

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 39 (1948)

Heft: 6

Artikel: Schaltung eines Gleichstromgenerators zur Erzielung einer geknickten Stromkennlinie ohne bewegte Schaltkontakte

Autor: Förster, S.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059264>

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: 13.01.2026

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

Schaltung eines Gleichstromgenerators zur Erzielung einer geknickten Stromkennlinie ohne bewegte Schaltkontakte

Von S. Förster, Brühl (Deutschland)

621.314.6.06 : 621.313.126

Eine Erregermaschine kann mit Hilfe einer Gleichrichteranordnung und einer äusseren Stromquelle derart betrieben werden, dass der von der Erregermaschine erzeugte Gleichstrom eine geknickte Kennlinie aufweist. Ein solchen Erregerstrom kann für die Speisung der Feldspulen von Gleichstrom- oder Synchronmotoren verwendet werden, wenn besondere Betriebsbedingungen, z. B. für Regulierprobleme, verlangt werden. Der Autor beschreibt einige Schaltungsvarianten und erklärt ihre Wirkungsweise.

Es wird eine Schaltung beschrieben, welche die in Fig. 1 dargestellte geknickte Kennlinie eines Gleichstromes I_e durch einen Widerstand R , in Funktion eines Gleich- oder Wechselstromes I_1 , zu erzielen gestattet. Für $I_1 < I_{1n}$ soll der Strom I_e unabhängig von I_1 , z. B. proportional der Spannung U einer Spannungsquelle sein; für $I_1 > I_{1n}$ dagegen soll I_e proportional mit I_1 ansteigen.

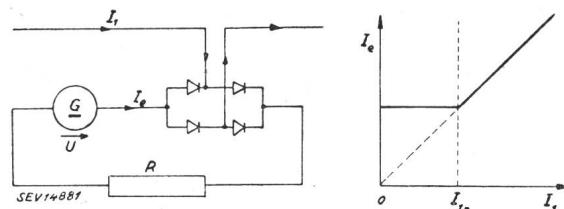


Fig. 1

Prinzipschaltbild und Stromkennlinie

G Gleichstrommaschine (z. B. Erregermaschine), I_e Erregerstrom, U Spannung, R Verbraucherwiderstand (z. B. Feldwicklung eines Gleichstrom- oder Synchronmotors), I_1 Strom einer äusseren Stromquelle (Gleich- oder Wechselstrom)

Wenn I_1 den Ankerstrom, I_e den Erregerstrom eines Gleichstrommotors und U die abgegebene Spannung eines Gleichstromgenerators bedeuten (Fig. 2), liegt nach der beschriebenen Kennlinie ein Gleichstrommotor vor, der bei einem Belastungsstrom unterhalb des Nennstromes I_{1n} als fremderregte Maschine und bei höherem Belastungsstrom als Reihenschlussmotor mit entsprechender Drehzahlkennlinie arbeitet.

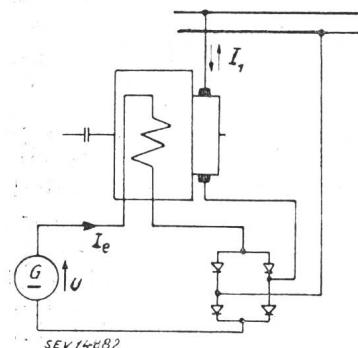


Fig. 2
Anwendung der Schaltung zur Speisung der Feldwicklung eines fremderregten Gleichstrommotors
(Bezeichnungen wie in Fig. 1)

Ein zweites Anwendungsbeispiel wäre der Fall eines Synchronmotors. I_1 sei der Ankerstrom, I_e der Erregerstrom des Synchronmotors und U die Spannung der Erregermaschine (Fig. 3). Der Synchronmotor verhält sich dann bei einem Belastungsstrom unterhalb des Wertes I_{1n} als konstant erregte Maschine und bei $I_1 > I_{1n}$ als reihenschluss-

erregter Synchronmotor mit erhöhtem Kippmoment.

Une excitatrice peut fonctionner, à l'aide d'un dispositif à redresseur et d'une source de courant étrangère, de manière que le courant continu produit présente une caractéristique coudée. Un tel courant d'excitation peut servir à l'alimentation des bobines de champ de moteurs à courant continu et de moteurs synchrones qui doivent satisfaire à des conditions de service particulières, par exemple pour la régulation. L'auteur décrit différents couplages et en explique le fonctionnement.

erregter Synchronmotor mit erhöhtem Kippmoment.

Die geknickte Stromkennlinie wird nach Fig. 1 ohne bewegte Schaltkontakte durch eine Gleichrichteranordnung im I_e -Kreis erreicht, über die auch der Außenstrom I_1 oder, wie in Fig. 3 dargestellt, ein ihm proportionaler Strom geführt ist.

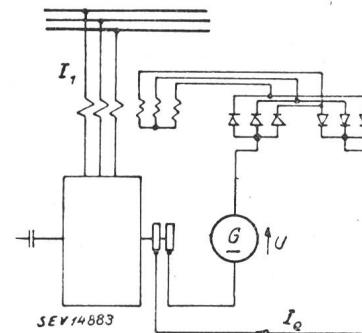


Fig. 3
Anwendung der Schaltung zur Erregung eines Synchronmotors
(Bezeichnungen wie in Fig. 1)

In den Fig. 1 bis 3 ist eine Brückenschaltung der Gleichrichter gewählt, die bezüglich I_1 sowohl für Gleich- als auch Wechselstrom möglich ist. Nach Fig. 4 kann jedoch auch eine Mittelpunktschaltung der Gleichrichter in dem Falle ausgeführt werden, wo I_1 ein Wechselstrom ist.

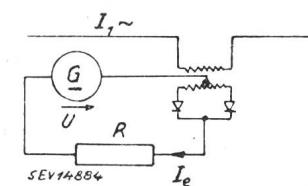


Fig. 4
Prinzipschemata mit Gleichrichteranordnung in Mittelpunktschaltung
 I_1 ist in diesem Fall ein Wechselstrom

Die Wirkungsweise der Schaltung sei in Fig. 5 erläutert. Bei der folgenden Betrachtung sei I_1 ein Gleichstrom, U konstant, und die vier Gleichrichter mögen Trockengleichrichter sein, die in Durchlassrichtung je den kleinen Eigenwiderstand

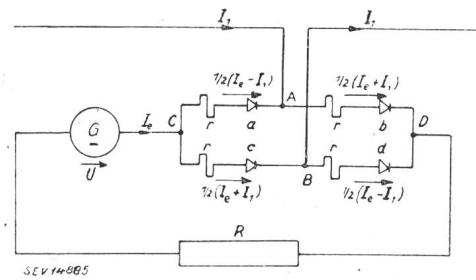


Fig. 5
Detailliertes Prinzipschema zur Erklärung der Wirkungsweise
(Bezeichnungen wie in Fig. 1)

r haben. Mit Hilfe des Ueberlagerungssatzes lässt sich leicht nachweisen, dass für $I_1 < U/(R + r)$ der Strom I_e unabhängig von I_1 , lediglich durch die Spannung U bestimmt ist. Der Ueberlagerungssatz darf in diesem I_1 -Bereich angewendet werden, da nach der Ueberlagerung alle Gleichrichter noch stromführend sind und somit in der Ersatzschaltung durch den kleinen Widerstand r ersetzt werden dürfen.

Denkt man sich in der Gesamtschaltung zunächst die Spannung U allein wirksam und die Spannungsquelle im I_1 -Kreis durch einen Kurzschlussdraht ersetzt, so wird nur im I_e -Kreis ein Strom fliessen. Die Spannungsquelle U kann keinen Strom in den I_1 -Kreis schicken, da die Knotenpunkte A und B elektrisch potentialgleich sind. Im I_e -Kreis beträgt daher die Stromstärke $I_e = U/(R + r)$, wobei I_e je zur Hälfte über die beiden Gleichrichterzweige fliessst.

Da sich die Spannungsquelle U im I_1 -Kreis nicht bemerkbar macht, so ist umgekehrt bei $U = 0$ zu erwarten, dass die Spannungsquelle im I_1 -Kreis, die dort den Strom I_1 zur Folge hat, sich im I_e -Kreis nicht auswirkt. Dies ist auch tatsächlich der Fall. Der Strom I_1 teilt sich im Knotenpunkt A in zwei gleiche Teile und fliessst über die beiden Gleichrichterzweige unmittelbar nach B . Im I_e -Kreis kann kein I_1 -Teilstrom fliessen, da diesmal die Knotenpunkte C und D potentialgleich sind.

Nach der Ueberlagerung fliessen in den Gleichrichterzweigen a und d bei der angegebenen I_1 -Richtung die Ströme $I_a = I_d = (I_e - I_1)/2$ und in den Zweigen b und c die Ströme $I_b = I_c = (I_e + I_1)/2$. Bei der angegebenen I_1 -Fließrichtung sind also die Gleichrichter b und c immer stromführend; die Gleichrichter a und d dagegen nur so lange als $I_1 < I_e$ ist. In diesem I_1 -Bereich ist daher I_e unverändert gleich $U/(R + r)$.

Uebersteigt I_1 den Wert $U/(R + r)$, so sperren je nach der I_1 -Fließrichtung entweder die Gleichrichter a und d oder die Gleichrichter b und c . Der Strom I_1 wird dann über das jeweils stromführende Gleichrichterpaar immer nur im ursprünglichen I_e -Richtungssinn den I_e -Kreis und damit den Widerstand R durchfliessen, so dass nunmehr $I_e = I_1$ ist.

Zusammenfassend ergibt sich also beim Beispiel von Fig. 5 für $I_1 < U/(R + r)$ der Strom I_e unabhängig von I_1 mit dem Wert $I_e = U/(R + r)$; für $I_1 > U/(R + r)$ dagegen ist $I_e = I_1$. Damit ist die Knickung der I_e -Kennlinie bewiesen.

Da die geknickte I_e -Kennlinie unabhängig von der I_1 -Fließrichtung ist, kann die Anordnung auch für Wechselstrom I_1 angewendet werden, wie in den Beispielen Fig. 3 und 4 gezeigt wurde. Für das Beispiel Fig. 2 bedeutet diese Tatsache, dass beim Uebergang vom motorischen in den generatorischen Betrieb (Bremsen) der Gleichstrommaschine keine Umschaltung des I_1 -Anschlusses an die Gleichrichteranordnung erforderlich ist.

Was die Spannungsverteilung im I_e -Kreis von Fig. 5 betrifft, so liefert die Spannungsquelle dau-

ernd die konstante Spannung U . Solange $I_1 < U/(R + r)$ ist, tritt zwischen den Knotenpunkten A und B nur eine geringe Spannung U_v entsprechend der unterschiedlichen Strombelastung der Gleichrichter auf:

$$U_v = r \left(\frac{I_e + I_1}{2} - \frac{I_e - I_1}{2} \right) = r I_1$$

In diesem I_1 -Bereich stellt die Gleichrichteranordnung gewissermassen eine Kurzschlussverbindung für den Strom I_1 dar. Erst wenn I_1 den Wert $U/(R + r)$ übersteigt und durch den Widerstand R geleitet wird, entsteht zwischen den Klemmen A und B die Differenzspannung $RI_1 - U$ zuzüglich der Gleichrichter-Verlustspannung:

$$U_v = (R + 2r) I_1 - U$$

Für die Bemessung der Gleichrichter ist die Sperrspannung U_s wichtig. Für die Gleichrichter a und d erhält man aus Fig. 5:

$$U_s = (R + r) I_1 - U$$

Anderseits ist jeder der vier Gleichrichter für den Strom I_1 zu bemessen. Entsprechende Ueberlegungen sind für den Fall anzustellen, dass I_1 ein Wechselstrom ist.

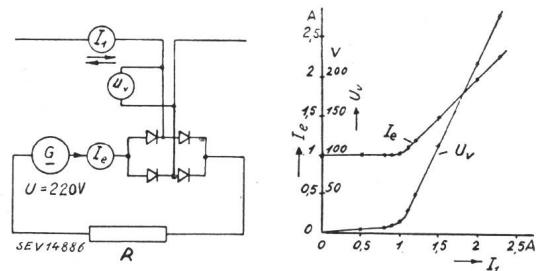


Fig. 6
Schaltungsprinzip einer Versuchsanordnung an einem Einphasen-Wechselstromnetz und zugehörige Kennlinien

Zwei Laboratoriumsversuche, deren Ergebnisse in den Fig. 6 und 7 dargestellt sind, bestätigten die obigen Ueberlegungen in allen Punkten. Der Knick der I_e -Kennlinie ergab sich verhältnismässig scharf ausgeprägt. Beim Versuchsbeispiel nach Fig. 7, bei welchem I_1 als Drehstrom gewählt wurde, ist zu beachten, dass der Knick der I_e -Kennlinie eintritt, wenn der Höchstwert des Stromes I_1 in einer Leitungsphase den Betrag $U/(R + r)$ übersteigt.

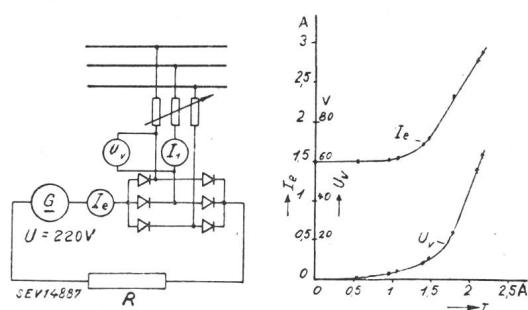


Fig. 7
Schaltungsprinzip einer Versuchsanordnung an einem Dreiphasen-Wechselstromnetz und zugehörige Kennlinien

Die Anwendung der beschriebenen Anordnung zur Erreichung einer geknickten Stromkennlinie ist selbstverständlich nicht auf die angegebenen Beispiele beschränkt, sondern kann in der Rege-

lungs- und Steuerungstechnik weitere Verwendungen finden.

Adresse des Autors:
S. Förster, dipl. Ing., Auguste-Viktoria-Strasse 10, (22c) Brühl b, Köln (Deutschland).

Inbetriebnahme des Ennskraftwerkes Staning der Oesterreichischen Kraftwerke A.-G.

Von H. von Molnár, Wien

621.311.21(436)

Am 19. November 1946 wurde die erste Maschinengruppe des Wasserkraftwerkes Staning an der Enns der Oesterreichischen Kraftwerke A.-G., des ersten der zahlreichen im Bau befindlichen oder geplanten Enns-Kraftwerke, in Betrieb gesetzt. Bei einer mittleren nutzbaren Wassermenge von $180 \text{ m}^3/\text{s}$ und einem mittleren Gefälle von 13,5 m beträgt die Höchstleistung des Werkes 33 000 kW, verteilt auf 3 Maschinengruppen. Die Jahresarbeit erreicht 170 GWh, wovon 67,5 GWh im Winter (6 Monate) und 102,5 GWh im Sommer. Nach einer kurzen Beschreibung der baulichen Anlage werden die Ereignisse geschildert, welche als Folge der Kriegshandlungen sowohl die Fertigstellung der Turbinen und Generatoren als auch die Montage im Werk selbst immer wieder verzögerten, und zu deren Ueberwindung ungewöhnliche Vorkehren getroffen werden mussten.

Am 19. November 1946 wurde die erste Maschine des Wasserkraftwerkes Staning an der Enns, welches der Oesterreichischen Kraftwerke A.-G., Linz (OEKA) gehört, in Betrieb genommen (Fig. 1).

Le 19 novembre 1946, le premier groupe de machines de l'usine hydroélectrique de Staning sur l'Enns, appartenant à l'Oesterreichische Kraftwerke A.-G., a été mis en service. Il s'agit de la première des nombreuses usines de l'Enns en construction ou projetées. Pour un débit moyen utile de $180 \text{ m}^3/\text{s}$ et une chute moyenne de 13,5 m, la puissance maximum de cette usine atteindra 33 000 kW, fournis par trois groupes de machines. La production annuelle sera de 170 GWh, dont 67,5 pendant les 6 mois d'hiver et 102,5 en été. Après une brève description des installations, l'auteur expose quelles furent les difficultés sans nombre qui, par suite de la guerre, retardèrent sans cesse la construction des turbines et des alternateurs, de même que le montage, et qui obligèrent d'avoir recours à des moyens exceptionnels.

haupt, verdient um so eher hervorgehoben und näher beschrieben zu werden, als es sich hier nicht nur um den weiteren erfolgreichen Ausbau der Wasserkraftenergien in Oesterreich handelt, son-

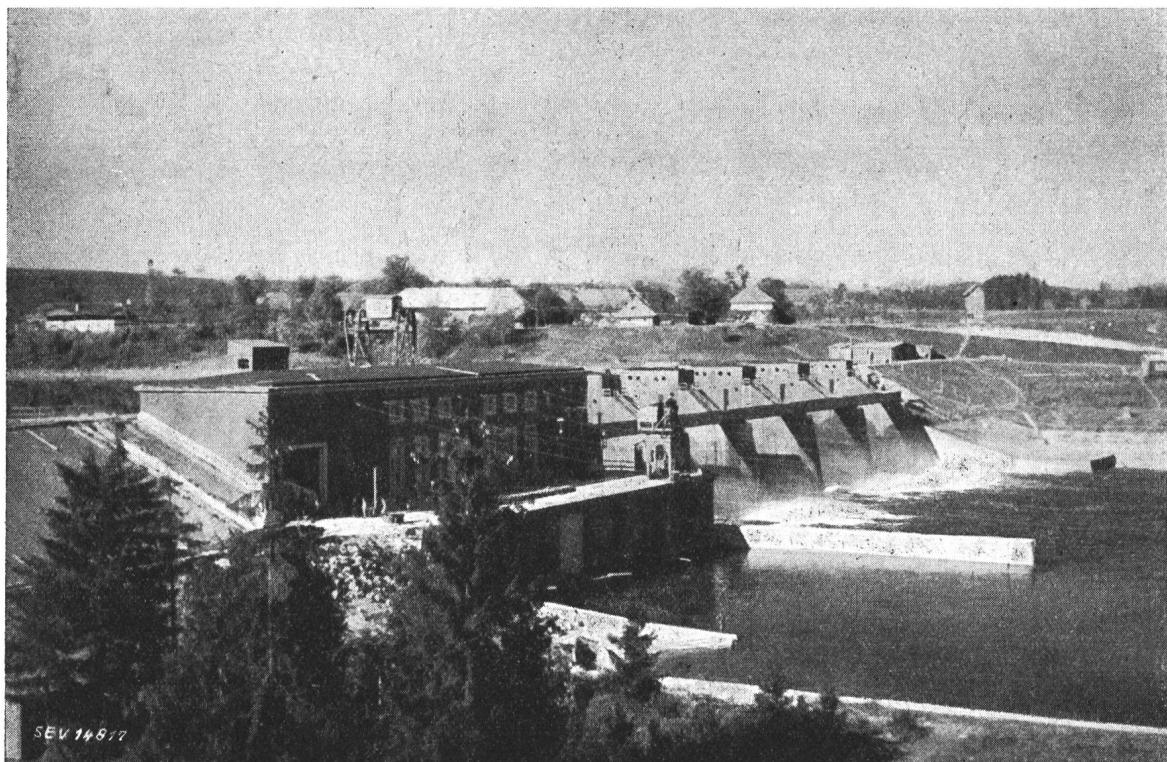


Fig. 1
Das Wasserkraftwerk Staning
Ansicht von der Unterwasserseite

Die Tatsache der Inbetriebnahme des ersten Generators in Staning, des ersten Maschinensatzes in der Reihe der vielen geplanten und teilweise im Bau befindlichen Wasserkraftwerke an der Enns über-

dern um die Indienststellung des ersten grossen Wasserkraftgenerators in Oesterreich nach Beendigung des zweiten Weltkrieges, wobei Schwierigkeiten technischer, wirtschaftlicher, ja sogar politi-