

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 32 (1941)
Heft: 4

Artikel: Neue Entwicklungslinien im Kleinmaschinenbau
Autor: Michaelis, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1057613>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.01.2025

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

würde deshalb zweckmässig erscheinen, wenn die Energielieferanten nur eine, aber feste Grenze für die Anlaufscheinleistung pro kW festlegen würden, ohne aber die Motorbauart vorzuschreiben. Es liegt im eigenen Interesse der Konstrukteure, für ihre Motoren solche Lösungen zu finden, die erlauben, bei den gegebenen Anschlussbedingungen möglichst grosse Motorleistungen anschliessen zu dürfen. Wie aber der Konstrukteur dieses Ziel erreicht, hat für den Energielieferanten keine Bedeutung.

Im Anschluss an diese Ausführungen lud Herr Heinzmann den Berichtersteller zu einer Besprechung nach Bern ein, um diese fraglichen Punkte näher abklären zu können. Das eingangs zitierte Beispiel, sowie noch einige andere, wurden behandelt und es zeigte sich, dass tatsächlich Unstimmigkeiten entstehen können, wenn man sich wörtlich an die neuen Anschlussbedingungen halten würde. Diese sind aber so auszulegen, dass im Bereich von 2,5...6 kW als obere Grenze für den Anschlusswert 2700 VA/kW zulässig sind. Erst im Bereich von 6...8 kW gelten als zugelassene Grenze 2000 VA/kW. Sowohl für 6-kW- wie für 8-kW-Motoren wird somit die bei Stern-Dreieck-Anlauf dem Netz entnommene Scheinleistung ca. 16 000 VA und diese Grenze darf also nicht überschritten werden.

Im weiteren wurde auch noch besprochen, auf welche Art und Weise diese Bedingungen je nach Rotorbauart erreicht werden. Bei raschlaufenden Motoren kann dies nur mit den heute bei guten, modernen Motoren üblichen Stromverdrängungsläufern wie Tiefnut- oder Doppelnutläufern erzielt werden, hingegen bei höheren Polzahlen auch mit richtig berechneten Vielnutankern. Um auch hier jedes Missverständnis auszumerzen, stimmen die BKW zu, die Rotorbauart in den Vorschriften nicht starr zu definieren. Diese soll dem Konstrukteur und Berechner freigelassen werden; dieser hat aber dafür zu sorgen, dass die erwähnten Anschlussbedingungen eingehalten werden.

Der **Vorsitzende**, Dr. M. Schiesser, ersucht das Generalsekretariat des SEV und VSE, die Anregung von Herrn Heinzmann, der SEV möchte im Interesse der Vereinheitlichung Vorschriften über die Anlaufströme und Anlaufscheinleistungen der Elektromotoren aufstellen, zu prüfen. Eventuell könnte diese Frage in der Hausinstallationskommission behandelt werden, da sie auch im Zusammenhang steht mit der Bemessung der Leitungen in Hausinstallationen.

Auf eine Frage von Prof. E. Dünner, was die BKW unter einem Motor mit Stromverdrängungsanker verstehen, erklärt der Referent, dass diese Bezeichnung von den Fabrikanten für solche Motoren eingeführt wurde, die einen verhältnismässig kleinen Anlaufstrom aufweisen. Bei Verwendung von solchen Motoren kann die Installation billiger gestaltet werden; ferner machen sich im Einheitsnetz mit Motoren und Lampen Lichtzuckungen weniger stark bemerkbar.

H. Strobel, EW Basel: Das Bedürfnis nach einfachen und zuverlässigen elektrischen Antrieben hat die Werke veranlasst, die Anschlussbedingungen für den Kurzschlussanker-motor immer mehr zu erleichtern. Werke mit besonderen Kraftnetzen konnten in dieser Beziehung viel weitergehende Konzessionen machen als Werke, die nur über ein Einheitsnetz verfügen, welches gleichzeitig Licht- und Kraftanlagen speist. Am allgemeinen Kraftnetz wurden z. B. beim Elek-

trizitätswerk Basel schon Motoren mit Hochstator in Stern-dreieckschaltung mit einer Leistung von über 20 kW zum Anschluss zugelassen.

Aehnlich liegen die Verhältnisse in Fabrikanlagen, welche eigene Transformatorstationen besitzen.

Den Vorteilen des Kurzschlussankermotors steht der Nachteil des hohen Anlaufstromes gegenüber. Dieser hat ausser den unangenehmen Spannungsschwankungen im Lichtnetz auch zur Folge, dass grosse Leitungsquerschnitte verlegt werden müssen, die den ersterwähnten Vorteil wieder in Frage stellen können.

Bei Untersuchungen, bis zu welchem Masse Spannungsschwankungen im Lichtnetz noch erträglich sind, haben wir beim Elektrizitätswerk Basel festgestellt, dass rasche Senkungen von ca. 5 V für 40...60-W-Lampen und von ca. 6 V für 150-W-Lampen die Grenze des erträglichen bilden und bei Bureauarbeiten schon als lästig empfunden werden. Der Kurzschlussankermotor soll also beim km ausschalten keinen höheren Spannungsabfall hervorrufen, wenn sich hieraus nicht Unannehmlichkeiten ergeben sollen. In unserem vermaschten Einheitsnetz liegen die einzelnen Transformatorstationen im ungünstigsten Falle etwa einen km auseinander, so dass bei einem Stromstoss von ca. 35 A in irgendeiner dazwischenliegenden Liegenschaft kein höherer Spannungsabfall als oben erwähnt, auftritt.

Auf Grund dieser Untersuchungen haben wir den Anschluss von Kurzschlussankermotoren und Spezialankermotoren für direkte oder Stern-dreieckanlaßschaltung im Einheitsnetz zugelassen, wenn dem Netz beim Einschalten keine grössere Scheinleistung als etwa 20 kVA entnommen wird, was einem Anlaufstrom von ca. 30 A entspricht. Diese Erleichterung hat sich für den Konsumenten durch Reduktion der Installationskosten fühlbar gemacht. In jüngster Zeit macht sich ein grösseres Bedürfnis nach dem Anschluss von elektrischen Stumpfschweissapparaten geltend, und zwar nicht nur in grossen Konstruktionswerkstätten, sondern auch in Schlosser- und Spenglerwerkstätten sowie Auto-Karosserien. Diese Apparate haben viel unangenehmere Spannungsschwankungen zur Folge als die Elektromotoren, weil jeder Punkt, der geschweisst wird, von einer Stromspitze begleitet ist. Obschon gesagt werden muss, dass der Energiekonsum solcher Maschinen in kWh nicht erheblich ist, wird man diese Entwicklung nicht hemmen wollen. Eine Folgeerscheinung wird dann sein, dass man für die als harmloser zu betrachtenden Motorenanschlüsse weitere Erleichterungen schaffen wird. Dabei darf dann allerdings nicht übersehen werden, dass die Leitungen, sofern dieselben nach § 129 der Hausinstallationsvorschriften gesichert werden müssen, eigentlich unnötig grosse Querschnitte erhalten, sofern nicht thermische Ueberstromsicherungen, deren Charakteristik etwa derjenigen der trägen Sicherungen entspricht, in die Leitungen eingebaut werden.

Der **Vorsitzende** berichtet über ein Werk, das für Elektromotoren sehr strenge Anschlussbedingungen aufgestellt hat. Die Folge davon ist, dass, wie die Statistik zeigt, bei dem betreffenden Werk jährlich nur wenige Motoren neu abgeschlossen werden. Er glaubt, dass es auch im Interesse der Werke liegt, wenn sie nicht durch zu strenge Anschlussbedingungen die Einführung des Elektromotors hemmen.

Neue Entwicklungslinien im Kleinmaschinenbau.

Referat, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 10. Juni 1939 in Zürich,
von P. Michaelis, Zürich-Oerlikon.

621.313—181.4

In der zur Verfügung stehenden Zeit kann ich nur einen kurzen Auszug über die neueren Fragen der Kleinmaschinen-Entwicklung geben. Vielen wird manches bereits bekannt sein, doch hoffe ich, dass es mir gelingt, wenigstens denjenigen, die nicht im Elektro-Maschinenbau selbst tätig sind, einen kleinen Einblick in das heutige Schaffen auf diesem Gebiete zu geben.

Der neue Baustil.

Eine Parallele zu den neuzeitlichen Tendenzen auf fast allen Gebieten der Technik findet man auch im Elektro-Maschinenbau. Eine neue Bau-

Dans le temps limité dont je dispose, je ne puis donner qu'un aperçu des questions relatives à la création de petites machines. Bien des choses seront connues à plusieurs d'entre vous, mais j'espère cependant, réussir au moins à donner une idée du travail fourni dans ce domaine à ceux qui ne s'occupent pas de constructions électromécaniques.

form hat sich zwangsläufig aus der Entwicklung ergeben (Fig. 1). Der neue, sachliche Stil hat sich rasch durchgesetzt; die Formgebung ist bedingt durch die mannigfaltigen Forderungen, die an elek-

trische Antriebe gestellt werden. Die heutige Form der elektrischen Kleinmaschine der Maschinenfabrik Oerlikon zeichnet sich durch ruhige, einfache, aber kraftvolle Linien aus (Fig. 2).

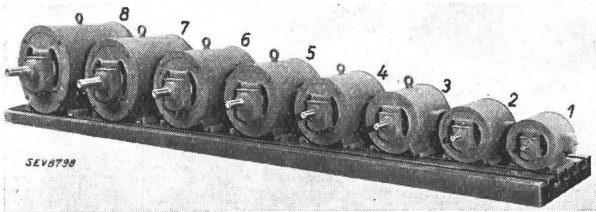


Fig. 1.

Die heutige Bauart, eine Serie vierpoliger Drehstromkäfigankeromotoren, 50 Hz, aus dem Jahre 1935.

1 0,4—0,6 kW	5 5—6 — 7 kW
2 0,8—1,1 kW	6 8—9,5—12 kW
3 1,6—2,2 kW	7 14—17 — 20 kW
4 3 — 4 kW	8 24—28 — 33 kW

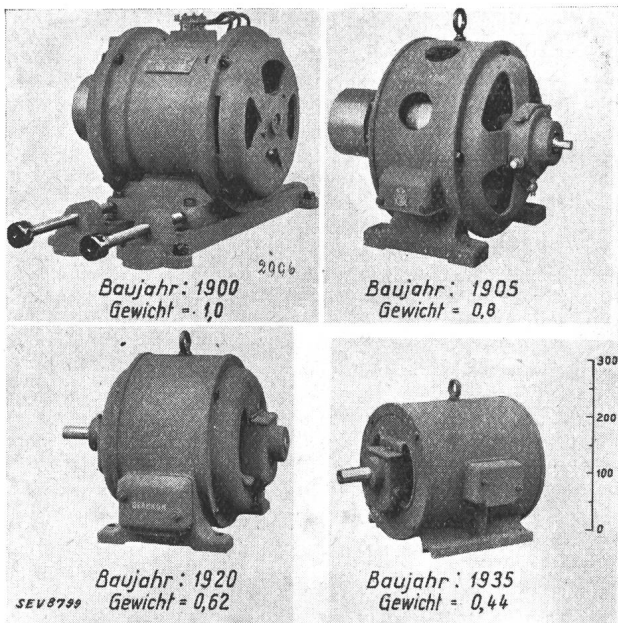


Fig. 2.

Die äussere Form des Drehstrommotors im Wandel der Zeit.

Die Dimensionierung.

Durch bewusst harmonisch wirkende Proportionen wurde nicht nur eine formschöne Einzelmaschine entwickelt; vielmehr konnte durch kompromisslose progressive Stufung auf Grund vorgängig ermittelter Wachstumsgesetze eine Typenreihe ebenmässig gestufter Maschinen geschaffen werden. Dabei wurde frühzeitig erkannt, dass die im Ausland entwickelte Bastardkonstruktion, ich meine hier den Mischling aus Schweiss- und Preßstücken, die in Anlehnung an die althergebrachten äussern Formen gebaut wurde, nur ein beschränktes Anwendungsgebiet hat. Der schweizerische Kleinmaschinenbau ist im allgemeinen der gusseisernen Konstruktion treu geblieben. Nicht nur das angenehme Aeussere wurde an der neuen Reihe gepflegt; die Entwicklung begann von innen heraus. Die Abmessungen des elektrisch aktiven Teils wurden, auf vieljähriger Forschung und Beobachtung und auf reichen Erfahrungen und gründlichem Studium fussend, peinlich genau festgelegt (Fig. 3). Der

magnetische Kreis wurde den neuesten Erkenntnissen entsprechend dimensioniert (Fig. 4). Die elek-

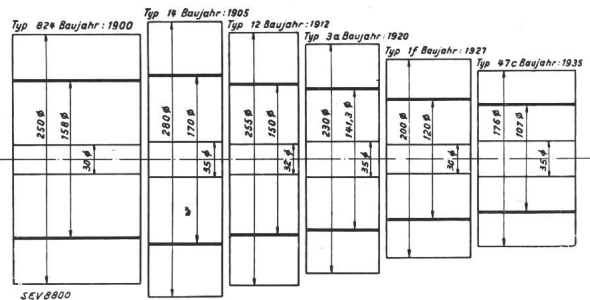


Fig. 3.

Der Materialaufwand 1900—1935. Entwicklung der Blechpaketabmessungen des Drehstromkäfiganker-Motors 2,2 kW, 4polig, 50 Hz.

trischen Beanspruchungen des Kupfers und des Eisens wurden sorgfältig aus- und abgeglichen.

Wir alle haben in jungen Jahren in der Festigkeitslehre gehört und gesehen, dass ein mechanisch beanspruchter Körper nur dann bei geringstem Materialaufwand optimale Eigenschaften aufweist, wenn er als Körper gleicher Festigkeit ausgebildet ist. Diese, wenn ich so sagen darf, elementare Erkenntnis auf einem benachbarten Gebiete, haben wir auf die magnetisch und elektrisch geplagten Teile unserer Motoren und Generatoren

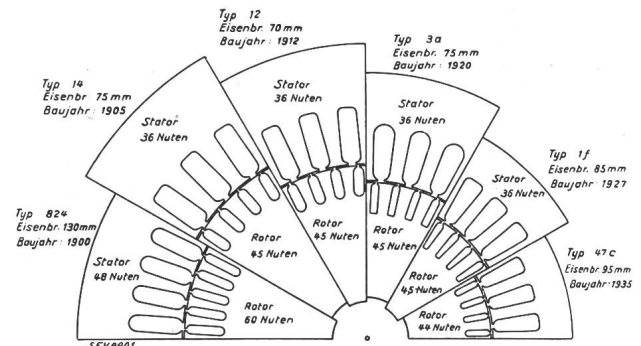


Fig. 4.

Die Entwicklung des magnetischen Kreises seit 1900. Entwicklung der Blechschritte des Drehstromkäfiganker-Motors 2,2 kW, 4polig, 50 Hz. Baujahr 1900—1935.

mit Erfolg übertragen. Dadurch sind alle überanspruchten Stellen verschwunden. Trotz vermindernten Materialaufwandes wurden bessere Maschinen geschaffen, die hohen, um nicht zu sagen höchsten Anforderungen hinsichtlich Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit genügen. Als Frucht der ebenmässigen Dimensionierung entstand eine vielseitige Typenreihe.

Der Baukasten.

Um mit verhältnismässig wenigen, dafür um so rationeller herstellbaren Teilen recht viel Bau- und Schutzarten herstellen zu können, wurde ein Baukasten geschaffen (Fig. 5). Die Bauelemente sind so ausgelegt, dass sie eine hohe Zahl von Kombinationen gestatten. Damit sich für alle Aufbauvarianten eine natürliche Lösung ergab, mussten die Konstruktionsteile sorgfältig den vorkommenden Anforderungen entsprechend gestuft werden. So haben wir beispielsweise Maschinen entwickelt, die mit ein und

demselben Rotor mit Gleit- oder Wälzlager geliefert werden können (Fig. 6).

Im Bild kann ich nur eine sehr bescheidene Zahl von Bauteilen zeigen. Zur Orientierung über

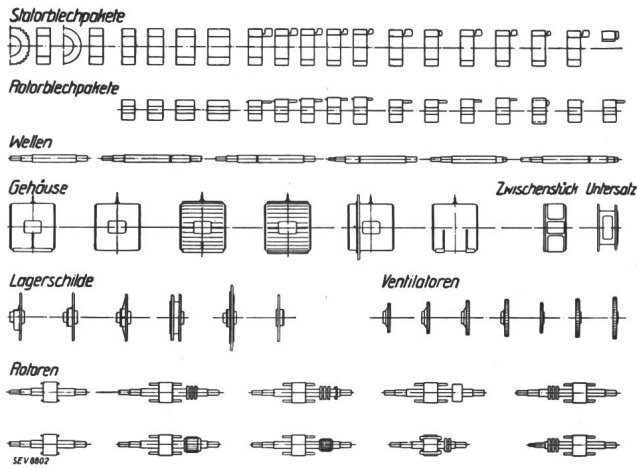


Fig. 5.

Der Baukasten für elektrische Maschinen.

die Stückzahl diene nur, dass ein 2-kW-Drehstromkäfigmotor mit Ringschmierlagern zu seinem Aufbau 57 verschiedene und 646 Teile insgesamt erfordert.

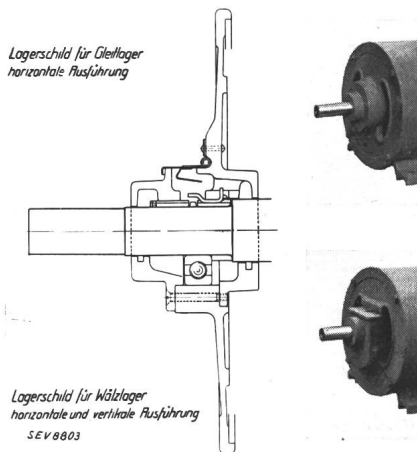


Fig. 6.

Wälzlager und Ringschmierlager mit der gleichen Welle.

Die Bauarten.

Alle Maschinen für Gleichstrom, Ein- und Mehrphasen-Wechselstrom, sowohl als Generator als auch als Motor, sind oder werden zur Zeit noch entwickelt. Alle Möglichkeiten der elektrischen Maschine hinsichtlich der Leistung, der Drehzahl, des Drehzahlverhaltens, der Anlaufbedingungen, des geräuschlosen Ganges und der Regulierung wurden ausgebildet. Die Anpassungsfähigkeit der neuen Reihe hat sich als vorzüglich erwiesen. Die Schutzarten wurden ebenfalls weiter entwickelt; dabei wurde die höherwertige geschlossene Ausführung mit Oberflächen- bzw. Oberflächenrippenkühlung bevorzugt. Diese Bauart eignet sich besonders für die chemische Industrie und dort, wo das Klima des Betriebsraumes, dessen Temperaturverhältnisse, Feuchtigkeit, Staub oder ätzende Gase beachtet werden müssen.

Die werkstattgerechte Ausbildung der Konstruktion.

Als weitere Neuerung darf die Ausbildung der Konstruktion vom Gesichtspunkte moderner, zweckmässiger Herstellung aus gelten.

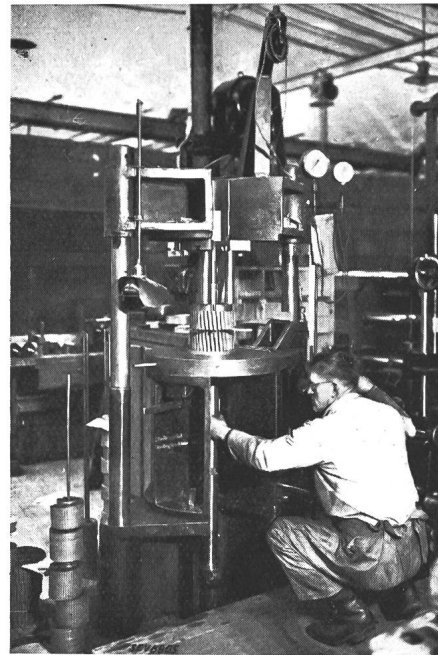


Fig. 7.

Einpressen der keillosen Welle in das unter Druck stehende Blechpaket.

Z. B. Einpressdruck bei Wellen 60 mm Ø ca. 30 000 kg, d. i. ein 20-kW-Motor, 4polig.

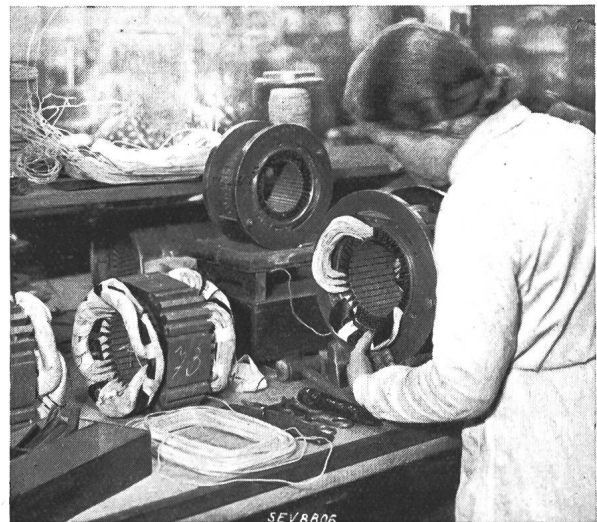


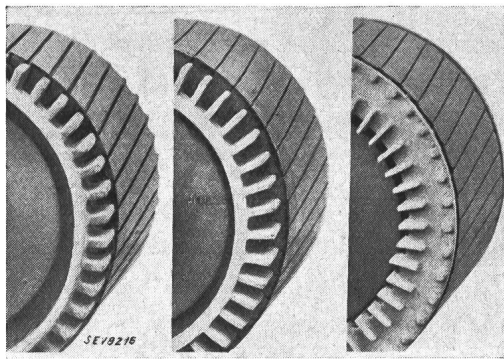
Fig. 8.

Einlegen der auf Schablonen vorgeformten Spulen in die Nuten des Blechkörpers ausserhalb des Gehäuses.

Die Anpassung an die Werkvorschriften.

Bei der Wahl der elektrischen Charakteristiken musste den Werkvorschriften durch entsprechende Dimensionierung Rechnung getragen werden. Zu diesem Zwecke wurde mit Herren eines der grössten schweizerischen Elektrizitätswerke zusammengearbeitet. Es wurde ein Entwurf geschaffen von Normen über die Grösse des Anlaufspitzenstromes, oder, was gleichbedeutend ist, über die Spitzen-Scheinleistungsaufnahme beim Anlauf der heute am mei-

sten verbreiteten Drehstrom-Asynchron-Motoren. Wie bekannt ist, war und ist es heute noch meist üblich, den Anlaufspitzenstrom einer elektrischen Maschine als Vielfaches des Vollaststromes anzugeben. Der Vollaststrom (Nennstrom eines Motors) ist aber bei gegebener Leistung und Spannung abhängig von der Art des Motors (Kurzschluss-, Doppelkäfig- oder gewickelter Rotor, Fig. 9), dem Wirkungsgrad und dem Leistungsfaktor und diese werden wiederum von der Polzahl beeinflusst. Demnach



KA TNA DKA

Fig. 9.

Verschiedenartige Käfigrotoren.

(Kurzschlussanker, Tiefnutanker, Doppelkäfiganker, KA, TNA, DKA).

ist der Vollaststrom kein zum vornherein eindeutig bekannter Wert. Es war daher naheliegend, die Grösse des Anlaufspitzenstromes unabhängig von den erwähnten Einfluss-Faktoren als absolute Grösse festzulegen. An Hand von oszillographischen Aufnahmen an einer Reihe gut dimensionierter Maschinen wurden Höchstwerte für das Verhältnis

$$\frac{\text{Spitzenscheinleistungsaufnahme im Anlauf in kVA}}{\text{Nutzleistung an der Welle in kW}}$$

festgelegt, unter Berücksichtigung der verschiedenen elektrischen Bauarten des Asynchronmotors (Tab. I).

Normungsvorschlag.

Max. zulässige Einschaltcheinleistungsaufnahme von Drehstrommotoren bei 50 Hz

Tabelle 1.

<i>bei direktem Einschalten:</i>	
Einfachkäfigrotor	8000 VA/kW Nutzleistung
Doppelkäfigrotor	6000 VA/kW Nutzleistung
<i>gewickelter Rotor</i>	
mit Schleifringen	} 3700 VA/kW Nutzleistung
mit Zentrifugalanlasser	
mit Handanlasser mit Anlassschützen	
mit Combinanlasser	
<i>bei Δ/Δ Schaltung:</i>	
Einfachkäfigrotor	2700 VA/kW Nutzleistung
Doppelkäfigrotor	2000 VA/kW Nutzleistung

Diese Festlegung zwingt den Elektromaschinenbauer, eine richtig dimensionierte Maschine zu liefern. Sie schützt den Energiebezüger vor schlechtem Fabrikat und gestattet dem Elektrizitätswerk im vor-

aus die passende Dimensionierung der Zuleitung und der Grobsicherungen; sie schützt vor Uebersicherungen. Diese Normen verunmöglichen den Anschluss von Motoren mit zu klein deklariierter Leistung, kommt es doch heute noch vor, dass Motorenkäufer den Fabrikanten ersuchen, einen Kurzschlussankermotor z. B. mit einer kleineren Leistung anzuschreiben als die, für die er effektiv gebaut ist, um billigere Installation (dünnere Zuleitungen) oder reduzierte Anschlussgebühren zu erhalten.

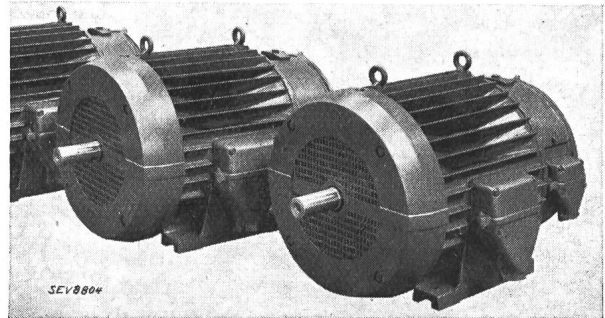


Fig. 10.

Der geschlossene Motor mit Oberflächenrippenkühlung, heute.

Weil der Anlaufspitzenstrom beim Käfigankermotor bei gegebener Anlassmethode unabhängig von der Last ist, so ändert er natürlich seine Stromaufnahme beim Einschalten auch nicht, wenn auf das Leistungsschild eine kleinere Leistung graviert wird. Ich glaube daher, dass es im Interesse des Elektrizitätswerkes wie auch des Energiekonsumenten und des Elektromotorenfabrikanten liegt, solche Bestimmungen für schweizerische Verhältnisse als allgemein bindend festzulegen. Den einzelnen Werken bleibt es überlassen, die Leistungsgrenze der verschiedenen Bauarten als da sind: Käfiganker, Doppelkäfiganker, Motoren mit Phasenanker (gewickelter Anker) oder die Grenzen der Anlaufmethode ihren eigenen Netzverhältnissen anzupassen. Durch diese Anordnung kann die weitere Entwicklung des elektrischen Einzelantriebes nur gewinnen. Wie sich das angege-

4polige Blechschnitte

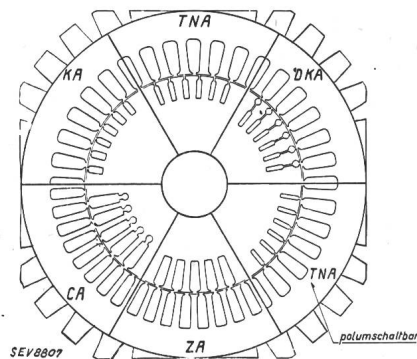


Fig. 11.

Charakteristische Daten verschiedenartig gebauter Drehstrommotoren. 4polige Blechschnitte.

bene Verhältnis auf die Daten der einzelnen elektrischen Bauarten des Asynchron-Motors auswirkt und wie dafür der magnetische Teil bemessen sein muss, zeigt Fig. 11.

Tabelle II.

I = tropfwassergeschützt II = oberfl. rippengekühlt	KA		TNA		DKA		TNA 4/2 polig		SA		Combi				
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II			
Typenleistung kW bei 50 Hz .	7	5,7	7	5,7	7	5,5	5,5	6,5	4,5	5	5,5	4,5	5,5	4,5	kW
Wirkungsgrad	87	87,5	87	87,5	86	87	85	85	85	83,5	85,5	86	85,5	86	%
Leistungsfaktor	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,85	0,84	0,89	0,84	0,89	0,84	0,84	0,84	0,84	
Anlauf kVA kW direkt	8,2	8,9	6,7	7,3	5,6	6,0	7,4	7,0	7,9	7,9	2...3,7	3,5	3,65	kVA kW	
Anlauf kVA kW λ/Δ	2,35	2,6	1,95	2,1	1,7	1,8	—	—	—	—	—	—	—	kVA kW	
Anzugsmoment direkt . . .	2,15	2,3	1,6	1,75	1,75	1,9	1,65	1,6	1,7	1,65	1...2,2	1,7	1,8	xM_n	
Anzugsmoment λ/Δ	0,5	0,53	0,4	0,45	0,5	0,55	—	—	—	—	—	—	—	xM_n	
Gewicht kW	13,3	18,4	13,3	18,4	13,3	19,1	16,9	14,3	23,3	21	19,1	26,7	19,1	26,7	kg kW
Preis kW prozentual	100	154	100	154	115	176	129	—	200	—	204	290	204	290	%

Die letzte Neuerung, «der Combi-Motor».

Der neue Combi-Motor der Maschinenfabrik Oerlikon ist ein Drehstrom-Motor mit Käfiganker, kombiniert mit einer darüber angeordneten isolierten Rotorwicklung und neuartigem Zentrifugal-anlasser ¹⁾.

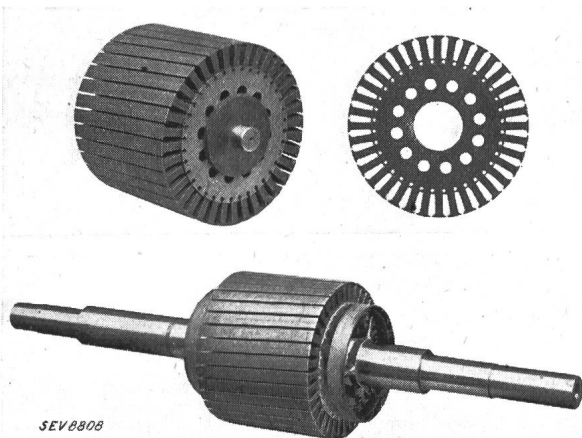


Fig. 12. Der Aufbau des Combi-Motors (CA).

Die Arbeitsweise des Combi-Motors lässt sich an Hand der Fig. 13 u. 14 leicht verfolgen. Der Combi-Motor eignet sich für nahezu alle Antriebe in Industrie und Gewerbe. Er ist den üblichen Zentrifugal-anlassermotoren an Betriebssicherheit weit überlegen, da er durch einen richtig eingestellten Motor-

¹⁾ Vgl. Druckschrift Nr. 1128 D der Maschinenfabrik Oerlikon.

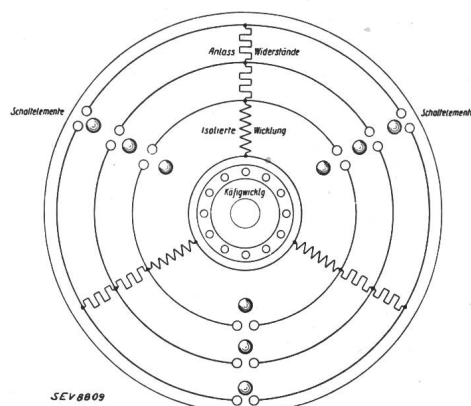


Fig. 13. Schaltschema des Rotorstromkreises des Combi-Motors.

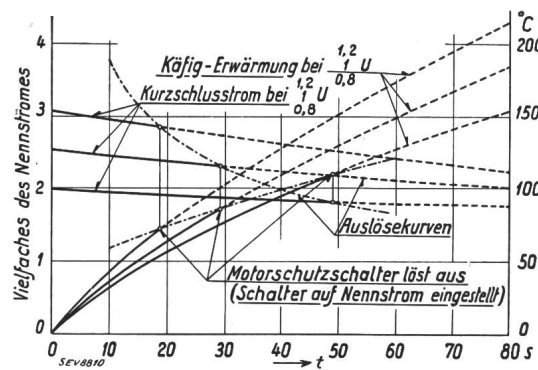


Fig. 14. Erwärmungskurven der Käfigwicklung bei Drehstromspeisung des Stators und festgebremstem Rotor. Drehstrom Combi-Motor Typ 51c, 4polig, 5,5 kW, 380 V, 11,7 A, 50 Hz, 1420 U/min.

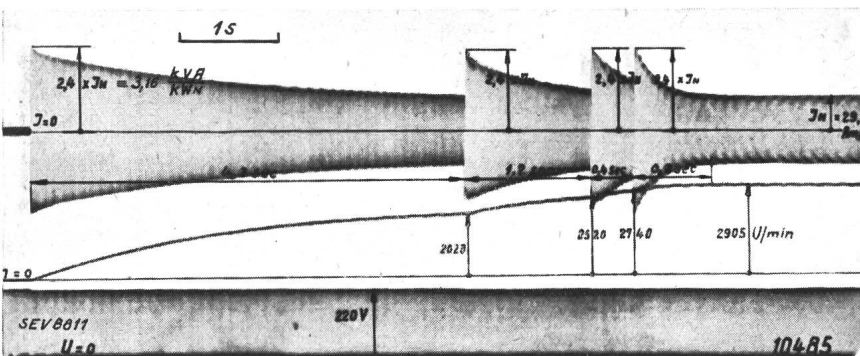


Fig. 15. Der Anlaufvorgang des Combi-Motors. Anlauf mit Pumpe und Schwungrad; $GD^2 = \text{ca. } 1,8 \text{ kg m}^2$. Drehstrom-«Combi»-Motor, Typ 53a, 2polig, 8,5 kW, 220 V, 2905 U/min, 50 Hz.

schutzschalter mit thermischer Auslösung bei allen vorkommenden Betriebsstörungen vollkommen geschützt ist.

Zukunftsansichten im Elektromaschinenbau.

Während in den letzten 15 Jahren das Augenmerk der Konstrukteure von elektrischen Maschinen auf ebenmässige Dimensionierung und zweckmässige Wärmeabfuhr gerichtet war, hat der Berechner durch Verkleinerung des Widerstandes des magnetischen Kreises und durch Aendern der Draht- und Nutenisolation den spezifischen Materialaufwand zu reduzieren versucht. Wie sich z. B. die Drahtisolation für kleine Maschinen in den letzten 20 Jahren geändert hat, möge man an einigen Zahlen erkennen:

Vor 20 Jahren bestand die Drahtisolation aus Baumwolle; sie betrug noch $\frac{3}{10}$ mm auf den Durchmesser bezogen. Diese Isolationsstärke konnte im Laufe der Zeit durch Umspinnen des Drahtes mit feinerem Garn auf $\frac{2}{10}$ mm reduziert werden. Vor etwa 13 Jahren wurde durch Einführen des sog. Email-Baumwolldrahtes die Isolation auf ca. 0,15 mm reduziert. Trotz dieser kleinen Isolationsstärke ist der Isolationswert dieses Drahtes demjenigen vor 20 Jahren um ein Vielfaches überlegen. Vor etwa 8 Jahren konnte ein weiterer Fortschritt erzielt werden, indem wenigstens für kleine Drahtdurchmesser die reine plastische Emaillackisolation geschaffen wurde.

(Fortsetzung des Berichtes folgt.)

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Drähte und Kabel mit sehr dünner Folienisolation.

[Nach Walter Fischer, ETZ Bd. 61 (1940), Nr. 8, S. 163.]

621.315.336.92

Von den handelsüblichen isolierten Drähten weist der Lackdraht die dünnste Isolierschicht auf; seine Dicke beträgt nur einige hundertstel Millimeter. Diese dünne Isolierschicht wird erzielt, indem der blanke Draht mehrmals durch den aufzulackierenden Stoff gezogen und jeweils anschliessend durch einen geheizten Raum geführt wird, in welchem die Lackschicht trocknet. Die in dieser Weise aufgebrachte Lackschicht besitzt eine sehr hohe Dehnbarkeit und Festigkeit (Abreib-, Reck- und Biegefestigkeit). Untersuchungen haben gezeigt, dass diese hohe Dehnung und Festigkeit der Lackschicht nicht eine Eigenschaft des verwendeten Lackrohstoffes selbst ist, sondern vielmehr daher rührt, dass der mit Hilfe des Lackierverfahrens aufgebrachte dünne Film sich in inniger Berührung mit der Drahtoberfläche befindet, so dass ein Aufreissen der Schicht erst dann eintreten kann, wenn an irgendeiner Stelle die Zugkräfte innerhalb des Isolierfilms grösser geworden sind als die Kräfte, mit denen die Moleküle in der Leiteroberfläche festgehalten werden. Auf Grund dieser Erkenntnis ist nun ein Fabrikationsverfahren entwickelt worden, bei dem der Isolierfilm nicht mehr nach dem Lackverfahren, sondern in der Weise auf die Drahtoberfläche aufgebracht wird, dass Folienbänder von filmbildenden isolierenden Kunststoffen von ca. 10 bis 30 μ Dicke unter Zwischenfügung einer dünnen Klebstoffschicht von ca. 5 μ Dicke längs um den Leiter geschmiegt und mit Hilfe der Klebstoffschicht auf dessen Oberfläche verankert werden. Es handelt sich dabei besonders um Zellulosederivate, wie Hydrozellulose und Zellulosetriazetat sowie um Polystyrol, Polyvinylchlorid usw., d. h. um solche Stoffe, die bis jetzt trotz vieler Versuche nach dem Lackierverfahren in wirtschaftlicher Weise noch nicht auf dünne Drähte aufgebracht werden können, die aber gegenüber den heute verwendbaren Lackisolationen in mancher Beziehung günstigere Eigenschaften auf-

Alle mit Baumwolle umspinnenen Drähte gehören der sog. Isolationsklasse A an. Der reine lackisolierte Draht darf voraussichtlich in nächster Zeit²⁾ für die Klasse B, also für eine um 20° höhere Erwärmung, verwendet werden. Die Technik ist noch weiter gegangen. Es ist der schweizerischen chemischen Industrie in der allerletzten Zeit gelungen, die Baumwolle durch chemische Behandlung bedeutend wertvoller zu gestalten. Diese veredelte Baumwolle weist eine Anzahl vollkommen neuartiger Eigenschaften auf; sie ist wesentlich weniger hygroskopisch als die Naturbaumwolle. Der Isolierwiderstand ist z. B. bei 80 % relativer Feuchtigkeit je nach dem Behandlungsgrad 20 000 bis 10 Millionen mal grösser als bei Naturbaumwolle. Das neue Material scheidet bei dauernder Erhitzung in Luft erst bei etwa 170° Kohlenstoff aus, während diese Zersetzung bei gewöhnlicher Baumwolle schon bei 105° beginnt. Zu erwähnen ist, dass die andern guten Eigenschaften der Baumwolle durch den chemischen Prozess nur im günstigen Sinne beeinflusst werden. Dieser neue Stoff hat bereits einen Konkurrenten in Gestalt der Glasfaser gefunden.

Die neuen wärmebeständigen Isolationen geben dem Ingenieur die Möglichkeit, die Maschinen den Eigenschaften dieser Stoffe anzupassen und so deren Ausnützung zu steigern.

Bevor jedoch diese neuen Isolationen im Elektromaschinenbau allgemein Eingang finden können, harren noch viele Probleme ihrer Lösung.

weisen (z. B. Alterungsbeständigkeit, Temperaturfestigkeit, chemische Unangreifbarkeit). Bei dem erwähnten neuen Fabrikationsverfahren läuft das mit dem Klebstoff einseitig beschichtete Band parallel zum Leiter mit diesem in eine Führungsvorrichtung, die das Band dann um den Leiter herumsmiegt, wie dies z. B. bei der Herstellung eines Rohrleiters mit gefalztem Blechmantel geschieht. Das neue Verfahren wurde zunächst für Drähte über 0,8 mm Durchmesser entwickelt und gestattet Herstellungsgeschwindigkeiten von über 2 km/h. Es ermöglicht, mit einem einzigen breiten Filmband, das längs um den Leiter gelegt wird, einen Leiter auch vielschichtig zu isolieren. Es sind schon Leiter (Drähte und Seile) mit bis zu sechs Umschlingungen hergestellt worden. Es bereitet jedoch keine grundsätzlichen Schwierigkeiten, diese Zahl noch bedeutend zu vergrössern, so dass z. B. mit einem einzigen 20 μ starken Filmband eine Isolierung, bestehend aus zehn oder zwanzig dünnen Einzelschichten, gebildet werden könnte. Die nach dem neuen Verfahren isolierten Leiter sind den Lackdrähten auch insofern überlegen, als bei ihnen die Zahl der Isolationsfehler sehr gering ist. Bei den Lackdrähten werden z. B. nach den DIN-VDE-Normen auf 15 m Drahtlänge bis 15 Isolationsfehler zugelassen. Die neue Aufbringungsart des Isolierfilms erlaubt, besonders wenn der Isolierfilm aus mehreren Isolierschichten aufgebaut wird, sehr grosse Längen völlig fehlerfrei herzustellen.

Versuche an mit Zellulosetriazetatfolien isolierten Drähten mit einer Isolationsstärke von 30 bis 120 μ haben folgende Resultate ergeben:

1. die Durchschlagsfestigkeit über einem Metallhorn liegt höher als 700 V pro 10 μ Wandstärke;
2. die Durchschlagsfestigkeit in Wasser von Zimmertemperatur sinkt in den ersten Stunden der Lagerung von einem

²⁾ Der VDE hat die Emailisolation bereits Ende 1937 in den REM (Regeln für elektrische Maschinen) in die Klasse B eingereiht; der SEV wird in den nächstens erscheinenden Ausnahmebestimmungen zu den SREM dafür eine eigene Klasse D schaffen, siehe Entwurf im Bulletin SEV 1941, Nr. 3, S. 55.