

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 Betriebsicherheit verschiedener Verfahren der Nutzbremsung 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 Drehegestell. Umgestaltung der Uetlibergbahn in Zürich. Neue grosse Entwässerungsanlagen in Holland. Eine Forschungs- und Prüfungsanstalt für Wärmewirtschaft. Eine

Schwebebahn auf das Höllengebirge. — Konkurrenzen: Neubau der Schweizerischen Volksbank in Freiburg. Dorfplatz und Dorfbrunnen in Bettingen. — Nekrologie: Manfred Kinkel. — Literatur. — Korrespondenz. — Vereinsnachrichten: Schweizer. Ingenieur- und Architekten-Verein. Société Technique tribourgeoise 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 Betriebsicherheit verschiedener Verfahren der Nutzbremsung bei elektrischen Bahnen.¹⁾

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 unabänderter Schaltung zur Nutzbremsung unverwendbar¹⁾, wenn auch andere Schwierigkeiten, als beim Gleichstrom-Seriemotor, ausschlaggebend sind. Nichtsdestoweniger sollen auch die Betriebskurven des unabänderten Motors auf unsren allgemeinen Grundlagen kurz hergeleitet werden.

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

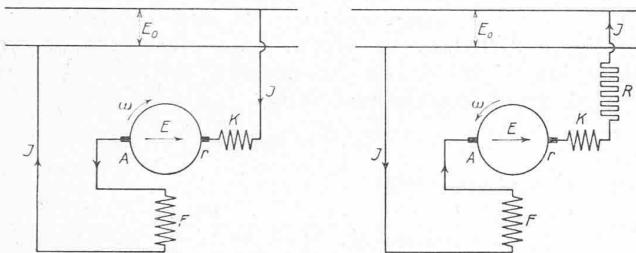


Abb. 7. Einphasen-Seriemotor mit Armatur A, Feld F, Kompensationswicklung K und Seriowiderstand r, als Motor (links) und als Gegenstrombremse (rechts) mit Bremswiderstand R.

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 φ_0 der Phasenwinkel zwischen der Klemmenspannung E_0 und der Stromstärke J eingeführt wird. Anderseits 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:

$$\omega_0^2 C = 9,81 D [(\omega C \pm r)^2 + x^2]$$

und damit bereits die den Zusammenhang zwischen D und ω 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:

$$\omega_0^2 C = 9,81 D_n [(\omega_n C + r)^2 + x^2]$$

¹⁾ Vergl. Band L, S. 218 (26. Oktober 1907).

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 stufenweise 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:

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

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 hatten¹⁾. 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

¹⁾ Vergl. Band IL, S. 248 (18. Mai 1907).