

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 70 (1979)

Heft: 7

Rubrik: Briefe an die Redaktion = Lettres à la rédaction

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: 17.01.2026

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

(Hilfskabel) beliebig gesteigert werden. Es ist also zu erwarten, dass trotz der numerisch mässig konditionierten U -Matrizen ein Verfahren realisierbar ist, welches gestattet, das Zeitverhalten ausgeführter Kabelstrecken als digitale Basisinformation permanent zu speichern, wobei im Prinzip eine Datenbank über die Untertage-Energieübertragungsstränge aufgebaut werden könnte, die dasselbe leisten würde wie entsprechende analoge Modelle.

Literatur

- [1] H. G. Gerlach: Transiente thermische Vorgänge in normalen Käfigankermotoren und deren analoge Darstellung. Zürich, Verlag der Fachvereine an der ETH Zürich, 1974.
- [2] R. Zurmühl: Matrizen und ihre technische Anwendungen. 4. Auflage. Berlin/Heidelberg, Springer-Verlag, 1964.
- [3] R. Zurmühl: Praktische Mathematik für Ingenieure und Physiker. 5. Auflage. Berlin/Heidelberg, Springer-Verlag, 1965.

Adresse des Autors

Dr.-Ing. H. G. Gerlach, Forschungskommission des SEV und VSE für Hochspannungsfragen (FKH), Seefeldstrasse 301, Postfach, 8034 Zürich.

Briefe an die Redaktion – Lettres à la rédaction

« Influence d'une rupture de barre ou d'un anneau sur les caractéristiques externes d'un moteur asynchrone à cage »

[Bull. SEV/VSE 69(1978)17, S. 921...925]

Zuschrift

This is timely and valuable work. It is necessary to improve our knowledge and its application, about insipient defects of machines. The eventual complete destruction of the machine should be avoided. The new era of high energy costs forces the early recognition of defects that reduce efficiencies.

The parasitic torque caused by the fracture has twice the slip frequency. It is expected to cause vibration and stator pulsation at twice slip frequency. This suggests that by monitoring vibration and/or stator current at twice slip frequency may furnish good and early warning of these fractures. Naturally, twice slip frequency will show other defects and anomalies. The 2 pole machines may have relatively higher twice slip frequency effects due to other deviations from complete circular symmetry.

It is thought that the parasitic torques are sufficiently high for detection by reduced voltage run-up tests. In this test the motor is started (free acceleration) at various different reduced voltages. Fracture of one bar, or of several adjacent bars will cause 'hang up' at half speed on reduced voltage.

It is notable that the stator current pulsations caused by bar fractures show different trends/patterns for the two motors. The 2300 kW, 3000 RPM, 2 pole motor shows a very steep rise in the pulsating stator current as the slip increases. I have applied correlation analysis and found that for one broken bar

$$I_p = 4.83 s^{1.82}$$

Both I_p and s (slip) in %; the fit is good; coefficient of determination is 99 %.

This leads to very high extrapolated values for high slip values. Possibly the rise would be far less steep if resistances were taken into account; some of these may be in the form of equivalents of stray load losses and parasitic core losses.

Similar analysis of the tested values of the small 4 kW, 3000 RPM, 2 pole motor leads to

$$I_p = 1.24 s^{0.59}; \text{ for one broken bar}$$

$$I_p = 1.22 s^{0.8}; \text{ for two adjacent broken bars}$$

Correlation is good, i.e. better than 98 %. The tested values of the 4-kW-motor do not show levelling off or 'saturation effects', notwithstanding that the rate of rise with increasing slip is substantially lower than for the 2300-kW-motor.

A comparison of extrapolated values emphasizes these patterns:

Motor 3 phase, 50 Hz, 3000 RPM	I_p %			Remarks
	Slip 25 %	Slip 50 %	Slip 100 %	
# 1 2300 kW	1 680	5 940	20 960	one broken bar
# 2 4 kW	8	12	19	one broken bar
# 2 4 kW	16	29	50	two broken bars

Caveats must be applied before extrapolating. What could have caused the choice of levelling off (saturation) slope for the relationship between I_p and s for the 4-kW-motor # 2? The test results do not appear to justify that choice.

The increase in the current of the rotor bars adjacent to the fractured bars is substantial as it goes up to 40 % for fracture of three adjacent bars for the 2300-kW-motor # 1. Others report that adjacent to the fractured bar of a motor having 28 bars, the increase in current in the adjacent bars is 91 % at 50 Hz, i.e. locked rotor, $s = 100$ %. Rapid, near violent heating follows and causes temperatures of 114 °C in 15 s [1].

The case of the fracture of two bars not adjacent but diametrically opposite to each other, is expected to be very different. A special case will be fractures that are more or less evenly distributed in a manner that corresponds to the number of poles. This might be caused by certain kinds of intolerably long time at zero speed on full voltage as it might occur on failure to start.

J. Szogyen, Glen Ridge, USA

Réponse de l'auteur

Les différentes remarques de M. John Szogyen-Delmar appellent les réponses suivantes:

1. Il est exact que des dissymétries de construction telles qu'excentricité du rotor, ovalisation du stator ou du rotor, etc. peuvent créer également une pulsation du courant. Cependant, dans tous les cas, une rupture de barre provoque un changement de l'amplitude d'oscillation du courant. C'est alors la variation d'amplitude qui est indicatrice du phénomène.

2. Des tests basés sur des tensions d'alimentation réduites ne sont pratiquement pas réalisables en exploitation.

3. Les approximations proposées pour l'évaluation du courant pulsant en fonction du glissement ne sont valables que pour des glissements faibles, n'excédant pas quelques %. A titre d'illustration, le calcul complet a été effectué pour le moteur N° 1, avec une barre cassée (fig. 1). On constate que le courant pulsant se stabilise à une valeur de 5 % et non pas à 20960 % pour un glissement égal à l'unité.

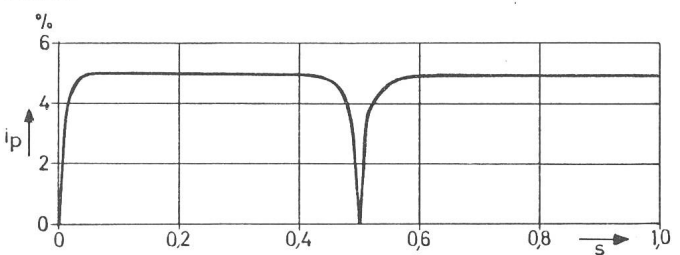


Fig. 1 Courant statorique pulsant relatif en fonction du glissement pour une barre cassée, moteur 1

De plus, le courant pulsant s'annule pour un glissement égal à 0,5, soit à mi-vitesse. Ce phénomène est dû à l'effet de Gorge, bien connu dans les cas des machines synchrones démarrant en asynchrone.

4. Il est effectivement possible qu'un accroissement de 91% du courant puisse apparaître pour une barre cassée sur 28. Ceci dépend d'une part de la planité et d'autre part du fait que le rotor soit bloqué. Dans ce cas, un phénomène de couplage différentiel [2] peut se superposer à l'effet de rupture et accroître les dissymétries du courant.

M. Jufer

- [1] W. Schuisky: Induktionsmaschinen, Springer Verlag Wien 1957.
[2] Revue Générale de l'Electricité 75(1966)9.

«Abschätzung der Ventilationsverluste von vertikal gelagerten Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen»

[Bull. SEV/VSE 69(1978)17, S. 933...935]

Zuschrift

Efficiencies of electric machines have gained new significance in the present era of high energy costs. In the U.S.A., we have moved from 1.5 c/kWh in 1960 to about 4 c/kWh today with projections to 6.5 c/kWh in 1985. More accurate knowledge and more intensive application of knowledge of all losses will be the order of the day. Transdisciplinary interaction (e.g., aerodynamics, electrical/magnetic design engineering) will be more important for better command of distribution of losses (e.g., for 'optimizing' efficiencies at full load).

The empirical method that yields simplified approximate values of expected performance data of machines is very important for an overview that precedes the expensive detail work that later allows more detailed, accurate and rigorous calculations. Measured test results on 110 squirrel cage induction motors were used to establish an empirical approximate relationship between motor parameters and windage+friction losses (WFRL). The motors belong to a homologous line in sizes 504 to 926 (NEMA Std) with shaft center heights between 12¹/₂" (31.75 cm) and 23" (58.42 cm). Speeds of 1800, 1500, 1200 and 900 were explored. The WFRL range from 200 W to 6600 W.

For the purpose of the analysis, ceteris paribus, the WFRL is set as the sum of three components:

Bearing Losses (BL): for ball bearings proportional with weight of rotor and RPM, i.e. proportional to the product (rotor diameter)² (rotor length) (RPM).

Air Friction (AF) of rotor: proportional with the outer cylindrical surface of the rotor and the peripheral velocity of rotor diameter, i.e. (rotor diameter)² (rotor length) (RPM).

Power to Drive Fan (PF): proportional with fan diameter (equals rotor diameter in this group) to the 5th power and RPM to the 3rd power.

Then we have

$$\begin{aligned} \text{WFRL} &= (a) \cdot (\text{BL}) + (b) \cdot (\text{AF}) + (c) \cdot (\text{PF}) \\ \text{WFRL} &= (a) (\text{RPM}) (D^2) (L) + (b) (\text{RPM}) (D^2) (L) + (c) (\text{RPM}^3) (D^5) \end{aligned}$$

This compares with *Teichmann's* form (excl. bearing losses):

$P = (d) \cdot (\text{RPM}^3) (D^{4.5}) + (e) \cdot (\text{RPM}^3) (D^{4.5}) (L^{0.3})$ for $2 \leq D < 4$ m. The values of a , b and c were found by correlation analysis. They are $a = -1.9 \cdot 10^{-5}$, $b = 1.11 \cdot 10^{-5}$, $c = 1.36 \cdot 10^{-13}$. For 1800 RPM, $D = 18"$, $L = 16"$ size 687 we have tested WFRL = 3530 W in comparison with 3794 W calculated.

It is remarkable that the BL has a negative multiplying factor, albeit BL is insignificantly small. It is also notable that the WFRL of the squirrel cage induction motors is more sensitive to the length of the core. These motors have radial ventilating ducts in the rotor core. As the core length increases, the number of these ducts increases. The relationships are not simply linear because in the smaller sizes, the shortest cores have no such ducts. A typical comparison is:

Type	RPM	D cm	Ratios of	
			L	WFRL
Salient pole (<i>Teichmann</i>)	300	200	5.14	1.24
Squirrel cage (<i>Szogyen</i>)	1200	60	2	2.15

An example of the 'Ratios' is: For a motor having 16" long core, the WFRL is 2.15 times that of a motor having 8" long core (ratio of $L = 2$).

All the squirrel cage induction motors have straight radial bladed fans whose diameter is essentially the same as that of the rotor. At higher than 1800 RPM speeds, curved bladed radial fans and axial flow propeller fans are used; for those the relationships change, partly because fan efficiency changes. It is expected that the large salient pole synchronous machines may have axial flow propeller fans and that those having low peripheral velocities have radially bladed fans. This may be a partial cause of the breaking up of the relationships into three diameter groups.

J. Szogyen, Glen Ridge, USA

Stellungnahme des Autors

Herrn Szogyen möchte ich für seinen Diskussionsbeitrag recht herzlich danken. Seine Ermittlung der Ventilationsverluste von Asynchronmotoren weist interessante Parallelen zu der vorliegenden Studie über Synchrongeneratoren auf. Bei den letzteren handelt es sich naturgemäß nicht um eine homogene Reihe. Auch variieren ihre Statorbohrungen D im Verhältnis 1 : 10, während das Verhältnis der Achshöhen der untersuchten Motoren nur den Wert 1 : 2 erreicht.

Die Oberflächenreibungsverluste P_R elektrischer Maschinen sind nicht der Drehzahl n proportional, sondern sie folgen ihrer dritten Potenz [1]. Dass Herr Szogyen für die Lagerreibungsverluste der Asynchronmotoren einen negativen Koeffizienten ermittelt hat, mag auf den ungenauen Ausdruck für P_R zurückzuführen sein. Die Ventilationsverluste von Asynchronmaschinen können dadurch verringert werden, dass man sie mit Eigenbelüftung (ohne Ventilatoren) ausführt [2].

Weshalb die gesamten Ventilationsverluste P der Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen nicht durch eine einfache Abhängigkeit von der Statorbohrung D ausgedrückt wurden, ergibt sich aus der folgenden Betrachtung:

In Fig. 1 sind die Verluste von 44 horizontal gelagerten Synchrongeneratoren in Funktion von D aufgetragen. Alle Maschinen haben Statoreisenlängen im Bereich von 0,5 bis 0,64 m und dürfen somit im gleichen Diagramm zusammengefasst werden. Die Statorbohrungen gehören mit $0,6 \leq D \leq 1,3$ m der gleichen Größenordnung an, während die Drehzahlen 750, 1000 und 1500 U/min betragen.

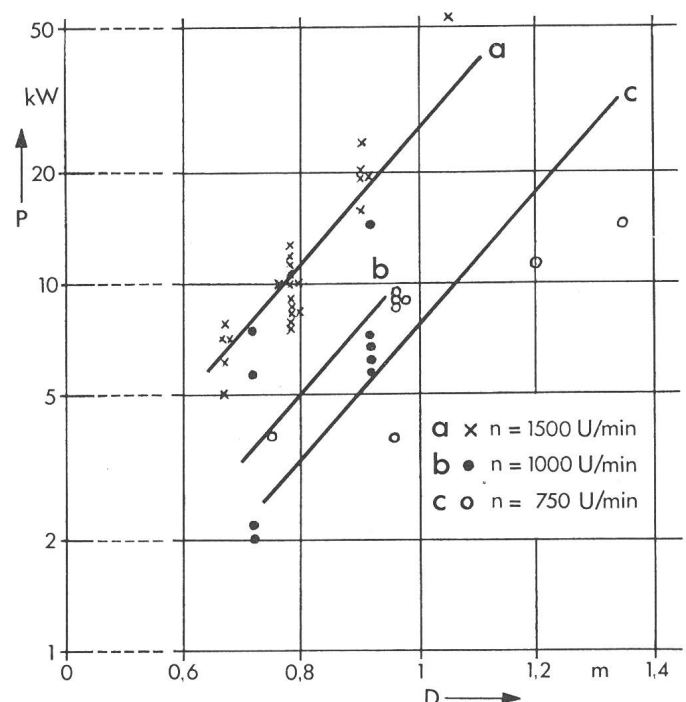


Fig. 1 Gesamte Ventilationsverluste P in Funktion der Statorbohrung D
 $L = 0,5 \dots 0,64$ m

Entnimmt man nun der Fig. 1 die Werte von P für $D = 0,8$ m, so lässt sich P in Funktion der Drehzahl n darstellen (Fig. 2). Obwohl die Genauigkeit dieser Kurve wegen der starken Messwertstreuung in Fig. 1 nicht überschätzt werden sollte, zeigt sich, dass der Exponent von n eher bei 2 als bei 3 liegt, wie dies für eine gegebene Maschine der Fall wäre. Dies muss auf Konstruktionsunterschiede zwischen Generatoren verschiedener Drehzahl zurückzuführen sein. Setzt man aber bei der Umrechnung auf eine bestimmte Drehzahl $P \sim n^3$ voraus, so wirkt sich diese Diskrepanz zwangsläufig auf den Verlauf der Kurve $P = f(D)$ aus.

Bei vertikal gelagerten Synchrongeneratoren sollten die Verhältnisse ähnlich liegen, wodurch sich die Unterteilung von $P = f(D)$ in verschiedene Abschnitte erklärt.

H. Teichmann

- [1] E. Wiedemann und W. Kellenberger: Konstruktion elektrischer Maschinen. Berlin/Heidelberg, Springer-Verlag, 1967.
[2] H. D. Sommer: Zur Ventilation eigenbelüfteter mittlerer Wechselstrommaschinen. Brown Boveri Mitt. 63(1976)8, S. 488...492.

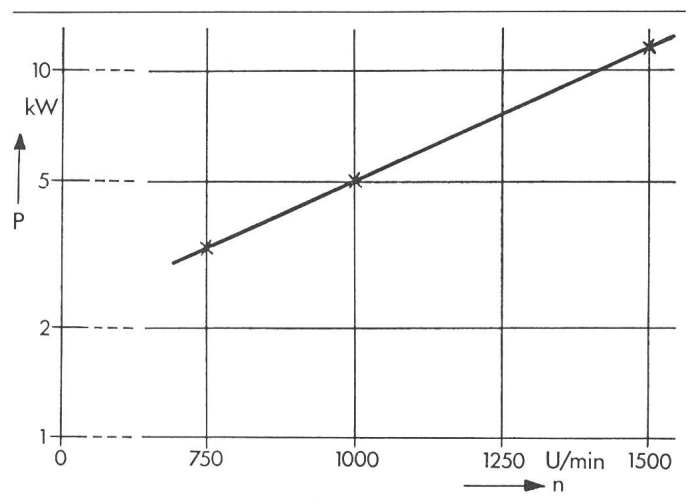


Fig. 2 Gesamte Ventilationsverluste P in Funktion der Drehzahl n
 $D = 0,8$ m $L = 0,5...0,64$ m

Literatur – Bibliographie

DK: 621.38 : 030.8

SEV-Nr. A 530

Electronics Dictionary. By John Marcus. Fourth edition. New York a.o., McGraw-Hill, 1978; 8°, XII/745 p., fig. Price: cloth \$ 24.50.

Ein englisches Lexikon mit über 17 000 Begriffen aus der Elektronik ist vor allem für Leser der angelsächsischen Literatur auf diesem Gebiet von grösstem Nutzen. Vollständig auf den neusten Stand gebracht und verbessert, ist diese 4. Auflage ein hervorragendes Werk für die Sprache der Elektronik. Mehr als die Hälfte des Buches enthält revidierte und neue Bedeutungen bekannter Begriffe, Änderungen im Gebrauch und Definitionen von Tausenden neuer Wörter, die in der modernen Elektronikliteratur vorkommen. Das Ergebnis ist ein Lexikon, das eine wertvolle Unterstützung bei der Abfassung englischer Artikel oder Vorträge gibt.

Darüber hinaus ist das Lexikon ein wichtiges Hilfsmittel für technisches Lesen, denn es enthält Tausende von Begriffen, die als zu spezialisiert erscheinen, um in allgemeinen technischen Lexika zu figurieren. Alle Eintragungen sind in alphabetischer Reihenfolge erfolgt, wobei zusammengesetzte Ausdrücke als ganze Wörter behandelt werden. Grosszügige Kreuzhinweise erleichtern das Auffinden generischer Definitionen von Begriffen mit mehreren Synonymen. Ein weiteres nützliches Hilfsmittel ist die Darstellung der SI-Einheiten, ihrer Definitionen und Abkürzungen. Ferner werden alle Zahlenwerte auch in metrischen Einheiten beigelegt.

In einem 32seitigen Anhang ist ein «Electronic Style Manual» angefügt. Diese zeit- und ärgerersparende Zusammenfassung beleuchtet schwierige Schreibweisen, Bindungen und Abkürzungen. Sekretärinnen und Redaktoren, die sich mit dem Bearbeiten englisch abgefasster elektronischer Artikel befassen müssen, werden diesen Abschnitt besonders schätzen.

Einige der neu hinzugekommenen Gebiete sind Laser, Mikrocomputer, Taschenrechner, Satellitenfunk, Raumfahrtelctronik, Videospiele, Digitaluhren und andere hochaktuelle Themen. Mehr als 1100 Illustrationen beleuchten und ergänzen die präzisen, knapp gehaltenen und gut verständlichen Definitionen.

Auch Ingenieure anderer Bereiche werden dieses Lexikon als äusserst nützlich empfinden, denn heute greift die Elektronik in praktisch jedes Gebiet der Wissenschaften und der Technik hinein. Da die Begriffe einfach und klar definiert werden, können sie von einem weiten Kreis ohne Rücksicht auf den Stand der technischen Bildung verstanden werden.

D. Kretz

DK: 621.382.33

SEV-Nr. A 729

Bipolare Transistoren. Von Hartmut Schrenk. Halbleiter-Elektronik, Band 6. Berlin/Heidelberg/New York, Springer-Verlag, 1978; 8°, 242 S., 109 Fig. Preis: bro. DM 54.-.

Der Verfasser hat sich zum Ziel gesetzt, dem Elektroniker und Schaltungstechniker das Wesentliche über den heute erreichten Stand der bipolaren Transistoren in übersichtlicher Form zu vermitteln. Unter Einschränkung der mathematischen Hilfsmittel auf ein notwendiges Minimum werden anhand von einprägsamen und einfachen Modellen die physikalischen Sachverhalte anschaulich dargelegt, was dem Entwickler ermöglichen dürfte, aus den umfangreichen Firmenangaben das Richtige zu wählen und zielbewusst einzusetzen. In den zwei ersten Kapiteln werden die physikalischen Grundlagen und das Gross- und Kleinsignalverhalten des bipolaren Transistors besprochen sowie die Bedeutung der Kenndaten bezüglich der Stromverstärkung, des Hochfrequenz- und Schaltverhaltens und der Rauschvorgänge erläutert. Im dritten Kapitel werden die Grenzdaten behandelt, u. a. die Zuverlässigkeit und das thermische Verhalten, das Sperrverhalten, Abnutzungsvorgänge und die Lebensdauer. Das vierte und letzte Kapitel ist dem Aufbau sowie besonderen Eigenschaften der wichtigsten Typen von bipolaren Transistoren gewidmet, und zwar der Niederfrequenz-Planartransistoren, Leistungstransistoren, Hochfrequenztransistoren und Darlington-Transistoren. An Vorkenntnissen zum Verständnis des Buches werden elementare Kenntnisse der Elektrotechnik und Grundbegriffe der Halbleiterphysik vorausgesetzt. Es kann für Studierende an Hoch- und Fachschulen sowie für Schaltungsentwickler als gute Einführung empfohlen werden. Das Buch enthält ein Literaturverzeichnis mit 74 Titeln.

J. Fabijanski

DK: 621.039.7

SEV-Nr. A 727

So ist das mit der Entsorgung. Was aus den verbrauchten Brennelementen der Kernkraftwerke wird. Von Robert Gerwin, Düsseldorf/Wien, Econ-Verlag, 1978; 8°, 144 S., 33 Fig. Preis: bro. DM 7.80.

Die Diskussion über die Weiterverarbeitung der verbrauchten Brennelemente von Kernkraftwerken und die Lagerung der bei der Aufarbeitung entstehenden radioaktiven Abfälle hat einen grossen Umfang angenommen, wird aber leider nicht immer sachlich geführt. Das vorliegende Taschenbuch versucht in umfassender, anschaulicher und gut verständlicher Art eine sachgerechte Darstellung zu geben.