

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 41 (1950)
Heft: 24

Artikel: Über die mechanische Charakteristik von Einphasen-Bahnmotoren bei 16 und bei 50 Hz
Autor: Kummer, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061290>

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: 03.04.2026

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

Nun ist der Widerstand der folgenden Station 3 nicht 100 Ω, sondern nur 50 Ω. Diesen Wert tragen wir auf der Abszisse als Punkt Z' auf, verbinden ihn mit dem Punkt Z₂ + r = 56,22, ziehen die Parallele vom Schnittpunkt an die Ordinate und finden so den Wert Z₃ = 26,46 Ω usw.

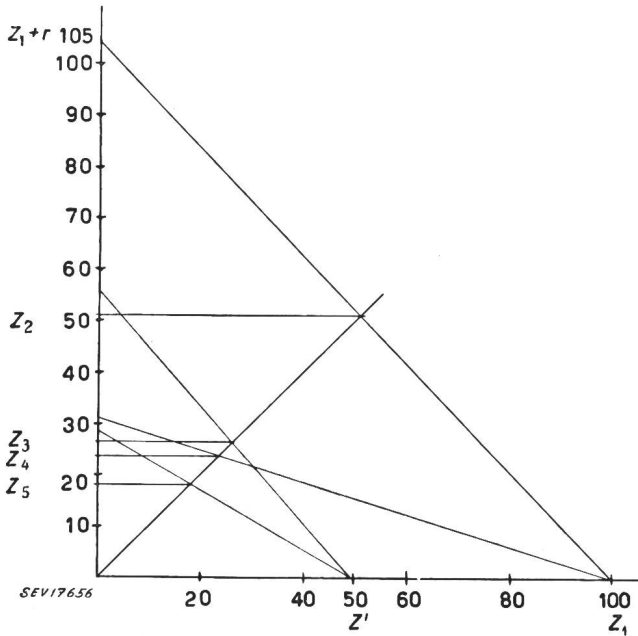


Fig. 9

Graphische Ermittlung des resultierenden Widerstandes parallel geschalteter ungleicher Widerstände, die in gleichmässigen Abständen in einer Leitung liegen

Aus Fig. 9 lesen wir ab:

$$Z_1 = 100; Z_1 + r = 105; Z_2 = \frac{105 \cdot 100}{205} = 51,22$$

$$Z_2 + r = 56,22$$

$$Z_3 = \frac{56,22 \cdot 50}{106,22} = 26,46; Z_3 + r = 31,46$$

$$Z_4 = \frac{31,46 \cdot 100}{131,46} = 23,93; Z_4 + r = 28,93$$

$$Z_5 = \frac{28,93 \cdot 50}{78,93} = 18,33 \text{ usw.}$$

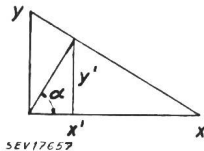


Fig. 10

Graphische Darstellung der Formel

$$Z = \frac{RnR}{R + nR}$$

Haben wir Widerstände parallel zu schalten, die zueinander ungefähr im Verhältnis 1 : 10 stehen,

so können wir sie nach Fig. 10 folgendermassen graphisch berechnen:

Es ist wiederum $y : x = y' : (x - x')$ oder

$$y : x = x' \operatorname{tg} \alpha : (x - x')$$

und daraus

$$x' = \frac{xy}{x \operatorname{tg} \alpha + y}$$

Legen wir nun die Hilfsgerade im Verhältnis 1 : 10 in das Achsenkreuz, setzen also $\operatorname{tg} \alpha = 10$, so erhalten wir

$$x' = \frac{10xy}{10x + y} \tag{14}$$

Wir schreiben also nun die Abszissenachse mit den Werten 0...1000 statt mit 0...100 an, während die Ordinatenachse die unveränderten Werte 0...100

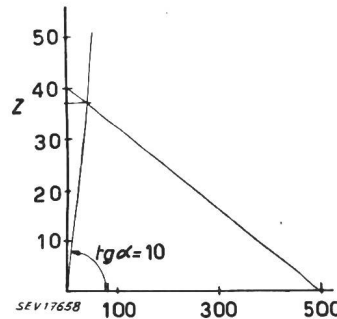


Fig. 11

Graphische Berechnung des resultierenden Widerstandes parallel geschalteter, im Verhältnis 1:10 zu einander stehender Widerstände

trägt. Sollen z. B. die Widerstände 40 Ω und 500 Ω parallel geschaltet werden, so erhalten wir nach Fig. 11

$$Z = \frac{40 \cdot 500}{540} = 37,0 \Omega$$

Für die Fig. 5...9 haben wir einen Kreuzungswinkel von 90° angenommen. Wir würden aber zu den selben Resultaten gelangen, wenn wir irgend einen anderen Winkel wählen würden, wobei wir aber darauf achten müssten, dass die Winkelhalbierende nicht unpraktisch kurz wird. Mit dem Beispiel Fig. 9 haben wir das Gebiet der offenen Leitungen mit gleichmässig verteilter Belastung verlassen und es ist ohne weiteres ersichtlich, dass die angegebene graphische Methode auch für die Lösung von Aufgaben mit ungleichmässigen Leitungsabschnitten anwendbar ist.

Adresse des Autors:

Werner Jung, Ingenieur, Junkerngasse 43, Bern.

Über die mechanische Charakteristik von Einphasen-Bahnmotoren bei 16²/₃ und bei 50 Hz

Von W. Kummer, Zürich

621.33.025.1

Im Anschluss an den Bericht von L. H. Leyvraz über Einphasen-Bahnbetrieb bei 50 Hz wird hier gezeigt, dass die empirisch festgestellte mechanische Charakteristik der neuen Motoren für 50 Hz gegenüber der Charakteristik von Motoren für 16²/₃ Hz durchaus den Erwartungen der Theorie entspricht.

Donnant suite aux résultats empiriques communiqués par M. L. H. Leyvraz sur la traction électrique à courant monophasé de 50 Hz, la présente note démontre que la caractéristique mécanique des nouveaux moteurs pour 50 Hz, vis-à-vis de la caractéristique des moteurs pour 16²/₃ Hz, est conforme aux prévisions de la théorie.

Der Schreibende, als einer der ältesten, heute noch lebenden Propagatoren des Einphasen-Bahnbetriebs, hat den kürzlich im Bulletin SEV ¹⁾ erschienenen Bericht von L. H. Leyvraz über «Elektrische Traktion mit Einphasenstrom von 50 Hz» mit besonderem Interesse zur Kenntnis genommen. Er hat, wie den Lesern des Bulletin bekannt ist, seinerzeit an der Entwicklung der klassischen Einphasentraktion bei 15 bzw. bei 16^{2/3} Hz lebhaft mitgearbeitet, dann aber auch der später einsetzenden Entwicklung dieses Traktionssystems für 50 Hz seine Aufmerksamkeit geschenkt, wie sein Aufsatz «Die Ausbildung von Einphasen-Bahnmotoren für die Frequenzen der allgemeinen Kraft- und Lichtnetze» im Bulletin SEV 1936 ²⁾ beweist. Dass die Ingenieure der Maschinenfabrik Oerlikon nun eine so erfolgreiche Entwicklungsarbeit des Einphasen-Bahnmotors für 50 Hz geleistet haben, wie aus dem Bericht von L. H. Leyvraz hervorgeht, darf heute als besonders erfreuliche Tatsache hingestellt werden.

Die elektrische Traktion mit Einphasenstrom von 50 Hz wird zwar für die Schweiz kaum noch bedeutungsvoll werden, da eine Revision des Systementscheids von 1916, der zugunsten von 16^{2/3} Hz lautete, kaum in Betracht gezogen werden dürfte. Für das Ausland, dem unsere Konstruktionsfirmen die lebhaftesten Export-Interessen zu widmen haben, ist aber die Sachlage eine durchaus andere. So mag es gerechtfertigt sein, die sowohl für 16^{2/3} als auch für 50 Hz gültige Beziehung über die mechanische Charakteristik von Einphasen-Seriemotoren zu rekapitulieren, da entsprechende System-Vergleichungen bei Projektierungen zweifellos noch auftauchen werden. Zu dieser Rekapitulierung benützt der Schreibende Formeln, die er schon 1907 ableitete und publizierte ³⁾ und später in seinem Buche «Die Maschinenlehre der elektrischen Zugförderung» (2. Auflage 1925) weiter verwertete. Für den verlustlosen und mit geradliniger Magnetisierungskurve arbeitenden Einphasen-Seriemotor lautet, wenn M und ω Drehmoment und Winkelgeschwindigkeit im allgemeinen, M_n und ω_n diese Grössen beim Nennbetrieb darstellen, und wenn weiter der Phasenwinkel φ_n beim Nennbetrieb, sowie der Parameter m der Spannungsstufung eingeführt werden, die Gleichung der mechanischen Charakteristik:

$$M (\omega^2 \cos^2 \varphi_n + \omega_n^2 \sin^2 \varphi) = m^2 M_n \omega_n^2$$

Der Parameter m ist gleich 1 für Normalspannung; er ist kleiner als 1 bei untern, grösser als 1 bei obern Spannungsstufen. Fig. 1 zeigt für drei verschiedene Parameterwerte die entsprechenden Kurven der mechanischen Charakteristik, deren Nullstellen auf der M -Axe je das Drehmoment M_a im Anlauf:

¹⁾ siehe Bull. SEV Bd. 41(1950), Nr. 20, S. 733.

²⁾ siehe Bull. SEV Bd. 27(1936), Nr. 19, S. 538.

³⁾ siehe Schweiz. Bauztg. Bd. 49(1907), S. 247 und 256.

$$M_a = \frac{M_n}{\sin^2 \varphi_n} m^2$$

ergeben. Man erkennt ohne weiteres den massgebenden Einfluss des Phasenwinkels φ_n in den zwei Gleichungen, d. h. den Einfluss der Netzfrequenz, insofern nämlich, als mit der grössern Frequenz (50 Hz) der Phasenwinkel φ_n und die Funktion $\sin \varphi_n$ grösser, der Leistungsfaktor $\cos \varphi_n$ dagegen kleiner aus-

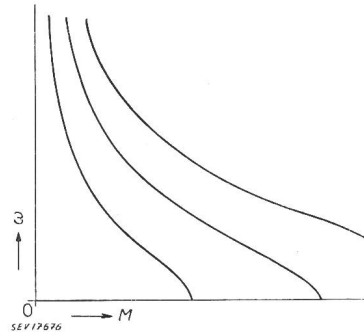


Fig. 1

Mechanische Charakteristiken des Einphasen-Seriemotors bei drei verschiedenen Werten des Parameters der Spannungsstufung

- M Drehmoment
- ω Winkelgeschwindigkeit

fallen müssen als für die kleinere Frequenz (16^{2/3} Hz). Die grössere Frequenz bedingt also kleinere Anlauf-Drehmomente und steiler verlaufende Charakteristiken als die kleinere Frequenz. Diese für die Vergleichung der Charakteristiken bei den zwei Frequenzen tatsächlich ausschlaggebenden Unterschiede finden sich durch die Kurvenbilder der Figuren 16 im Bericht von L. H. Leyvraz empirisch bestätigt, wobei statt der Momente M die Zugkräfte, und statt der Winkelgeschwindigkeiten ω die Fahrgeschwindigkeiten als Koordinaten erscheinen. Die Vergleichung dieser Figuren mit unserer Fig. 1 zeigt zugleich, wie sich die Charakteristiken ausgeführter Motoren vom Idealmotor unserer Theorie unterscheiden, der verlustlos und mit geradliniger Magnetisierungskurve arbeitend angenommen wurde. Abgesehen von unwesentlichen Abweichungen in den im massgebenden Arbeitsbereich nach der Theorie zu erwartenden Zahlenwerten, weisen die tatsächlichen Kurven auch Nullstellen auf der Geschwindigkeitsaxe, d. h. ausserhalb des praktischen Arbeitsgebietes auf, während beim Idealmotor solche Nullstellen fehlen. Demnach dürfen wir feststellen, dass die massgebenden Erwartungen der Theorie im Hinblick auf die Vergleichung der mechanischen Charakteristiken des Einphasen-Seriemotors, einerseits für 16^{2/3} Hz und andererseits für 50 Hz, sich bei den wirklich ausgeführten Motoren tatsächlich bestätigt finden.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. W. Kummer, Samariterstrasse 12, Zürich 32.