

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 77/78 (1921)  
**Heft:** 14

## **Inhaltsverzeichnis**

### **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:** 29.01.2026

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

INHALT: Ueber Betriebskurven und Betriebssicherheit verschiedener Verfahren der Nutzbremung bei elektrischen Bahnen. — Wettbewerb für den Ausbau des Länggass-Quartiers in Bern. — Neue Eisenbetonvorschriften in Oesterreich. — Miscellanea: Reines Eisen. Eine neuartige Federaufhängung für Eisenbahnwagen mit Drehgestell. Umgestaltung der Uetlibergbahn in Zürich. Neue grosse Entwässerungsanlagen in Holland. Eine Forschungs- und Prüfungsanstalt für Wärmewirtschaft. Eine

Schwebbahn auf das Höllegebirge. — Konkurrenz: Neubau der Schweizerischen Volksbank in Freiburg. Dorfplatz und Dorfbrunnen in Bettingen. — Nekrologie: Manfred Kinkel. — Literatur. — Korrespondenz. — Vereinsnachrichten: Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein. Société Technique fribourgeoise et Section de Fribourg. Solothurnischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittlung.

Band 77.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 14.

## Ueber Betriebskurven und Betriebssicherheit verschiedener Verfahren der Nutzbremung bei elektrischen Bahnen.<sup>1)</sup>

Von Prof. Dr. W. Kummer, Ingenieur, Zürich.

(Schluss von Seite 142.)

### III. Die Kurven des Einphasenmotors mit Serie-Erregung.

Auch der Einphasen-Seriemotor ist bekanntlich in unabgeänderter Schaltung zur Nutzbremung unverwendbar<sup>1)</sup>, wenn auch andere Schwierigkeiten, als beim Gleichstrom-Seriemotor, ausschlaggebend sind. Nichtsdestoweniger sollen auch die Betriebskurven des unabgeänderten Motors auf unsern allgemeinen Grundlagen kurz hergeleitet werden.

a) Der unabgeänderte Motor. Auf Grund der im Schema nach Abbildung 7 dargestellten Bezeichnungen und

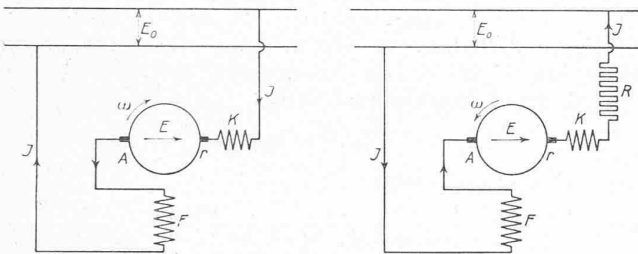


Abb. 7. Einphasen-Seriemotor mit Armatur A, Feld F, Kompensationswicklung K und Seriendrehstromwicklung R, als Motor (links) und als Gegenstrombremse (rechts) mit Bremswiderstand R.

bei Festsetzung des elektrischen Widerstandes  $r$  und der Reaktanz  $x$  für die ganze Motorwicklung gelten die Spannungsgleichungen:

$$E_0 \cos \varphi_0 = E \pm rJ; \quad E_0 \sin \varphi_0 = Jx$$

wenn mit  $\varphi_0$  der Phasenwinkel zwischen der Klemmenspannung  $E_0$  und der Stromstärke  $J$  eingeführt wird. Andererseits kann auch hier für die vereinfachende Annahme einer geradlinigen Magnetisierungscharakteristik gesetzt werden:

$$E = \omega C J$$

Aus diesen Beziehungen ergibt sich:

$$J^2 = \frac{E_0^2}{(\omega C \pm r)^2 + x^2}$$

Aus der Energiegleichung:

$$EJ = 9,81 D \omega$$

folgt bei Ersatz von  $E$  durch  $\omega C J$ :

$$J^2 = \frac{9,81 D}{C}$$

Die Gleichsetzung der rechten Seiten der zwei für  $J^2$  erhaltenen Gleichungen ergibt:

$$E_0^2 C = 9,81 D [(\omega C \pm r)^2 + x^2]$$

und damit bereits die den Zusammenhang zwischen  $D$  und  $\omega$  festlegende, wichtigste Betriebskurve, zu deren Umgestaltung wiederum die Daten der Normalleistung bei Betrieb als Motor:

$$E_n J_n = 9,81 D_n \omega_n$$

herangezogen werden, für die der normale Wirkungsgrad:

$$\eta_n = \frac{E_n}{E_0 \cos \varphi_n} = \frac{E_0 \cos \varphi_n - r J_n}{E_0 \cos \varphi_n} = \frac{\omega_n C J_n}{E_0 \cos \varphi_n}$$

gilt. Für diesen Betriebsfall gilt ferner:

$$E_0^2 C = 9,81 D_n [(\omega_n C + r)^2 + x^2]$$

und ist  $C$  mittels der Daten der Normalleistung ausdrückbar gemäss:

$$C = \frac{r}{\omega_n} \frac{\eta_n}{1 - \eta_n}$$

d. h. übereinstimmend, wie beim Gleichstrom-Seriemotor. Aus den Betriebsgleichungen, für das Verhalten im allgemeinen und für das Verhalten bei Normalleistung als Motor, folgt das Verhältnis:

$$1 = \frac{D}{D_n} \frac{(\omega C \pm r)^2 + x^2}{(\omega_n C + r)^2 + x^2}$$

Für die Annahme einer geradlinigen Magnetisierungscharakteristik kann die Reaktanz  $x$  ausgedrückt werden

$$\text{durch: } x = \frac{E_0 \sin \varphi_0}{J} = \frac{E_0 \sin \varphi_n}{J_n} = E_0 \sin \varphi_n \sqrt{\frac{C}{9,81 D_n}}$$

Indem man den oben für  $C$  gefundenen Wert in  $x$  und hierauf  $x$  in das obenstehende Verhältnis der Betriebsgleichungen einsetzt, ergibt sich eine endgültige Betriebsgleichung nach einigen einfachen Umstellungen in der praktisch brauchbaren Form:

$$D \{ [\omega \eta_n \pm \omega_n (1 - \eta_n)]^2 \cos^2 \varphi_n + \omega_n^2 \sin^2 \varphi_n \} = \omega_n^2 D_n$$

Die Möglichkeit einer stufenweisen oder stetigen Spannungsregelung, gemäss:

$$E_m = m E_0$$

wobei der Parameter  $m$  normalerweise durch Werte:

$$0 < m < 1$$

gegeben ist, führt auf die allgemeinere Gleichung:

$$D \{ [\omega \eta_n \pm \omega_n (1 - \eta_n)]^2 \cos^2 \varphi_n + \omega_n^2 \sin^2 \varphi_n \} = m^2 \omega_n^2 D_n \quad (7)$$

Bei Verlustlosigkeit, mit  $\eta_n = 1$  geht diese Gleichung über in:

$$D [\omega^2 \cos^2 \varphi_n + \omega_n^2 \sin^2 \varphi_n] = m^2 \omega_n^2 D_n$$

die wir an anderer Stelle hergeleitet hatten<sup>1)</sup>. Es mag auch noch erwähnt werden, dass Gleichung (7) für  $\varphi_n = 0$  auch die oben hergeleitete Gleichung (3) für den Gleichstrom-Seriemotor als Sonderfall hergibt. Der Gleichung (7) entspricht weiter eine Betriebsgleichung für die Stromstärke, die zweckmässig wieder in der Form:

$$i = \frac{J}{J_n} = \sqrt{\frac{D}{D_n}} \quad (8)$$

gegeben wird. Endlich ist auch der Leistungsfaktor darstellbar, der für die Normalspannung  $E_0$  aus der konstanten Reaktanz  $x$  gemäss:

$$x = \frac{E_0 \sin \varphi_0}{J} = \frac{E_0 \sin \varphi_n}{J_n}$$

zu:

$$\sin \varphi_0 = \sin \varphi_n \frac{J}{J_n} = \sin \varphi_n \sqrt{\frac{D}{D_n}}$$

folgt, und der sich für die beliebige Spannung  $E_m$  mittels der Beziehungen:

$$\sin \varphi_0 = m \sin \varphi_m; \quad \cos \varphi_m = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi_m}$$

gemäss der Gleichung:

$$\cos \varphi_m = \sqrt{1 - \frac{1}{m^2} \frac{D}{D_n} \sin^2 \varphi_n} \quad (9)$$

darstellen lässt. Den  $\omega$ -Kurven gemäss Gleichung (7) entsprechen Nullstellen, für die:

$$\omega = 0, \quad D = D_n = m^2 \frac{D_n}{\sin^2 \varphi_n \pm \cos^2 \varphi (1 - \eta_n)}$$

gilt. Der bezügliche Sonderwert des Drehmoments  $D = D_n$  kann wiederum als das „Anlaufdrehmoment“ gemäss der Seriecharakteristik bezeichnet werden.

<sup>1)</sup> Vergl. Band L, S. 218 (26. Oktober 1907).

<sup>1)</sup> Vergl. Band IL, S. 248 (18. Mai 1907).