammensetzung der Ursachen in jedem Netze verschieden ist. Ob jede der Einzelursachen überhaupt für sich beseitigt werden könnte, darf mit Rücksicht auf das technisch Mögliche (Regulatoren) und betriebstechnisch Annehmbare (Synchronkompensatoren, Netzgestaltung) als aussichtslos gelten.

Der einzig gangbare Weg zur allgemeinen Lösung des Stabilitätsproblems im Kurzschluss ist durch die physikalische Tatsache vorgezeichnet,

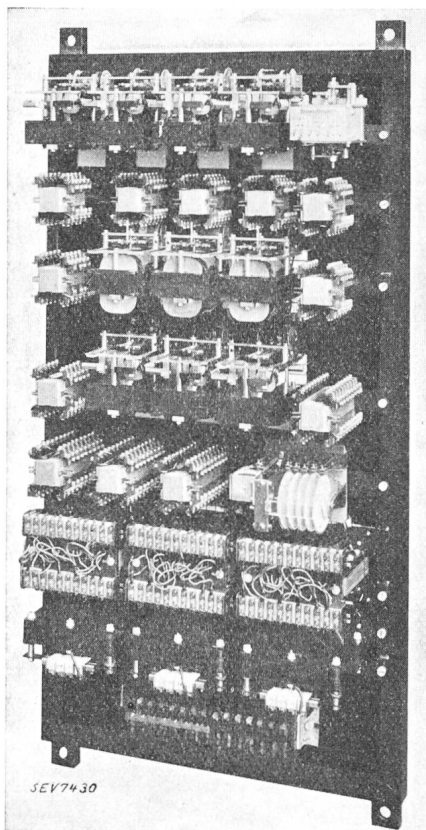


Fig. 1.

Schnelldistanzschutz Brown Boveri mit Pendelsperre (Schutzhaube entfernt).

dass zum Ausertrittfallen eine bestimmte kritische Störungsdauer erforderlich ist. Wird die Störung in kürzerer Zeit beseitigt, so bleibt die Stabilität aufrecht erhalten. Durch diese Tatsache erst wird die Kurzschluss-Stabilität zu einem Relais-Schalter-

problem, da diese beiden Elemente die Zeitdauer der Störung bestimmen.

Die kritische Störungsdauer ist kein fester Wert, sondern von Netz zu Netz verschieden. In einem untersuchten 15-kV-Netz mit ungünstiger Kurzschluss-Stabilität betrug z. B. die Zeit vom Eintritt des dreiphasigen Kurzschlusses bis zum Erreichen der Phasenopposition 0,4 bis 0,6 Sekunden. In äus-

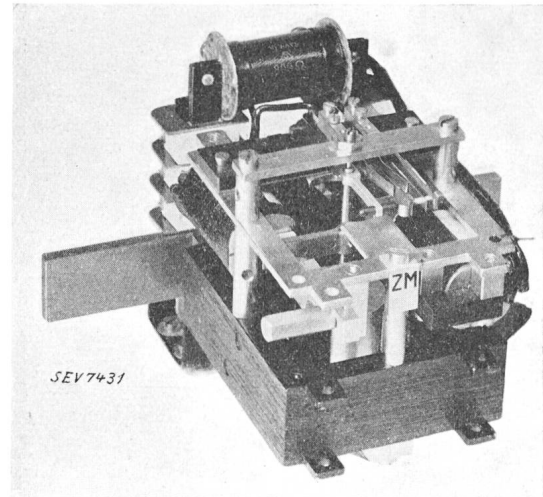


Fig. 2.

Impedanzorgan des Brown Boveri-Schnell-Distanzschutzes.

serst ungünstigen Fällen muss mit etwa 0,3 s gerechnet werden. Die Abschaltung soll daher, um allen Fällen zu genügen, ca. 0,25 s nach Kurzschlusseintritt beendet sein. Dass bei derart kurzer Störungsdauer auch die zusätzlichen Zerstörungen am Kurzschlussort ganz oder nahezu verhindert werden, ist nebenbei ein äusserst wichtiges wirtschaftliches Moment.

In den Entwicklungslaboratorien der Firma Brown Boveri wurde an der Verkürzung der Abschaltzeit bei Kurzschluss seit Jahren gearbeitet¹⁾. Es stehen heute Druckluft-Schnellschalter bis 150 kV mit Abschaltzeiten von $\frac{5}{100}$ Sekunden zur Verfügung. Auch wurde ein schnellarbeitender Distanzschutz fertiggestellt, der die 10jährige Erfahrung an mehreren tausend im Betrieb stehender Distanzrelais berücksichtigt und der kurz beschrieben werden soll.

Fig. 1 zeigt eine Schnelldistanzschutz-Ausrüstung. Die Schutzeinrichtung besteht aus den Impedanz-Ansprechorganen, den Richtungsrelais und den Distanzmessorganen, die normal impedanzabhängig, in besonderen Fällen aber auch reaktanzabhängig arbeiten. Zur Erreichung der erforderlichen Arbeitsgeschwindigkeit bei kleinem Eigenverbrauch sind die Hauptorgane mit nur einem Kontakt ausgerüstet und steuern zur Ausführung der verschiedenen Schalterfordernisse Gleichstrom-Hilfsschützen. Fig. 2 zeigt ein Impedanzorgan, Fig. 3 einen Gleichstrom-Hilfsschütz. Die Zeitcharakteristik folgt dem Stufenprinzip. Am Zeitelement

¹⁾ Vgl. Bull. SEV 1937 und W. Wanger, Rapports 118 und 120 der Conférence Intern. des Grands Réseaux 1937.

sind 4 Zeitstufen unabhängig voneinander auf $\frac{1}{10}$ s genau einstellbar. Eine fünfte Stufe ist für die impedanzunabhängig einstellbare Grenzzeit vorgesehen. 3 Abgleichwandler gestatten, wie beim bisherigen Distanzschutz, die Anpassung an die Leitungstrecken. 3 Hilfsstromwandler besorgen die

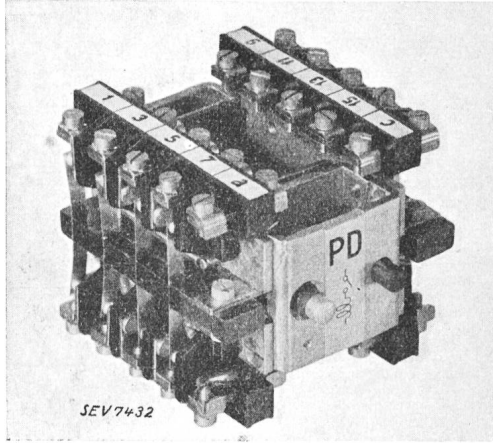


Fig. 3.

Spoliger Hilfsschutz für Brown Boveri-Schnelldistanzschutz.

Kombination der Ströme, je nach der Störungsart. Die Auslösezeit für die erste Stufe beträgt 0,05 bis 0,1 s. Die Zeiten der folgenden Stufen können zwischen 0,1 und 5 s frei gewählt werden. Die Genauigkeit des Zeitwerkes gestattet, die zweite Stufe bei Anwendung von Schaltern, die unterhalb $\frac{1}{10}$ s Eigenzeit haben, schon in 0,2 s der ersten Stufe folgen zu lassen. Der grösste Teil der Kurzschlüsse

wird dadurch beidseitig mit 0,05 bis 0,1 s abgeschaltet; bei Kurzschluss am Ende der Teilstrecke schaltet das Relais am anliegenden Ende mit derselben Zeit, dasjenige am abliegenden Ende mit 0,2 bis 0,25 s aus. Die Abschaltzeiten liegen somit in den für die Kurzschluss-Stabilität geforderten Grenzen.

Die Schutzeinrichtung ist ferner durch eine Pendelsperre ergänzt. Diese ist dann entbehrlich, wenn ein Netz vollständig mit Schnellschutz ausgerüstet ist. In Netzen mit gemischten Relais, oder wenn zusammenhängende Netze Teile mit langsam wirkenden Schutzrelais aufweisen, besteht die Gefahr des Aussertrittfallens bei Kurzschluss in diesen Gebieten. Die Pendelsperre soll in solchen Fällen unerwünschte Auslösungen durch den Schnellschutz verhindern. Die Prüfklemmen, in der bisher üblichen Ausführung, sind unten an der Tafel angeordnet. Zur leichten Revision der Apparate können die einzelnen Apparategruppen für sich ausgeschwenkt werden, wodurch eine volle Zugänglichkeit von vorne zu allen Apparaten erreicht wird.

Durch das Zusammenwirken des beschriebenen Schnelldistanzschutzes mit den rasch arbeitenden Druckluft-Schnellschaltern ist die Aufrechterhaltung der Stabilität bei Kurzschluss auch in ungünstigen Fällen gewährleistet.

Der Vorsitzende verdankt das Referat bestens. Herr Stöcklin hat es verstanden, das Problem klar zu stellen und die erreichten Resultate der gefundenen Lösung prägnant darzulegen. — Die Diskussion wird nicht benützt.

Ultrarapidregelung von Synchronmaschinen.

Referat, gehalten an der Kurzvorträge-Veranstaltung des SEV vom 9. Juli 1938 in Freiburg,
von A. Gantenbein, Zürich-Oerlikon,
und Diskussion.

621.316.722 : 621.313.32

Die durch das An- und Abschalten grösserer Lasten verursachten Spannungsänderungen müssen beim Generator sehr rasch ausgeglichen werden, so dass sie von den Energiebezügern nicht bemerkt werden. Diese rasche Regulierung wird durch den Ultrarapidregler besorgt, dessen Arbeitsweise im folgenden näher beschrieben ist. Der Grundgedanke ist der, dass zur Ausregulierung kleiner Aenderungen der zu regulierenden Grösse der bisher bewährte Schnellregler benutzt wird, für grössere Aenderungen aber eine spezielle Einrichtung in Funktion tritt, die eine maximale Ueberregulierung durchführt.

Les variations de tension que produisent l'enclenchement et le déclenchement de grosses charges doivent être rapidement compensées par les générateur, afin qu'elles passent inaperçues du consommateur. Ce réglage est effectué par le régulateur ultrarapide, dont le fonctionnement est décrit ci-dessous. L'idée fondamentale consiste à attribuer au régulateur rapide qui a fait ses preuves le réglage des petits écarts de la grandeurs à régler, tandis que pour des écarts très grands, un dispositif spécial entre en fonction, qui effectue un surrégulation maximum.

Das in letzter Zeit oft gestellte Verlangen des plötzlichen Zuschaltens von grossen Kurzschlussankermotoren auf Synchronmaschinen veranlasste die Maschinenfabrik Oerlikon, die Frage der Spannungsregulierung dieser Stromerzeuger erneut zu studieren. Die durch das plötzliche Zu- und Abschalten von grossen Leistungen bedingten Spannungsabsenkungen bzw. Spannungserhöhungen sollen möglichst klein und von kurzer Dauer sein. An der raschen Ausregulierung der Spannung hindern uns:

1. Die Unmöglichkeit der plötzlichen magnetischen Feldänderungen von Erreger und Generator. Die hierfür notwendigen Zeiten sind durch die Zeit-

konstanten des Erregers und des Generators bedingt.

2. Der Schnellregler selbst.

Dass man diesen nicht so rasch arbeiten lassen kann, wie es eigentlich die Massen des Schnellreglers ohne weiteres zuliessen, ist wieder auf die magnetische Trägheit des Erregers und Generators zurückzuführen. Zuzufolge dieser magnetischen Trägheiten wird nämlich am Schnellregler selbst, um eine stabile Regulierung zu erzielen, eine Rückführungs- und Dämpfungseinrichtung notwendig. Diese Einrichtung wirkt auf das Messorgan des Schnellreglers im Sinne einer Aufhebung der eingeleiteten Bewegung, d. h. sie sucht die eingeleitete Bewe-