

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 9 (1918)
Heft: 10

Artikel: Anlage zur Nutzbremmung von Fahrzeugen mit Kommutatormotoren für Einphasenwechselstrom
Autor: Behn-Eschenburg, Hs.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059611>

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: 17.05.2025

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

Anlage zur Nutzbremmung von Fahrzeugen mit Kommutatormotoren für Einphasenwechselstrom.

Von Dr. Hs. Behn-Eschenburg, Oerlikon.

Mit der Ausbreitung des elektrischen Betriebes auf Vollbahnen wird der elektrischen Bremsung und insbesondere der Rückgewinnung der auf Gefällen und beim Anhalten freiwerdenden Energie des Zuges erhöhte Bedeutung beigemessen. Es wurde gelegentlich als ein Vorzug des *Drehstromsystems* betrachtet, dass sich die Motoren ohne Umschaltung als Generatoren betreiben lassen. Der praktische Nutzen ist aber dadurch sehr eingeschränkt, dass nur bei genauer Uebereinstimmung der Fahrgeschwindigkeit mit einzelnen synchronen Geschwindigkeiten eine Nutzbremmung eintritt, und dass bei mancher Bahnanlage diese Uebereinstimmung infolge häufiger Anfahrfristen verhältnismässig selten zu trifft. Einzelne Bergbahnen mit Drehstrombetrieb suchten sich von diesem Mangel zu befreien, indem sie auf die Rückgewinnung verzichteten und nach dem Vorgange der Maschinenfabrik Oerlikon (Schweiz. Patent No. 20461 vom 23. November 1899) mittels besonderer Gleichstromerregemaschine die Fahrzeugmotoren bei der Talfahrt in Mehrphasengeneratoren verwandeln, welche in Belastungswiderständen Strom erzeugen. Durch diese Hilfsmittel wird erreicht, dass auch bei Geschwindigkeiten, welche von der Synchronen mehr oder weniger abweichen, mit elektrischer Bremsung gefahren werden kann, ohne auf die Stromzuleitung von aussen angewiesen zu sein.

Bei *Gleichstrombahnen* mit Reihenschlussmotoren ist es von altersher üblich, die Motoren elektrisch abzubremmen, indem dieselben als selbsterregte Reihenschlussgeneratoren auf die Anfahrwiderstände geschaltet werden. Es hat nicht an Versuchen und Erfindungen gefehlt um durch Verwendung von Nebenschlussmotoren und von besonderen Erregemaschinen (vgl. u. a. Schweiz. Patent der Maschinenfabrik Oerlikon No. 36123 vom 14. Februar 1906) eine Nutzbremmung zu erzielen. Bei einigen neueren amerikanischen Gleichstromlokomotiven wird der Erfolg solcher Nutzbremmungen hervorgehoben. Aber auch hier handelt es sich um umständliche Einrichtungen und Schaltungen und die Rückgewinnung ist auf enge Geschwindigkeitsgrenzen beschränkt.

Als Triebmotor für *Einphasenwechselstrombahnen* kann heute allgemein der Reihenschlussmotor gelten, der in den meisten Fällen mit einem besonderen Kommutierungsquerfeld nach den Prinzipien der Maschinenfabrik Oerlikon (Schweiz. Patent No. 30388 vom 29. Februar 1904) ausgestattet ist. Mit solchen Triebmotoren ist eine elektrische Bremsung in gleicher Weise wie bei Gleichstromhauptstrommotoren einzuführen, indem die Motoren als selbsterregte Gleichstromseriengeneratoren auf Belastungswiderstände arbeiten. Für die Rückgewinnung der Bremsenergie ist vorgeschlagen worden, die Hauptfeldwicklung durch besondere Wechselstromerregemaschinen zu erregen oder dieselbe durch Stromtransformatoren mit dem Ankerstromkreis zu verketten. Die erstere Lösung leidet an grosser Umständlichkeit der Einrichtung, die zweite Lösung führt zu bedeutenden Schwierigkeiten, bei der Unterdrückung der Selbsterregung mit netzfremden Schwingungszahlen.

Bei den neuen Lokomotivbestellungen der Schweizerischen Bundesbahnen für die Gotthardbahn wird die Forderung gestellt, dass wenigstens das Lokomotivgewicht auf den Gefällen durch elektrische Bremsung ausgeglichen werden könne, wobei dem Konstrukteur freigelassen wird, Widerstands- oder Nutzbremmung anzuwenden. Die elektrische Bremsung soll in erster Linie den durch die mechanische Bremsung bewirkten Verschleiss der Bandagen und Bremsklötze vermindern; der Rückgewinnung von Energie wird zunächst keine ausschlaggebende Bedeutung beigemessen. Bei der Gotthardbahn sollte für die Rückgewinnung im Gefälle von 26 Promille ungefähr die Hälfte der bei der Steigung für das gleiche Zugsgewicht mit gleicher Geschwindigkeit aufgenommenen elektrischen Energie an den Motorbürsten abgenommen werden können.

In der Maschinenfabrik Oerlikon wurden seit langem eingehende Versuche sowohl über Widerstands- und Rückstrom- als auch über Nutzbremmung ihrer Lokomotivmotoren nach verschiedenen Schaltungen durchgeführt und es konnten anfangs des Jahres recht

befriedigende Ergebnisse der Nutzbremmung von 250 PS Motoren in engeren Kreisen von Sachverständigen vorgezeigt werden¹⁾.

Vor kurzem ist es nun gelungen, die Schaltungen grundsätzlich und wesentlich zu vereinfachen und das Bereich der Rückgewinnung unbeschränkt bei allen Belastungen auf alle Geschwindigkeiten bis zum Stillstand auszudehnen, so dass auch ein Teil der Anfahr-energie zurückgewonnen werden kann, ohne dabei für die Steuerung weitere Schaltap-parate zu benötigen als die für den normalen Motorbetrieb vorgesehenen Stufenschalter. Dämpfungswiderstände, besonders übersättigte Reaktanzen, Stromtransformatoren, Erreger-

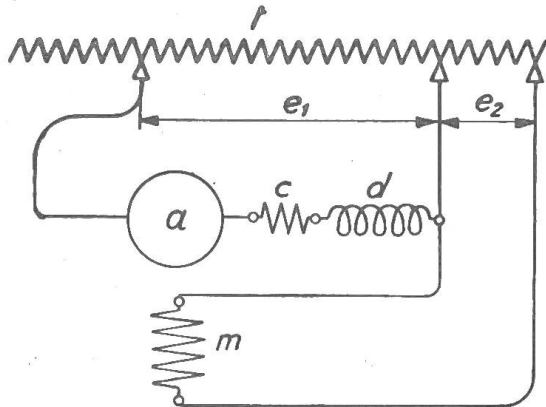


Fig. 1.

einrichtungen und Phasenumformer kommen in Wegfall; eine gewöhnliche Drosselspule mit einem eindeutig bestimmten Reaktanzwert ist der einzige Apparat, der zu der normalen Motoranlage hinzu-kommt. Der gewöhnliche Reihenschlussmotor wird durch die neue Schaltung in einen eigen-artigen Generator oder Motor von neuen, für die praktische Bremsung sehr zweckmässigen Eigenschaften verwandelt. Es liegt in der Hand des Konstrukteurs, den Wirkungsgrad und Leistungsfaktor je nach Leistung und Geschwin-digkeit zu bemessen, die bei früheren Schal-tungen gefürchtete Selbsterregung oder Unsta-bilität ist beseitigt.

Es soll in folgendem das theoretisch Wesentliche der neuen Wechselstromanlage geschildert werden. Das Schema Fig. 1 bezieht sich in üblicher Form auf einen zwei-poligen Motor oder Generator mit dem rotierenden Anker *a* und der Magnetwicklung *m*. Allfällige Kompensations- und Hilfspolwicklungen sind unter *c* zusammengefasst, wobei für die Wirkungsweise des Motors die Schaltung dieser Wicklungen nach irgend einem bekannten Schema zunächst ohne Bedeutung ist. Der Anker wird nun in Reihe mit einer Drosselspule *d* von bestimmten Dimensionen an die regulierbaren Spannungsstufen e_1 eines Transformators *t* angeschlossen, während die Magnetwicklung an eine andere, passend gewählte Spannungsstufe e_2 des gleichen Transformators gelegt wird. Das Schema scheint äusserlich einen gewöhnlichen Nebenschlussmotor darzustellen, von dessen Un-brauchbarkeit bisher jedermann überzeugt war. Im Gegensatz zu dieser Auffassung entwickelt die Maschine nun bei passender Wahl der Reaktanz *d* in der einen Dreh-richtung als Motor, in der andern als Generator für jede Geschwin-digkeit von Stillstand an bei ge-gebenen Zuleitungsspannungen e_1 und e_2 ein konstantes Dreh-moment, die Leistung wächst proportional mit der Geschwindig-keit. Unseres Wissens ist diese Eigenschaft hier zum erstenmal bei elektrischen Maschinen verwirklicht. Für eine gegebene Zuleitungsspannung steigt die Stromstärke von einem untern Grenzwert bei Stillstand an, rascher als die Geschwindigkeit, der Leistungsfaktor nähert sich der Einheit. Für den verlustlosen Generator sind die theoretischen Kurven in Fig. 2

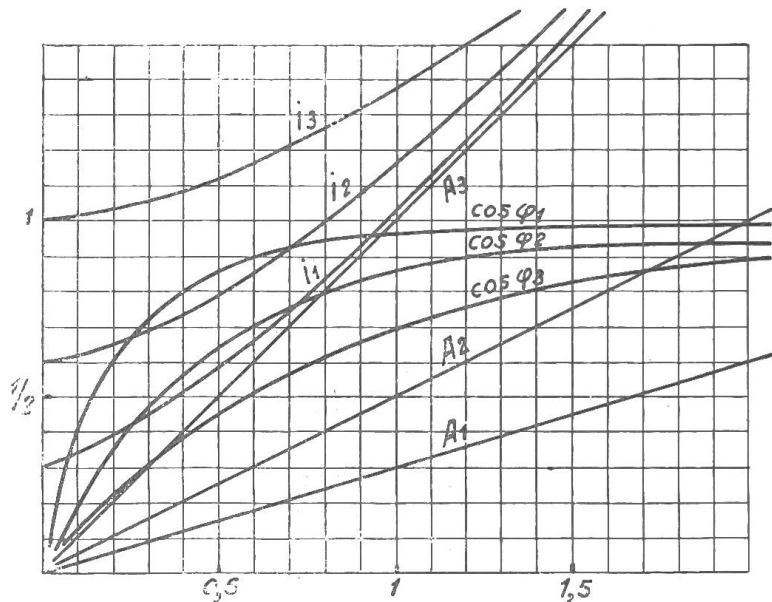


Fig. 2.

Unseres Wissens ist diese Eigenschaft hier zum erstenmal bei elektrischen Maschinen verwirklicht. Für eine gegebene Zuleitungsspannung steigt die Stromstärke von einem untern Grenzwert bei Stillstand an, rascher als die Geschwindigkeit, der Leistungsfaktor nähert sich der Einheit. Für den verlustlosen Generator sind die theoretischen Kurven in Fig. 2

¹⁾ Die Herren Ingenieure Laternser, Bürgi und Kristen haben diese Versuche durchgeführt.

aufgezeichnet für drei verschiedene Zuleitungsspannungen e_1 , die im Verhältnis 1 : 0,6 : 0,3 stehen, unter der Voraussetzung einer konstanten Erregerspannung, bei welcher der Generator bei der vollen Geschwindigkeit 1 die Bürstenspannung 1 entwickeln soll. Eine ähnliche Kurvenschar erhält man nach Fig. 2_a, bei konstanter Umdrehungszahl und Erregung mit veränderlicher Zuleitungsspannung. Gezeichnet sind Stromstärke, Leistungsfaktor und Leistung für die Umdrehungszahl 1, bei welcher die Bürstenspannung 1 betragen soll, als Funktion der Zuleitungsspannung e_1 , die in Bruchteilen der Bürstenspannung in der Abszisse aufgetragen ist. Wir bezeichnen die durch den Ankerstromkreis zusammen mit der Drosselspule gebildete Reaktanz mit R_1 , die Reaktanz der Magnetwicklung mit R_2 , die ohmschen

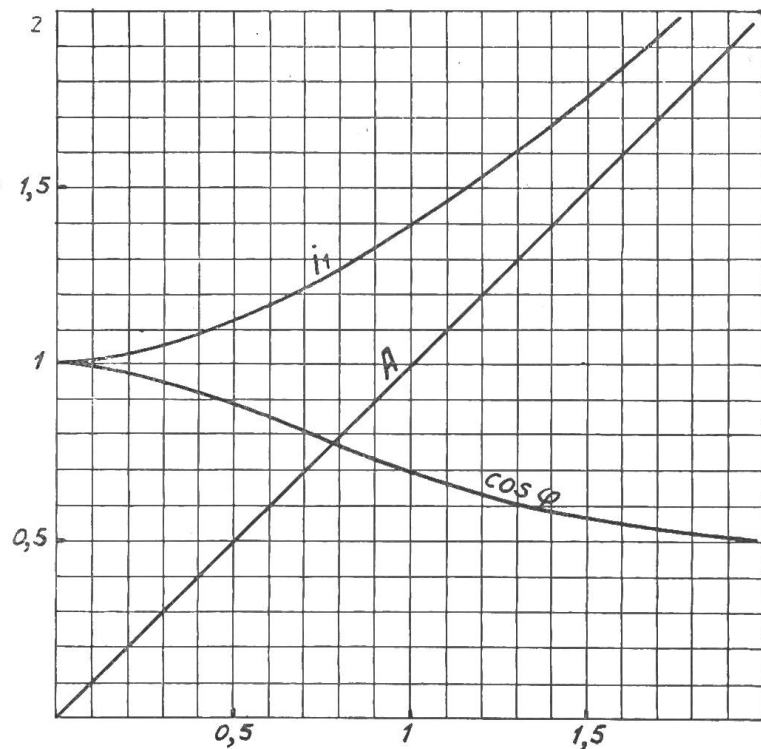


Fig. 2 a.

Widerstände mit r_1 und r_2 , die Stromstärke des Ankers mit i_1 , der Magnetwicklung i_2 , den von der Magnetwicklung erzeugten magnetischen Flux mit F_2 , und die von diesem Flux durch die Rotation des Ankers hervorgerufene elektromotorische Kraft mit e_r , die Umdrehungszahl mit n , dann gelten die einfachen Beziehungen:

$i_1 r_1 + i_1^0 R_1 \pm n \cdot M i_2 = e_1$, das Vorzeichen richtet sich nach der Drehrichtung und entscheidet über Motor- oder Generatorbetrieb $i_2 r_2 + i_2^0 R_2 = e_2$, dabei sollen e_1 und e_2 gleiche Phase besitzen, $n M i_2$ stellt die durch den Erregerstrom i_2 bewirkte Rotations- oder Bürstenspannung e_r dar. Es ist also auch zu schreiben:

$$i_1 r_1 + i_1^0 R_1 = e_1 \pm e_r$$

Zur Vereinfachung kann von den Widerstandsverlusten abgesehen werden und es ist einfach:

$$i_1^0 = \frac{e_1 \pm e_r}{R_1}, \quad i_2^0 = \frac{e_2}{R_2}$$

Die Stromstärke i_1 ist also um 90° gegen die Resultierende aus den Spannungen e_1 und e_r , i_2 um 90° gegen e_2 verschoben. Da e_r in Phase mit i_2 ist, muss auch e_r um 90° gegen e_2 und e_1 verschoben sein. Führt man mit grossen Buchstaben die effektiven Werte ein, so erhält man für den Winkel φ zwischen e_1 und i_1 :

$$\cos \varphi = \frac{E_r}{\sqrt{E_1^2 + E_r^2}}; \text{ die Energieleistung wird:}$$

$A = E_1 J_1 \cos \varphi$ gemessen an den Transformierzuleitungsklemmen.

$A = E_r J_1 \sin \varphi$ gemessen an den Generatorbürsten, und allgemein:

$$A = \frac{E_1 E_r}{R_1}.$$

Das Drehmoment oder die Zugkraft ist:

$$D_r = \frac{A}{n} \cdot 716 = \text{const.} \frac{E_1}{R_1} \cdot M i_2 = \text{const.} \frac{E_1 E_2}{R_1}$$

¹⁾ i_1^0 bedeutet $\frac{di_1}{dt}$

Bei gegebener Erregung und Klemmenspannung ist das Drehmoment konstant, es ändert sich proportional der Klemmenspannung E_1 und umgekehrt proportional der Reaktanz R_1 .

Charakteristische Werte ergeben sich für $n = 0$, $I_1 = \frac{E_1}{R_1}$

und für $e_1 = 0$, $I_1 = \frac{E_r}{R_1}$.

Die Erregungsarbeit $e_2 i_2$ ist als Verlust in Watt und Voltampère besonders zu berechnen und zu messen.

Das Diagramm der Generatorarbeit nimmt die einfache Form Fig. 3 an, für motorischen Betrieb wäre e_r und OA nach unten gerichtet. Für die praktische Verwendbarkeit des Motors oder Generators ist nun entscheidend und massgebend, dass R_1 so gross gewählt wird, dass die Stromstärke i_1 bei der normalen oder maximalen Geschwindigkeit und der normalen Rotationsspannung e_r , die durch den Flux F_2 und den zulässigen Erregerstrom i_2 begrenzt ist, die zulässigen oder normalen Grenzwerte der Konstruktion nicht überschreitet.

Die Reaktanz R_1 kann mit allen bekannten Mitteln gebildet werden, z. B. durch besondere Drosselspulen oder zum Teil durch die Selbstinduktion des Ankers, der Kompensationswicklung und Hilfspole. Für die Einstellung der Wendequerfelder durch die Hilfspole und Querwicklung gelten die gleichen Regeln wie für den Reihenschlussmotor unter sinngemässer Berücksichtigung der Phasenverschiebung zwischen der durch den Flux F_2 transformatorisch induzierten Lamellenspannung und der durch Rotation in dem Ankerfeld erzeugten Spannung. Im allgemeinen fallen in der neuen Betriebsweise beide Spannungen näher zusammen als beim Reihenschlussmotor; es können also die Mittel zur Phasenverschiebung des Wendequerfeldes zum Teil fortfallen, unter Umständen die Querwicklung des sogenannten doppelgespeisten Motors einfach kurzgeschlossen werden.

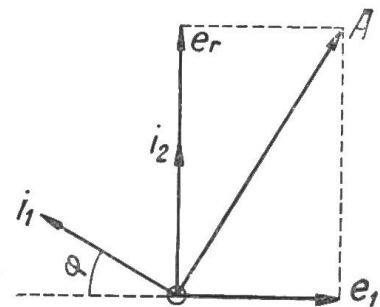


Fig. 3.

Wenn in dem Diagramm die Verluste in den Wicklungen durch die ohm'schen Widerstände r_1 und r_2 berücksichtigt werden, so verschiebt sich in dem Diagramm 4 der Vektor e_r um den Winkel φ_2 aus der Vertikalen nach rechts und mit ihm in entsprechender Weise die Resultierende OA . Von OA aus wird i_1 nicht mehr um 90° sondern um $90^\circ - \varphi_1$ nach links abweichen, wobei zu setzen ist:

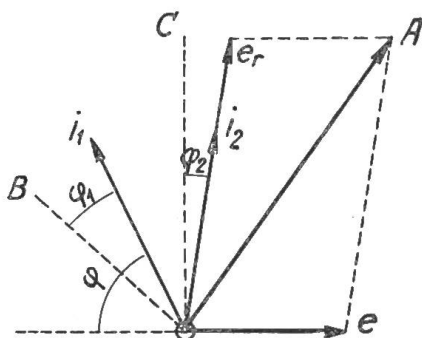


Fig. 4.

$$\tan \varphi_2 = \frac{r_2}{\omega R_2}, \quad \tan \varphi_1 = \frac{r_1}{\omega R_1}.$$

Der Winkel φ wird mit den Winkeln φ_1 und φ_2 zunehmen und der Leistungsfaktor $\cos \varphi$ abnehmen (vgl. Fig. 4). Es ist:

$$\cos \varphi = \frac{E_1 \sin \varphi_1 + E_r \cos (\varphi_2 + \varphi_1)}{\sqrt{E_1^2 + E_r^2 + 2 E_1 E_r \sin \varphi_2}}$$

Da die Stromstärke des Ankers und der Magnetwicklung vollständig voneinander getrennt verlaufen, ist bei richtiger Bürstenstellung und auch bei Kurzschluss der Querwicklungen eine Selbsterregung ausgeschlossen.

Für die Regulierung der Zugkraft und Geschwindigkeit ist nur die Regulierung der Zuleitungsspannung e_1 erforderlich. Dies ist ein Hauptvorteil der neuen Anlage, indem ohne Zuhilfenahme von besonderen Widerständen eine verlustlose Regulierung und Stabilität erreicht wird. Der Anschluss der Magnetwicklung kann ausserhalb oder innerhalb der Anzapfungen e_1 oder auch an einem besonderen Transformator liegen, die Spannung e_2 könnte ebenfalls regulierbar eingerichtet werden, die Erregung liesse sich auch mittels induktiver Vorschalt-

widerstände variieren; es ist nur darauf zu achten, dass die Phase des Magnetfeldes um ungefähr 90° gegen die Klemmenspannung verschoben ist. Auch die Reaktanz R_1 kann verändert und zur Regulierung herangezogen werden.

Für den Motorbetrieb scheint die neue Anlage keine Vorteile zu bieten, da für die gleiche Leistung das Gewicht im allgemeinen grösser und der Leistungsfaktor kleiner ausfallen wird als beim gewöhnlichen Reihenschlussmotor; dazu kommt die Aufwendung für die Drosselspule an Gewicht und Preis und Verlusten. Beim Uebergang von dem Betrieb als Hauptstrommotor mit der gewöhnlichen Schaltung in den Betrieb als Generator für Nutzbremung lassen sich verhältnismässig einfache Massnahmen treffen. Die Drosselspule kann im ersten Betrieb kurzgeschlossen, die Magnetwicklung mit einer Ableitung des Ankers verbunden werden.

Auch der Uebergang von der Nutzbremung zu einer Widerstandsbremung, die unter Umständen für Talfahrten ohne Netzstrom gewünscht werden mag, lässt sich leicht einrichten, indem ein zusätzlicher Bremswiderstand eingeschaltet bzw. kurzgeschlossen wird. Die für die Kommutierung notwendige Umschaltung oder Einstellung der Erregung der Hilfspole- und Kompensationswicklungen ist zugleich mit den neuen Verbindungen der Magnetwicklung des Ankerstromkreises durch die Umstellung des Fahrrichtungswechslers auf die besondere Bremsschaltung auszuführen.

Die Bedienung beschränkt sich darauf, nachdem die Fahrwenderwalze auf Bremsung gestellt ist, durch die Bewegung des Stufenschalters die Zuleitungsspannung und das Drehmoment bis zur Einhaltung der gewünschten Geschwindigkeit zu regeln. Dabei können auch Rückwärtsfahrten in der gleichen Schaltung unter Arbeitsleistung der Motoren ausgeführt werden. Es ist zweckmässig, mit der Nullstellung des Stufenschalters gleichzeitig die Erregung der Magnetwicklung zu unterbrechen.

Die neue Anlage ist ohne weiteres fähig, bei jeder Fahrgeschwindigkeit und insbesondere auch zum Anhalten des Zuges mit elektrischer Nutzbremung zu arbeiten, und soweit die Verluste des mechanischen Getriebes und der Wicklungen dies zulassen, den letzten Rest der mechanischen Energie in das Netz zurückzuleiten; sie benötigt ausser den für den Motorbetrieb bereits vorhandenen Maschinen und Apparaten nur eine einfache Drosselspule. Diese Einfachheit und weitgehende Wirkung erhebt die Anlage weit über alle bei Gleichstrom und Drehstrom bisher bekannt gewordenen Methoden und Einrichtungen und dürfte geeignet sein, dem Einphasenwechselstromsystem eine neue, wichtige Ueberlegenheit zu verschaffen. Die Uebersichtlichkeit der Wirkungsweise, die sich in den eben angedeuteten, einfachen Formeln und Diagrammen ausspricht, macht eine Darstellung von Versuchsergebnissen überflüssig. Zahlreiche Beobachtungen an grösseren Lokomotivmotoren und kleinen stationären Motoren bestätigen die theoretischen Berechnungen und Ueberlegungen. Bei den Oerlikoner Motoren wird für den normalen Motorbetrieb und die Bremsschaltung die gleiche Anordnung der Kompensationswicklung beibehalten. Für die Kommutierung genügt es, parallel zu den Hilfspolen für den Motorbetrieb einen induktionslosen Nebenschluss, bei der Bremsschaltung an dessen Stelle eine Drosselspule anzuordnen. Für den Entwurf scheint es am bequemsten, von der normalen Motorspannung E_r bei der normalen Geschwindigkeit n und der maximalen zulässigen Stromstärke J_1 auszugehen. Die Leistung wird $A = E_r J_1 \sin \varphi$. Die notwendige Reaktanz R_1 der Drosselspule ergibt sich dann aus

$$R_1 = \frac{E_r}{J_1 \sin \varphi}$$

Wenn z. B. die auf einem Gefälle zurückzugewinnende Energie etwa die Hälfte der normalen, bei der Steigung aufzuwendenden Energie sein soll, könnte der Motor mit normaler Bürstenspannung und etwa 80 % der normalen Stromstärke als Bremsgenerator betrieben werden, mit $\cos \varphi = 0,8$. Der Fahrleitung ist dabei ausser der wattlosen Komponente $J_1 \sin \varphi$ auch der Erregerstrom J_2 des Motors und des Transformators zu entnehmen.

Wenn diese Bremsmethode auch zum Anhalten der Züge eingeführt wird, so werden sich auf ebenen Strecken etwa 40 % der für das Anfahren benötigten Energie zurück-

gewinnen lassen. Da nun diese Anfahrenergie bei der verlustlosen Spannungsregulierung von Wechselstrommotoren ungefähr 30 % der zur Ueberwindung des Zugwiderstandes erforderlichen Fahrenergie ausmacht (für Bahnen mit etwa 50 Kilometer Stundengeschwindigkeit und mit Distanzen von etwa 10 Kilometern zwischen den Haltestationen), so kann durch die elektrische Nutzbremmung beim Anhalten der totale Energieaufwand oder die auf einen Tonnenkilometer entfallende Wattstundenzahl um etwa 12 % vermindert werden.

Für Gleichstromfahrzeuge, die mit Anlasswiderständen und Serie-Parallelschaltung arbeiten, beträgt der Energieaufwand für das Anfahren infolge der Verluste in den Widerständen 1,5mal mehr als für Wechselstrommotoren, also etwa 45 % der Fahrenergie für die obigen Verhältnisse. Eine Rückgewinnung beim Anhalten kommt praktisch nicht in Betracht, so dass gegenüber Wechselstromfahrzeugen mit Nutzbremmung beim Anhalten ein Mehrverbrauch von etwa 20 % der Fahrenergie bei Gleichstrombahnen eintreten muss, auch wenn die Wechselstrommotoren und Transformatoren einen um 5 % geringeren Wirkungsgrad besitzen als die Gleichstrommotoren.

Die hier beschriebene Bremsmethode soll zuerst bei einer der Probelokomotiven, welche in Kurzem die Maschinenfabrik Oerlikon den Schweizerischen Bundesbahnen abliefern wird, zur praktischen Anwendung gelangen. Es ist wahrscheinlich, dass der praktische Betrieb noch weitere Gesichtspunkte und Entwicklungen für die Handhabung der Methode zeitigen wird, die bei den Experimenten im Laboratorium nicht abgeklärt werden konnten.

Miscellanea.

Inbetriebsetzung von schweizerischen Starkstromanlagen. (Mitgeteilt vom Starkstrominspektorat des S. E. V.) In der Zeit vom 20. August bis 20. September 1918 sind dem Starkstrominspektorat folgende wichtigere Anlagen als betriebsbereit gemeldet worden:

Hochspannungsfreileitungen.

Aargauisches Elektrizitätswerk, Aarau. Provisorische Leitung zur Transformatorstation in der Kiesgrube des Herrn Th. Bertschinger, Niederlenz, Drehstrom, 8000 Volt, 50 Perioden. Leitung zur Transformatorstation in Wallbach (Gem. Schinznach), Drehstrom, 8000 Volt, 50 Perioden.

Wasser- u. Elektrizitätsanlage Aarberg. Leitung nach Spins, Drehstrom, 8000 Volt, 40 Perioden.

Elektrizitätswerk Altdorf, Altdorf. Temporäre Leitungen zu den Transformatorstationen in Göschenen und beim Seitenstollen No. 6 der S. B. B. Amsteg-Gurtellen, Drehstrom, 14 300 Volt, 48 Perioden.

Société électrique d'Aubonne, Aubonne. Lignes à haute tension à Féchy-Saugy et à Martheray-Dessus (Commune de Féchy), courant monophasé, 3000 volts, 50 périodes.

Elektrizitätsgenossenschaft Aulennest (Bern). Leitung zur Stangen-Transformatorstation Aulennest, Drehstrom, 16 000 Volt, 40 Perioden.

Nordostschweizerische Kraftwerke A.-G., Baden. Leitung zur Transformatorstation für die Sickerwasser-Pumpanlage im Klöntal, Drehstrom, 8000 Volt, 50 Perioden.

Torfgewinnung Gampelen, A. & H. Bürgi, Bern Temporäre Leitung zur Torfausbeutungsanlage am Rimmerzbach bei Gampelen, Drehstrom, 8000 Volt, 40 Perioden.

Elektrizitätswerk Bischofszell. Leitung zur Transformatorstation „Obere Tellen“ (Gemeinde Bischofszell-Hohentannen), Drehstrom, 5000 Volt, 50 Perioden.

Gemeinde Blumenstein, Blumenstein bei Thun. Leitungen zu den Transformatorstationen Blumenstein und Wäsemli bei Blumenstein, Drehstrom, 4000 Volt, 50 Perioden.

Aubert, Grenier & Co., Cossonay-Gare. Ligne à haute tension temporaire aux tourbières de Bavois, courant triphasé, 12 000 volts, 50 pér.

Gas- & Elektrizitätsversorgung der Zivilgemeinde Dübendorf. Leitung zur Transformatorstation im hintern Bettli auf dem Flugplatz Dübendorf, Drehstrom, 8000 Volt, 50 Perioden.

Elektrizitätswerk Bündner Oberland, Ilanz. Leitungen zu den Stangen-Transformatorstationen Sagens und Valendas, Drehstrom, 8000 Volt, 50 Perioden.

Cie. Vaudoise des Forces Motrices des Lacs de Joux & de l'Orbe, Lausanne. Ligne à haute tension pour alimenter le transformateur destiné à l'éclairage de la Sagneulaz s/Môtiers, courant monophasé, 12 500 volts, 50 périodes.

Elektra Birseck, Münchenstein. Leitung für den Anschluss der Transformatorstation bei der Spinnerei an der Birs, Aesch, Drehstrom, 12 800 Volt, und 6400 Volt, 50 Perioden.