

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

Artikel: Ultrarapidregelung von Synchronmaschinen
Autor: Gantenbein, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059431>

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: 28.04.2025

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

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

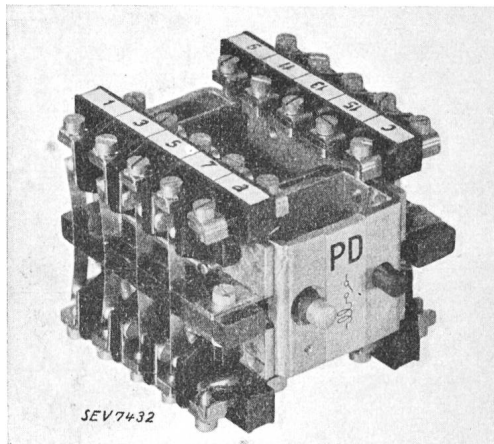


Fig. 3.

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 benutzt.

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 générateurs, 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 grandeur à régler, tandis que pour des écarts plus 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:

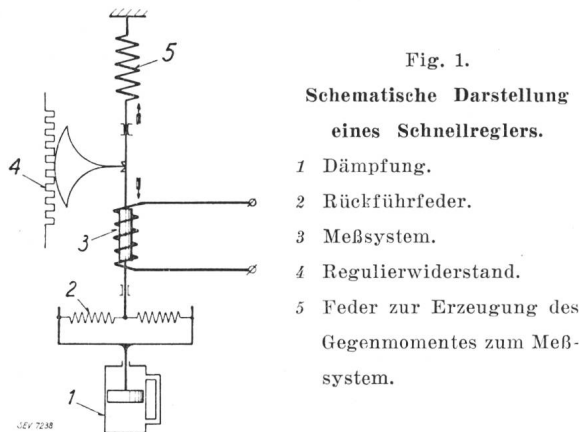
1. Die Unmöglichkeit der plötzlichen magnetischen Feldänderungen von Erreger und Generator. Die hierfür notwendigen Zeiten sind durch die Zeit-

konstanten des Erregers und des Generators bedingt.

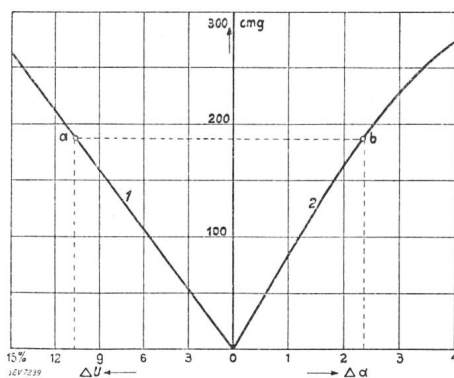
2. Der Schnellregler selbst.

Dass man diesen nicht so rasch arbeiten lassen kann, wie es eigentlich die Massen des Schnellreglers ohne weiteres zulassen, 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-

gung rückgänig zu machen. Fig. 1 gibt schematisch diese Rückführungsart wieder. Die bekannten Regler von Thury, BBC, MFO, Cuenod, alle Oeldruckregler, lassen sich auf dasselbe Prinzip zurückführen. Entwickelt wurden diese Rückführeinrichtungen bei den elektrischen Reglern in Anlehnung an



die damals bereits bekannten mechanischen Drehzahl-Regler für Primärmaschinen. Das Rückführmoment, herrührend von den Rückführfedern 2 (Fig. 1) wirkt, wie bereits erwähnt, dem Verstellmoment des Messorgans 3, das durch die Abweichung vom Sollwert bedingt ist, entgegen. Es lässt eine weitere Ueberregulierung nicht mehr zu, wenn die beiden Momente gleich gross sind. In Fig. 2 sind die Verhältnisse graphisch dargestellt. Die Kurven 1 und 2 haben die Ordinatenaxe als Maßstab des Drehmomentes gemeinsam. Vom Nullpunkt nach links ist die Spannungsabweichung vom Sollwert in % aufgetragen. Aus der Kurve 1 lässt sich das durch eine Spannungsänderung freiwerdende Drehmoment des Meßsystems ablesen. Kurve 2 stellt das minimal nötige Rückführdrehmoment in Abhängigkeit der Winkelabweichung des Meßsystems



Δu Spannungsänderung in %.

$\Delta \alpha$ Winkelabweichung.

1 Verstellmoment des Meßsystems in Abhängigkeit der Spannungsänderung in %.

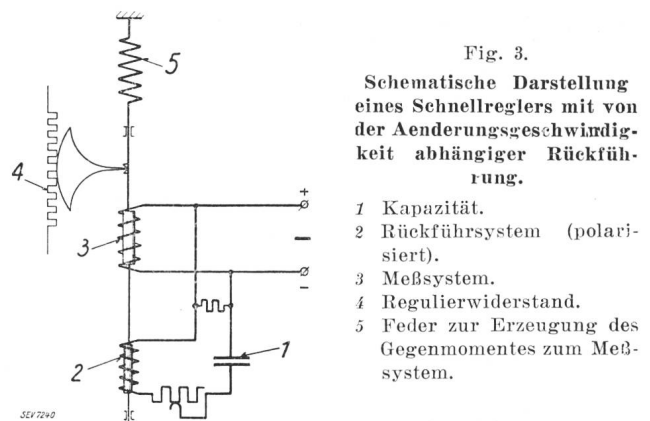
2 Rückführdrehmoment in Abhängigkeit der Winkelabweichung zwischen Meßsystem und Rückführsegment.

vom Rückführsystem dar. Für eine beliebige Spannungsänderung lässt sich aus dieser Figur sofort der im ersten Moment grösstmögliche Zeigerausschlag des Meßsystems und damit die Ueberregulierungsmöglichkeit ablesen. Das Meßsystem ist dabei als masselos gedacht.

Denken wir uns den Extremfall so, dass die Trägheit von Erreger und Generator null ist, dann wird eine Rückführeinrichtung am Regler überhaupt nicht mehr notwendig. Für die Reguliergeschwindigkeit ist einzig noch die Masse und Verstellkraft des Meßsystems massgebend.

Der andere Extremfall, wo die magnetischen Trägheiten des Erregers und Generators sehr gross sind, bedingt eine sehr grosse Dämpfung und entsprechend starke Rückführung und daher eine kleine Ueberregulierungsmöglichkeit. Der Regler kann, trotzdem er ein Schnellregler ist, nur noch sehr wenig zur Reguliergeschwindigkeit beitragen. Die Massen des Messorgans werden belanglos.

Um das äusserste an Reguliergeschwindigkeit zu erzielen, muss bei dem Bau von Schnellreglern auf kleine bewegte Massen und grosse Verstellkräfte getrachtet werden. Die ausschlaggebende Rolle aber spielen bei den Synchronmaschinen mit den heutigen Zeitkonstanten nicht diese bewegten Massen, sondern die durch den Erreger und Generator bedingte magnetische Trägheit und als Folge davon das Rückführdrehmoment des Schnellreglers. Die Zeitkonstanten von Erreger und Generator zu



verkleinern ist also ein recht erstrebenswertes Ziel, da dadurch auch am Schnellregler ein kleineres Rückführdrehmoment und eine kleinere Dämpfung eingestellt werden darf, was grössere Ueberregulierung zulässt. Leider ist dieses Ziel aber nicht auf einfache Art und Weise oder ohne grosse dauernde Leistungsverluste zu erreichen.

Es musste also ein neuer Weg gesucht werden, um die Reguliergeschwindigkeit zu erhöhen. Wohl war der über 30 Jahre alte Tast- oder Tirrillregler den nachher bekannt gewordenen sogenannten Schnellreglern bezüglich Reguliergeschwindigkeit überlegen, aber er konnte sich trotz seiner hohen Reguliergeschwindigkeit nicht allgemein durchsetzen. Der Grund liegt wohl im Kontaktverschleiss, der durch das dauernde Schalten bedingt ist, sowie in dem Umstand, dass bei der geringfügigsten Störung am Apparat der Generator ganz über- oder untererregt wurde, was zu recht unliebsamen Störungen führte.

Unser erster Gedanke war daher, die Rückführ- und Dämpfungseinrichtung 1 und 2 der Fig. 1 durch ein System zu ersetzen, das von der Aenderungs-geschwindigkeit der zu regulierenden Grösse nach der

Zeit abhängig ist, d. h. bei der Spannungsregulierung durch ein System, das auf $\frac{dU}{dt}$ anspricht. Fig. 3 zeigt die prinzipielle Anordnung für einen Gleichspannungsregler. Der Strom der Kapazität I ist:

$$i = C \frac{dU}{dt}$$

d. h. proportional der Aenderungsgeschwindigkeit der Spannung nach der Zeit. Das Vorzeichen dieses $\frac{dU}{dt}$ -Systems der Fig. 3 ist so gewählt, dass das Messorgan 3 bei einer Aenderung der zu regulierenden Grösse zuerst in seiner eingeleiteten Bewegung unterstützt wird, und eine Rückführung erst eintritt, wenn $\frac{dU}{dt}$ sein Vorzeichen wechselt, d. h., wenn die zu regulierende Grösse der eingeleiteten Bewegung folgt. Bei Wechselstrom muss zuerst eine Umformung auf Gleichstrom vorgenommen werden. Dieser elektrische Regler hat sein Analogon in dem hydraulischen Regler von Charmilles. Trotzdem dieser elektrische Regler gegenüber den bisher bekannten Schnellreglern wesentliche Vorteile aufweist, führte uns die grössere Vielseitigkeit der Verwendung, die Einfachheit und die Möglichkeit zur Erreichung noch grösserer Reguliergeschwindigkeiten im Zusammenhang mit Stosserregung der

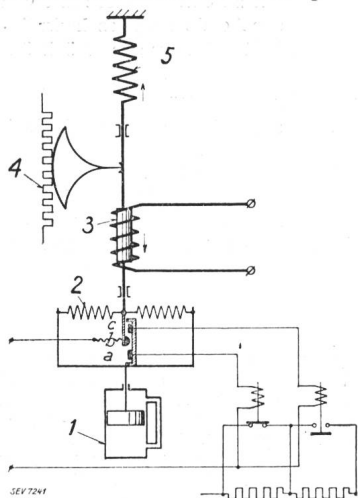


Fig. 4.

Schematische Darstellung eines Schnellreglers mit Ultrarapid-Reguliereinrichtung.

- 1 Dämpfung.
- 2 Rückführfedern.
- 3 Meßsystem.
- 4 Regulierwiderstand.
- 5 Feder.
- a, b, c, Kontakte für Ultrarapid-Regulierung.

Generatoren auf ein anderes System, das von der Maschinenfabrik Oerlikon patentiert wurde und nachstehend kurz beschrieben sei.

Der Leitgedanke bei der Entwicklung der neuen Reguliereinrichtung war der, dass zur Ausregulierung von kleinen Aenderungen der zu regulierenden Grösse der bisher bewährte Schnellregler benutzt wird, für grössere Spannungsänderungen aber eine Zusatzeinrichtung in Funktion tritt, die eine maximale Ueberregulierung einleitet. Diese Ueberregulierung muss, um Pendelungen zu vermeiden, entsprechend der Grösse der jeweiligen Abweichung vom Sollwert der regulierten Grösse verschieden lange dauern, und vor Erreichen des Sollwertes wieder ausser Funktion gesetzt werden. Fig. 4 und 5 geben eine schematische bzw. axonometrische Darstellung der neuen Ultrarapidreguliereinrichtung, bei der die Teile des normalen Schnellreglers ver-

wendet werden *). Der Aufbau des Reglers bleibt derselbe wie bisher, neu hinzu kommt einzig eine Kontakteinrichtung, die bei grösseren Abweichun-

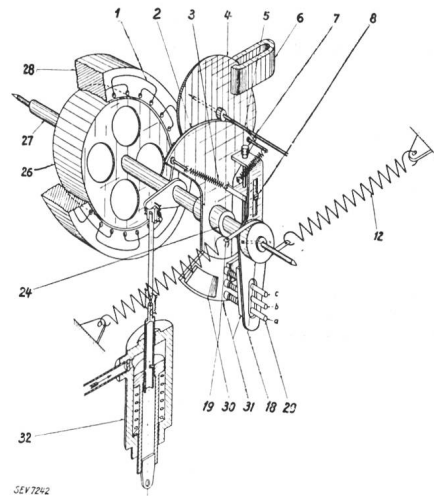


Fig. 5.

Axonometrische Darstellung eines Oeldruckreglers mit Ultrarapidreguliereinrichtung.

- | | |
|--|--|
| 1 Wicklungen des Drehsystems. | 12 Hauptfeder. |
| 2 Rückführsektor. | 18 Spannwalze für die Hauptfeder. |
| 3 Rückführfeder. | 19 Zugband. |
| 4 Dämpferscheibe. | 24 Lagerbüchse für den Rückführsektor. |
| 5 Welle zur Dämpferscheibe. | 26 Rotor. |
| 6 Dämpfermagnet. | 28 Stator. |
| 7 Einstellschraube für die Rückführfeder. | 29 Rotorwelle. |
| 8 Skala für die Einstellung der Rückführung. | 29 Kontaktbolzen. |
| | 30 Kontakttring-Sektor. |
| | 31 Isolierplatten. |
| | 32 Vorsteuerventil. |

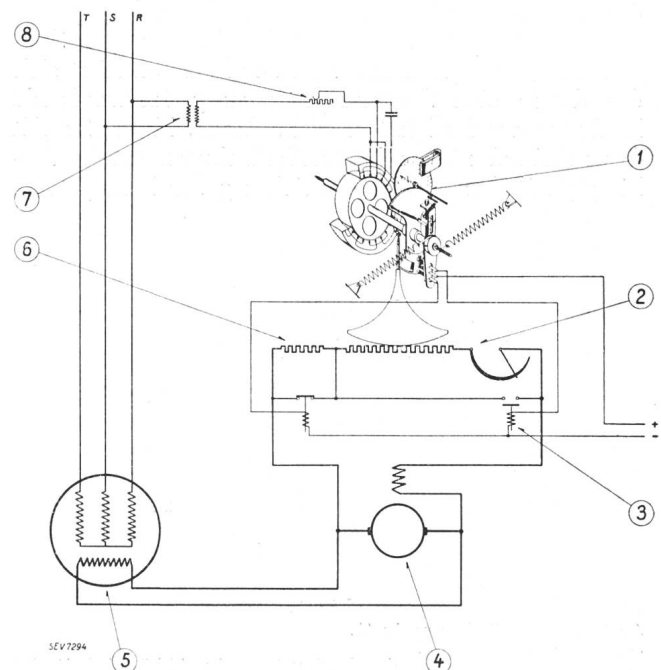


Fig. 6.

Ultrarapid-Spannungsreguliereinrichtung.

- 1 Ultrarapid-Spannungsregler.
- 2 Magnetregulator.
- 3 Schaltschütz.
- 4 Erreger.
- 5 Generator.
- 6 Stosswiderstand.
- 7 Spannungswandler.
- 8 Spannungseinstellwiderstand.

gen der Spannung von beispielsweise 2 % vom Sollwert einen Kontakt betätigt und dadurch die maximal mögliche Ueberregulierung sofort einleitet.

*) siehe Bulletin Oerlikon Nr. 175/176.

Diese Kontakteinrichtung ist in einfacher Weise zwischen das Meßsystem und der Rückföhreinrichtung eingebaut. Bei einer Spannungserhöhung wird der Kontakt zwischen den Kontaktbolzen *a* und *b* (Fig. 4) und bei einer Spannungsabsenkung der Kontakt zwischen den Kontaktbolzen *b* und *c* hergestellt. Durch Verstellen der Kontaktsegmente 30 (Fig. 5) lassen sich die Spannungsabweichungen, bei denen die Ueberregulierung einsetzen soll, beliebig einstellen, und zwar für Ueber- und Unter-

Die Ueberregulierung wird nun automatisch unterbrochen und die Ausregulierung der noch verbleibenden Abweichung vom Sollwert übernimmt der Schnellregler wieder im normalen Arbeitsgang. Für Spannungserhöhungen erfolgt die Regulierung analog, nur wird durch den Schaltschütz der Widerstand 6 in den Nebenschlusskreis eingeschaltet.

Um die Wirkung dieser Ueberregulierung zu zeigen, sind in Fig. 7 drei Oszillogramme mit drei verschiedenen Reglern wiedergegeben.

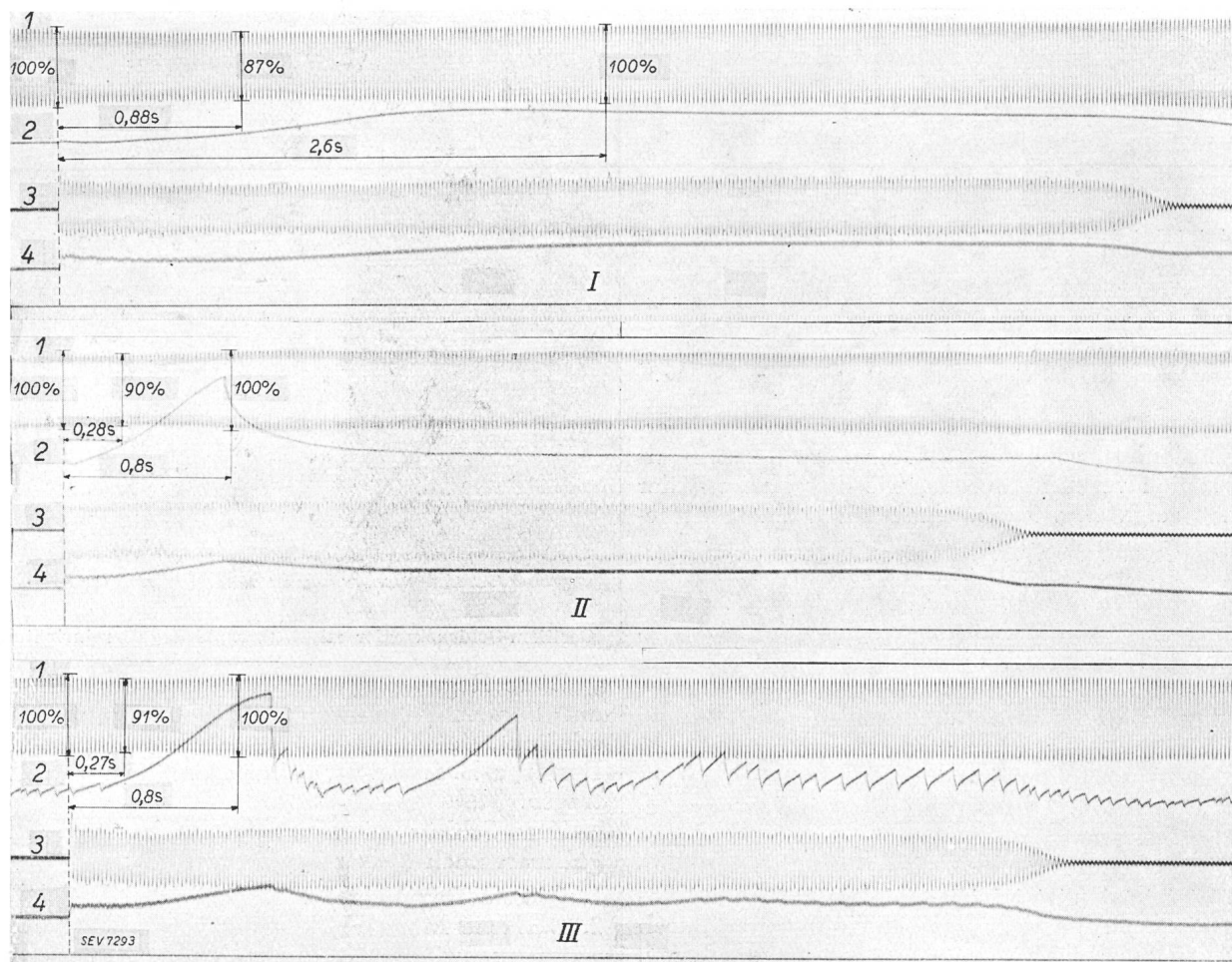


Fig. 7.

Oszillographische Aufnahmen der Reguliervorgänge bei verschiedenen Reglerarten.

I Normaler Schnellregler. *II* Ultrarapid-Regler. *III* Tirrill-Regler.
1 Generatorspannung. 2 Nebenschlußstrom. 3 Belastungsstrom. 4 Rotorstrom.

erregung unabhängig. Die Ueberregulierung wird wieder ausgeschaltet, wenn die Spannungsabweichung vom Sollwert den eingestellten Wert unterschreitet. An Hand von Fig. 6 soll nun die Wirkungsweise kurz beschrieben werden.

Die regulierte Sollspannung betrage 100 V. Sinkt durch Zuschalten einer Belastung die Spannung unter 98 Volt, so wird der Kontakt *b* und *c* geschlossen und der Schaltschütz (Fig. 6) betätigt. Dadurch wird aller Widerstand im Nebenschlusskreis des Erregers 4, d. h. der Reglerwiderstand und der noch vorgeschaltete Widerstand im Magnet-Handregulator 2 kurzgeschlossen. Es erfolgt die mit diesem Erreger maximal mögliche Ueberregulierung, bis die Spannung den Wert von etwa 98 Volt erreicht hat.

Jedes dieser Oszillogramme gibt die regulierte Generatorspannung, den Nebenschlusserregerstrom, den Belastungsstrom des Generators, sowie den Rotorstrom (Erregerstrom) des Generators wieder. Diese Versuche wurden an einem 2500-kVA-Generator mit normal dimensioniertem Erreger in der Weise aufgenommen, dass der Generator von Leerlauf aus plötzlich mit einem Asynchronmotor belastet wurde. Der Anlaufstrom des Kurzschlussankermotors entsprach etwa 50 % des Nennstromes des Generators. Mit dem normalen Schnellregler ist die Normalspannung innert 2,6 s erreicht, beim Tirrillregler und der Ultrarapidregulierung innert 0,8 s. Es muss aber dazu noch bemerkt werden, dass bei diesem Versuch der Tirrillregler ebenfalls

sämtlichen Widerstand im Nebenschlusskreis kurzschloss, was bei betriebsmässiger Einstellung nicht ohne weiteres zulässig ist. Fig. 8 veranschaulicht den Verlauf der regulierten Spannung in Funktion der Zeit für die bereits erwähnten Belastungsversuche. Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, dass die erwähnten Versuche mit einem normaldimensionierten Erreger vorgenommen wurden.

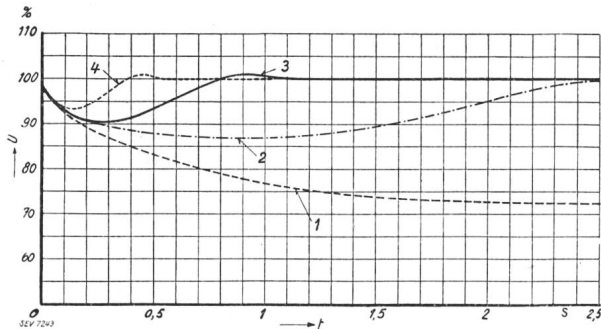


Fig. 8.

Verlauf der regulierten Spannung bei plötzlicher Belastung des Generators.

1 ohne Regulierung. 2 Regulierung mit normalem Schnellregler. 3 Regulierung mit Ultrarapidregler. 4 Regulierung mit Ultrarapidregler und überdimensionierter Erregermaschine.

Wird der Erreger beispielsweise um etwa 50 % überdimensioniert, so kann die Regulierzeit nochmals wesentlich verkürzt werden, wie dies Kurve 4 der Fig. 8 zeigt. Fig. 9 gibt einen mit Ultrarapidreglung versehenen Oeldruckregler wieder. Der Aufbau des Mess- und Dämpfungssystems entspricht dem normalen Schnellregler. An Stelle des Kontaktsektors mit Kontaktbahn tritt eine Vorsteuereinrichtung für die Betätigung des Oeldruck-Servomotors. Da die Laufzeit des Servomotors von einer Endlage in die andere nicht so klein gemacht werden kann, wie beim normalen Schnellregler mit direktem Antrieb der Regulierkontakte, so ist in diesem Fall die Ultrarapidreguliereinrichtung besonders wirksam.

Die getrennte Einschaltung der Ueberregulierung durch den Regler hat den wesentlichen Vorteil, dass sich die Reguliergeschwindigkeiten durch Stosserregungsschaltungen bedeutend steigern lassen. Es können nämlich durch die Hüpfen, die vom Regler gesteuert werden, separate, fremderregte Hilfs-erregerspulen oder Compoundierungsspulen im Erreger zu und gegen geschaltet werden. Die Stromänderungen in diesen Zusatzerregerkreisen können wesentlich schneller vorgenommen werden als in den normalen Erregerspulen, was dann die grössere Reguliergeschwindigkeit ergibt. Da diese Stromkreise nicht dauernd eingeschaltet sind, entstehen keine zusätzlichen Leistungsverluste.

Im Falle von Kurzschlüssen tritt diese Ueberregulierung selbstverständlich ebenfalls in Funktion, was zwar die Kurzschlußströme vergrössert, aber die Stabilität parallel laufender Kraftwerke erhöht. In Amerika wird bekanntlich die Stosserregung sehr viel zur Erhöhung der Stabilitätsgrenze angewendet. In unserm Falle dagegen dient die Stosserregung zur Erzielung grösster Reguliergeschwindigkeiten; sie kann je nach Wunsch bei grösseren Strömen als der Nennstrom des Generators blockiert

werden. Es ist im weitem möglich, durch das Ueberstromrelais oder den Ueberstromregler im Kurzschlussfall eine bestimmte Minimalerregung einzuhalten.

Bei bestehenden Anlagen mit gewöhnlichen Schnellreglern lässt sich die Ultrarapid-Regulierung durch eine kleine, vom Schnellregler vollständig getrennte Zusatzeinrichtung ebenfalls leicht erreichen.

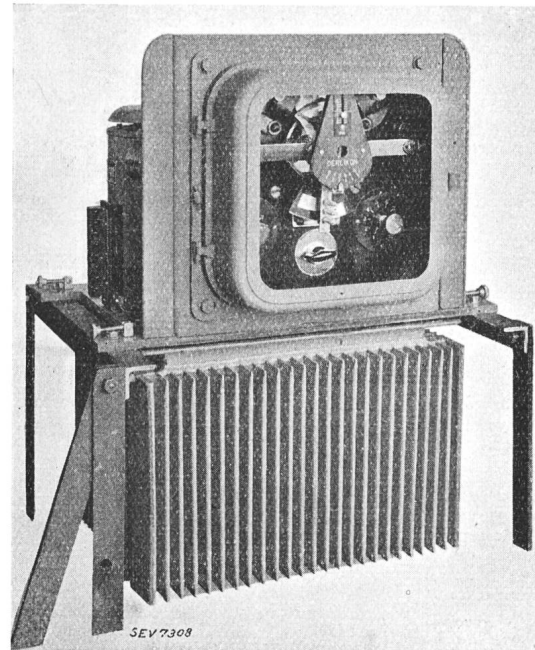


Fig. 9.

Oerlikon-Oeldruckregler mit Ultrarapid-Reguliereinrichtung.

Diese Regulierungsart ist im weitem nicht nur auf Spannungsregulierung von Generatoren beschränkt, sie lässt sich allgemein auch auf andere Regler, z. B. solche für Primärmaschinen usw. übertragen.

Zum Schluss seien die Vorteile der neuen Regulierart noch kurz zusammengestellt:

1. Grösste Reguliergeschwindigkeit.
2. Einfache Einstellbarkeit der gewünschten Reguliergeschwindigkeit durch Wahl passender Ueberregulierung.
3. Reduktion des in den Schnellregler einzubauenden Widerstandes, was grösstmögliche Ausnutzung der Kontaktbahn ergibt, da diese nicht mehr für Ueberregulierung dimensioniert werden muss.
4. Einstellbarkeit des Einsetzens der Stosserregung, und zwar für Uebererregung oder Untererregung unabhängig auf verschiedene Werte.
5. Erhöhen der Stabilitätsgrenze bei parallellaufenden Kraftwerken im Störfalle.
6. Möglichkeit, die Ultrarapidregelung nur bis zu einem bestimmten Wert des Generator-Nennstromes wirken zu lassen, d. h. sie für Ueberströme zu blockieren.

Diskussion.

Der **Vorsitzende** verdankt das Referat bestens. Herr Gantenbein hat eine vielversprechende Regelungsmethode beschrieben.

Herr R. Keller, A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden¹⁾: Die Ansicht, die Stabilität der Netze durch Einführung der Stösserregung sicherzustellen, hat vor ca. 10 bis 15 Jahren auch in Europa Anklang gefunden und die meisten führenden Firmen auf diesem Gebiete haben sich damals damit eifrig befasst und alle möglichen Systeme hierfür vorgeschlagen und ausprobiert. Schon damals war es klar, dass gewöhnliche Schnellregler für die in Frage kommenden raschen

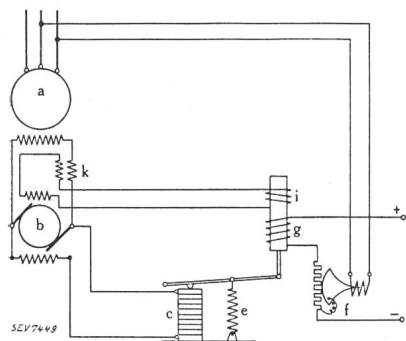


Fig. 1.
(aus
DRP 586659,
Kl. 21 C,
Gr. 6302.)

Feldaufbau-Geschwindigkeiten nicht genügen können. Eine unter anderem vorgeschlagene Schaltung (Fig. 1), die an Geschwindigkeit bezüglich Magnetfeldaufbau kaum zu übertreffen sein dürfte, wurde vor ca. 10 Jahren ausprobiert. Die Diagramme Fig. 2 veranschaulichen die Resultate dieser Schaltung. Die Versuche wurden an einem Turbogenerator ausgeführt; man sieht deutlich den Erfolg dieser Schaltung. Welches aber auch die Schaltung oder das Stösserregungssystem sein mag, es bedingt immer eine äusserst leistungsfähige Erregerkaskade, deren Wirtschaftlichkeit aber unseres Wissens bis heute noch nie nachgewiesen wurde. Man hat deshalb diese Methode meistens wieder verlassen und greift das Problem in der Grundsache an, die darin besteht, die Gefahr der Stabilitätsstörung durch Einführung eines äusserst rasch wirkenden Selektivsystems zu beseitigen, wie wir nun eben aus dem interessanten Vortrag des Herrn Stoecklin gehört haben.

Die möglichst rasche Spannungsregulierung, d. h. die möglichst rasche Ausregulierung von auftretenden Abweichungen ist selbstverständlich immer erwünscht. Die in den letzten Jahren weitergeführte Entwicklung der Schnellregler hat aber gezeigt, dass es durchaus möglich ist, Schnellregler zu bauen, die ohne komplizierte Zusatzapparatur (Schützen oder dergleichen) eine ebenso rasche und vor allem einwandfreie Ausregulierung der Spannung ermöglichen. In dieser

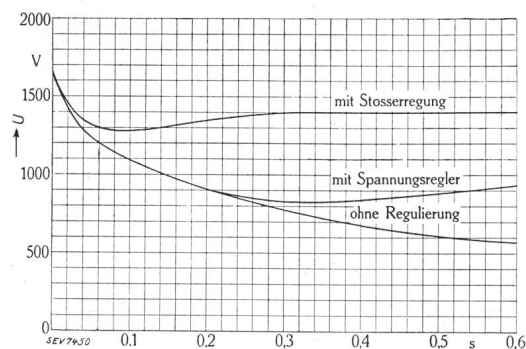


Fig. 2.

Beziehung aufgenommene Vergleichsversuche an einem direkt wirkenden Hochleistungs-Schnellregler und an einem andern nach der Art des Herrn Gantenbein angegebenen Reglers mit Zusatzschützen usw. haben ergeben, dass mit einem raschwirkenden Schnellregler mindestens dieselben Geschwindigkeiten erreicht werden. Die aufgenommenen Diagramme Fig. 3 bis 6 zeigen eindeutig dieses Ergebnis. Man sieht, dass die Spannungsaufbau-Geschwindigkeit an den Klemmen gemessen derjenigen mit der sog. Ultra-Rapid-Stösserregung mindestens ebenbürtig, die Spannungsabbaugegeschwindigkeit des Hochleistungs-Schnellreglers aber eindeutig überlegen ist. Der Vorteil eines solchen Reglers tritt auch in anderer Beziehung durch die einwandfreie Ausregulierung

zutage. Diese ist bei einem Regler mit 2 Schaltorganen im Erregerkreis, d. h. z. B. bestehend aus einer Kontaktbahn und Zusatzschützen, nicht möglich, weil der Uebergang von einer Reguliergeschwindigkeit auf die andere nicht kontinuierlich ist.

Es ist ferner darauf aufmerksam zu machen, dass durch die längst bekannte Komplettierung eines gewöhnlichen Spannungsreglers mit Schützen zwecks Erhöhung der Reg-

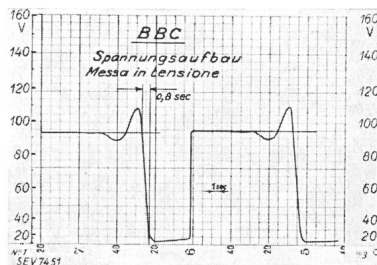


Fig. 3.
Hochleistungs-Schnellregler.

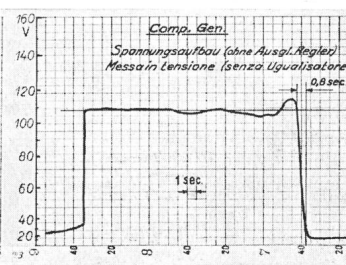


Fig. 4.
Schnellregler mit Schützen für Stösserregung.

ler-Geschwindigkeit das Problem der Spannungs-Regulierung von Generatoren mit grossem Regelbereich nicht gelöst ist. Die Bewältigung solcher Leistungen mit den im übrigen sich bewährenden Brown-Boveri-Wälz-Sektoren hat sich als zu unwirtschaftlich erwiesen, denn der Reglerbereich muss in solchen Fällen vom Kontaktsystem selbst aufgenommen werden können, damit die Stabilität der Regu-

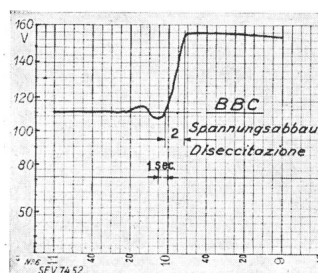


Fig. 5.
Hochleistungs-Schnellregler.

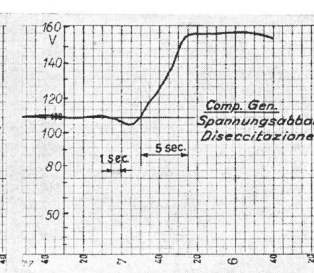


Fig. 6.
Schnellregler mit Schützen für Stösserregung.

lierung über den ganzen Bereich gewährleistet ist. Dies tritt namentlich dort klar hervor, wo zwecks Regulierung von leerlaufenden Leitungen die Generatoren mit negativer Erregung arbeiten müssen. Die Schaffung eines Schnellreglers mit sehr hoher Leistungsfähigkeit des Reglersystems war daher eine absolute Notwendigkeit. Es ist nun weiter gelungen, dieses mit einem äusserst rasch wirkenden Schnellregler zu koppeln, so dass das Problem der Spannungs-Regulierung von Gross-Generatoren auf diese Weise vorteilhaft gelöst ist.

Schlusswort des Referenten¹⁾: Kerr Keller erwähnte, dass die Resultate der Fig. 2 mit einer Schaltung entsprechend der Fig. 1 erzielt worden seien. Diese Fig. 2 entspricht nun aber genau der Abb. 20 der BBC-Mitteilung, April 1937, Seite 110 und 111, wo ausdrücklich erwähnt ist, dass sie den Spannungsverlauf bei Kurzschlussversuchen zur Untersuchung der Stabilität von Drehstromnetzen darstellt. Dies geht auch eindeutig daraus hervor, dass die Sollspannung, die ja konstant gehalten werden muss, bei Stösserregung bei weitem nicht mehr den Sollwert erreicht. Es ist nicht anständig, Stösserregung bei Kurzschlussversuchen mit Stösserregung zur möglichst raschen Ausregulierung von Spannungsänderungen, wie dies bei der Ultra-rapid-Regelung geschieht, mit einander zu vergleichen. Es sei nur nebenbei konstatiert, dass die Schaltung des Reglers gar nicht der Fig. 1 entsprach, sondern Fig. 19, Seite 110, BBC-Mitteilung 1937, und dass es sich um ganz anomal grosse Erreger handelte (viermal grösser als normal). Es ist nämlich gar nicht möglich, wie Herr Keller im Vor-

¹⁾ Nachträglich etwas ergänzt.

¹⁾ Nachträglich schriftlich eingereicht.

trag mündlich erwähnte, dass die rasche Regulierung durch den Kohlendruckregler c der Fig. 1 erzielt werden kann. Der Kohlenwiderstand in der üblichen Ausführung hat nämlich den grossen Nachteil, dass sein Regulierwiderstand gar nicht Null gemacht werden kann, sondern dass er trotz grossem Druck noch recht erhebliche Werte aufweist, und damit nicht den grösstmöglichen Stromanstieg zulässt.

Betreffs der Frage der raschen Ausregulierung geben nur einwandfreie Vergleichsversuche an der gleichen Maschine Auskunft. Die Zeitkonstante der Maschine spielt eine ausschlaggebende Rolle. Dass trotz der Anzweiflung von Herrn Keller mit der Ultrarapidregelung gegenüber dem normalen Schnellregler ein wesentlicher Fortschritt erzielt wird, geht daraus hervor, dass unter den genau gleichen Verhältnissen wie dies in Fig. 7 meines Vortrages angegeben wurde, mit der neuesten BBC-Wälzregler-Konstruktion und der kleinsten zulässigen Rückführkraft die Zeit bis zur Erreichung der Normalspannung 2,3 Sekunden betrug gegenüber 0,8 Sekunden mit dem Ultrarapidregler. Die Verkürzung auf 0,4 Sekunden mit 50 % überdimensioniertem Erreger ist ein weiterer möglicher nicht unerheblicher Gewinn. Dass der Vorwurf nicht einwandfreier Ausregulierung unbegründet ist, können wir durch Versuche sowohl an ganz klei-

nen, als auch an mittleren und grossen Maschinen nachweisen.

Wenn in den Spannungskurven Fig. 3 bis 6 von Herrn Keller die Zeit bis zur Erreichung der Normalspannung auch mit ungefähr 0,8 Sekunden angegeben wird, so ist das noch lange kein Beweis, dass sie der Ultrarapidregelung *mindestens gleichwertig* ist, da, wie schon gesagt, nur Vergleichsversuche mit den verschiedenen Methoden an derselben Maschine und in derselben Schaltung ein klares Bild geben. Es wird im weitem jedermann einleuchten, dass gerade bei Oeldruckreglern, die Herr Keller unter der Bezeichnung «Hochleistungsregler» offenbar meint, wo die Durchlaufdauer von einer Endlage in die andere ca. 0,5 bis 1 Sekunde beträgt, die Ultrarapidregelung besonders wirksam ist. Mit dieser wird die Zeit bis zum Kurzschliessen, bzw. Einschalten des ganzen Widerstandes 10- bis 20mal kleiner als bei dem normalen Oeldruckregler. Der von Herrn Keller als vorteilhafter hingestellte Reguliervorgang bei Spannungsabbau erweist sich dann ebenfalls als wesentlichen Nachteil gegenüber der Ultrarapidregelung.

Auch bei grossen Regulierbereichen mit sehr kleinen Erregungen, wie z. B. bei leerlaufenden Leitungen, lässt sich die Ultrarapidregelung mit Vorteil anwenden, ohne irgend welche Gefahr für die Stabilität.

(Fortsetzung der Kurzvorträge-Veröffentlichung folgt.)

Erfahrungen über den Ausgleich elektrischer und magnetischer Kopplungen in Vierern von im Betrieb befindlichen Bahn-Krarupkabeln.

Von † C. Meier, Brugg, und H. Hilfiker, Kilchberg.

621.395.73.054.2

Bei Krarupkabeln spielen die induktiven Kopplungen eine verhältnismässig grosse Rolle. Vor Beginn eines Kopplungsausgleichs sind Massnahmen zum Schutze der Adern gegen Ströme, die den magnetischen Zustand der permeablen Umspinnung dauernd verändern könnten, zu treffen. Zur Schaffung einer rekonstruierbaren magnetischen Ausgangslage empfiehlt es sich, vor dem Ausgleich zu entmagnetisieren.

Beim Kopplungsausgleich werden die induktiven und kapazitiven Unsymmetrien am besten gleichzeitig berücksichtigt, indem von Anfang an ausschliesslich nach besten Nebensprechdämpfungen gekreuzt wird.

Die vorliegenden Messergebnisse zeigen, dass für Verstärkerbetrieb brauchbare Phantomkreise von über 50 km Länge selbst an den ältesten Krarupkabeln der SBB gewonnen werden können. Die nachteilige Wirkung der grossen und unregelmässigen Abstände der Kreuzungsstellen und der Beschränkung der Ausgleichskreuzungen auf den Vierer wird dadurch aufgehoben, dass man gleichzeitig je 3, statt, wie üblich, 2 Fabrikationslängen bzw. Streckenabschnitte ausgleicht.

Einleitung.

Die überall mit der Einführung des automatischen Telefonbetriebes verbundene Umwälzung in der Netzgestaltung setzte bei den schweizerischen Bundelbahnen etwa im Jahre 1933 ein, d. h. zu einer Zeit, als die Elektrifizierungsprogramme und damit die Verkabelung des Fernmeldenetzes zum grössten Teil vollzogen waren. Der Uebergang vom alten Handtelefonnetz von typischer Maschenstruktur zum neuen Automatenetz von vorwiegend sternförmigem Aufbau musste somit bewerkstelligt werden, ohne dass man der Forderung nach möglichstster Bündelung des Sprechverkehrs schon in der Planung der Streckenkabelanlagen hatte Rechnung tragen können.

Dank der für den damaligen Stand des Bahnfernmeldewesens grosszügigen Bemessung der Kabeladerzahlen gelang die Befriedigung der neuen Ansprüche weitgehend ohne Schwierigkeiten. Auf

Dans les câbles krarupisés, les couplages inductifs, jouent un rôle relativement important. Avant d'entreprendre l'équilibrage des couplages, il y a lieu de prendre des mesures pour protéger les fils contre les courants qui pourraient modifier d'une façon permanente l'état magnétique du guipage perméable. Pour créer un état magnétique initial reconstituable, il est recommandable de démagnétiser avant l'équilibrage.

Lors de l'équilibrage, on tient avantageusement compte simultanément des dissymétries inductives et capacitives, en croisant dès le début exclusivement de manière à obtenir l'affaiblissement optimum de la diaphonie.

Les résultats des mesures montrent que, pour l'exploitation avec répéteur, on peut obtenir des circuits phantomes acceptables de plus de 50 km, même sur les plus anciens câbles krarupisés des CFF. L'effet désavantageux des grandes et irrégulières distances entre endroits de croisement, ainsi que de la limitation des croisements d'équilibrage aux quarts, peut être supprimé en équilibrant simultanément 3 longueurs de fabrication ou tronçons de ligne, au lieu de 2, comme il est d'usage.

einigen Strecken indessen konnte die zur Schaffung ausreichender Bündelstärken nötige Adernzahl nicht restlos bereitgestellt werden.

Die Ausnützung der Vierer war der ungenügenden Nebensprechdämpfungen wegen nicht ohne weiteres möglich. Die krarupierten Aderpaare dieser Kabel liegen wohl in Diesselhorst-Martin-Verseilung, sind aber teilweise älterer Konstruktion und ein Kopplungsausgleich hatte seinerzeit bei der Kabellegung nicht stattgefunden.

Aufgabestellung.

Es musste daher der Versuch unternommen werden, die Nebensprechverhältnisse zwischen Vierern und Stämmen der Streckenkabel nachträglich und möglichst ohne Beeinträchtigung des Fernmeldebetriebes zu verbessern.

Die Streckenkabel sind von gemischtem Aufbau und dienen für verschiedene Fernmeldeeinrichtun-