

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 31 (1940)
Heft: 23

Artikel: Über den Stern-Dreieck-Anlauf von Kurzschlussanker-Motoren
Autor: Riggerbach, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058029>

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>

Ueber den Stern-Dreieck-Anlauf von Kurzschlussanker-Motoren.

Von M. Riggerbach, Baden.

621.316.717 : 621.313.333.2

Anhand eines konkreten Beispiels wird gezeigt, dass beim Stern-Dreieck-Anlauf von Kurzschlussanker-Motoren bis etwa 8 kW der Doppelnutläufer gegenüber dem Vielnutläufer nur beim Stern-Anlauf etwelche Vorteile bietet, sich aber beim (wichtigeren) Umschalten von Stern auf Dreieck aber ungünstiger verhält.

L'auteur montre, à l'aide d'un exemple concret, qu'au démarrage étoile-triangle des moteurs à rotor en court-circuit jusqu'à env. 8 kW, le moteur à rotor à double cage n'offre quelques avantages par rapport au moteur à rotor à encoches multiples que durant le démarrage en étoile. A la commutation (importante) d'étoile en triangle, le premier est par contre un peu moins avantageux que le second.

1. Einleitung.

Mit dem wachsenden Ausbau der Kraftwerke und Verteilungsnetze ist es in den letzten Jahren auch in der Schweiz möglich geworden, Kurzschlussanker-Motoren in vermehrtem Masse an öffentliche Netze anzuschliessen, so dass sich einige grosse Kraftwerke entschliessen konnten, ihre Vorschriften für die Zulassung von Kurzschlussanker-Motoren einer gründlichen und grosszügigen Revision zu unterziehen. Beispielsweise gestatten die Bernischen Kraftwerke den Anschluss von Kurzschlussanker-Motoren bis zu 8 kW, sofern die maximale Anlaufscheinleistung pro kW Leistung 2000 VA bei Stern-Dreieck-Anlauf nicht überschreitet. Besondere Vorschriften über die Rotorkonstruktion werden dabei nicht gemacht. Es bleibt daher dem Konstrukteur überlassen, wie er seinen Motor auslegen will, um diesen Bedingungen zu genügen und seinem Kunden einen Motor zu geben, der neben genügendem Anlaufmoment möglichst gute Laufeigenschaften, nämlich hohes Kippmoment, guten Leistungsfaktor und hohen Wirkungsgrad aufweist und dabei möglichst billig bleibt.

2. Doppelnut- oder Vielnutmotor.

Halten wir uns für die weiteren Untersuchungen an die Vorschriften der BKW, so taucht sofort die Frage auf, ob ein solcher Motor mit einem Stromverdrängungsläufer, z. B. einem Doppelnutläufer, ausgerüstet sein muss, oder aber noch der Vielnutläufer verwendet werden kann. Die Verhältnisse lassen sich am besten an einem konkreten Beispiel verfolgen, und zwar sei ein 4poliger Motor für eine Leistung von 7 kW gewählt, der einmal als Vielnut-, das andere Mal als Doppelnutmotor ausgeführt werde. Um den eingangs erwähnten Anschlussbedingungen zu genügen, darf die Anlaufscheinleistung bei Stern-Dreieck-Anlauf pro kW Motorleistung den Betrag von 2000 VA nicht überschreiten.

Man erhält aus der Bedingung:

$$\frac{\sqrt{3} \cdot I_a \cdot U}{P} = 2000 \text{ VA/kW}$$

den bei der Netzspannung U zulässigen Anlaufstrom

$$I_a = \frac{2000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U};$$

bei einer Spannung von 380 V wird somit

$$I_a = \frac{2000 \cdot 7}{\sqrt{3} \cdot 380} = 21,2 \text{ A}$$

I_a Anlaufstrom in A,
 U Netzspannung in V,
 P Nennleistung in kW.

Bei direktem Anlauf wird der Motor einen Strom von ca. 72 A aufnehmen. (Dieser Wert ist in der Regel grösser als der theoretische, der nur 3mal grösser als bei Einschalten in Sternschaltung ist, da infolge Sättigung der Streuwege der Kurzschlussstrom meist etwas rascher als linear ansteigt.) Der Nennstrom des Motors betrage 14,7 A, bei einem Leistungsfaktor von 0,83 und einem Wirkungsgrad von ca. 87%. Somit ist der Anlaufstrom bei direktem Einschalten ungefähr gleich dem fünffachen Wert des Normalstromes, also ein Wert, der mit einem Vielnutrotor der betrachteten Leistung noch ohne weiteres eingehalten werden kann. Als Anzugsmoment werden heute für handelsübliche Vielnutmotoren in dem hier betrachteten Leistungsbereich allgemein ca. 50% des normalen Drehmomentes bei Sterndreieckanlauf verlangt. Der maximale Anlaufstrom des betrachteten 7-kW-Motors darf 21 A oder 145% des Nennstromes nicht überschreiten. Das sogenannte Güteverhältnis des Anzugs ist somit $g = \frac{50}{145} = 0,344$. Auch dieser Wert lässt sich noch mit Vielnutrotoren ohne Stromverdrängung einhalten.

Der vorliegende Vergleich erstreckt sich auf zwei handelsübliche 4polige Normalmotoren; der eine ist als Vielnutmotor, der andere als Doppelnutmotor ausgebildet. Listenleistung 7 kW. Der Vergleich ist ohne weiteres gerechtfertigt, da beide Motoren praktisch die gleiche Maschinenkonstante

$$k = \frac{D_i^2 \cdot l \cdot n}{\text{kW}}$$

aufweisen.

D_i Statorbohrung,
 l Eisenlänge,
 n synchrone Drehzahl.

k ist für den Vielnutmotor 628 und für den Doppelnutmotor 620, d. h. der Unterschied in der Ausnützung beider Motoren ist nur 2%. Der Vielnutrotor hat eine Rotorwicklung mit rechteckigen Stäben aus Kupfer mit den Dimensionen 4,5·7 mm, also ein Stabprofil, das noch keine Stromverdrängung hat. Der Doppelnutmotor hat im oberen Läuferkäfig Rundkupferstäbe von 4 mm \varnothing , im unteren Käfig Rechteckstäbe 2·12 mm aus Kupfer.

In Tabelle I sind die gemessenen Werte der beiden Motoren zusammengestellt.

Tabelle I.

	Doppelnutmotor	Vielnutmotor
<i>Bremung bei 380 V (Dreieck); f = 50/s</i>		
Abgeb. Leistung kW	7,0	7,0
Drehmoment mkg	4,74	4,75
Strom A	14,8	14,7
Wirkungsgrad %	86,94	87,5
Leistungsfaktor (cos φ)	0,83	0,83
Schlupf %	3,68	3,9
<i>Kurzschluss und Anzug bei 380 V; f = 50/s</i>		
Strom bei 380 V . . . (Anlauf in Sternsch.)	18,5 A ~ 125 %	21,3 A ~ 145 %
Drehmom. bei 380 V . . . (Anlauf in Sternsch.)	2,6 mkg ~ 55 %	2,4 mkg ~ 50,5 %
Strom bei 380 V . . . (Anl. in Dreiecksch.)	60 A ~ 405 %	72 A ~ 490 %
Drehmom. bei 380 V . . . (Anl. in Dreiecksch.)	9,85 mkg ~ 208 %	10,0 mkg ~ 210 %

Die Anlaufcharakteristiken der beiden Motoren sind in den Fig. 1a und 1b aufgetragen.

Tabelle I zeigt, dass bei Betrieb mit Nennlast beide Motoren sich praktisch gleich verhalten;

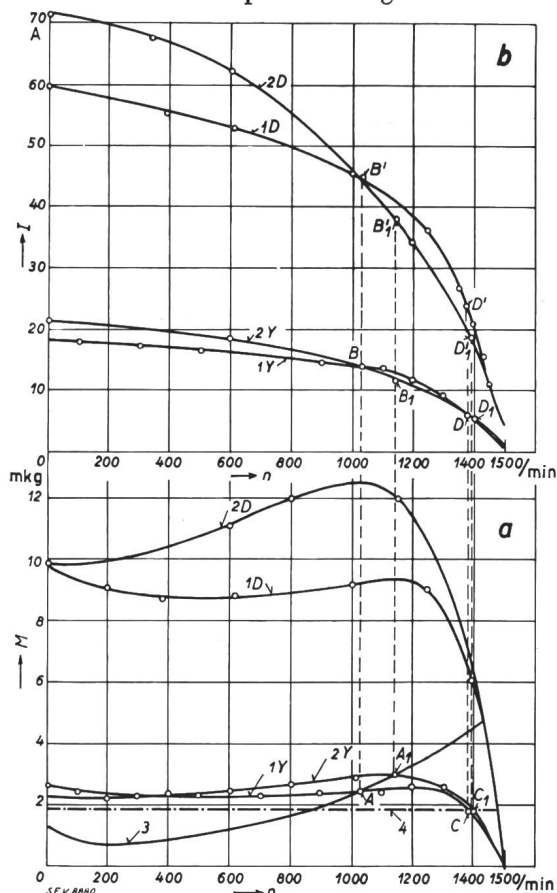


Fig. 1.

Motor 380 V, 7 kW.

- a Drehmomente (unten), b Anlaufströme (oben).
- 1Y Drehmoment bzw. Anlaufstrom des Doppelnutmotors bei Sternschaltung.
- 2Y Drehmoment bzw. Anlaufstrom des Vielnutmotors bei Sternschaltung.
- 1D Drehmoment bzw. Anlaufstrom des Doppelnutmotors bei Dreieckschaltung.
- 2D Drehmoment bzw. Anlaufstrom des Vielnutmotors bei Dreieckschaltung.
- 3 Gegendrehmoment eines Ventilators.
- 4 Gegendrehmoment einer Werkzeugmaschine.

beim Vielnutmotor ist der Wirkungsgrad um weniges besser. Im Anlauf bei Sternschaltung hat der Doppelnutmotor ein etwas höheres Anzugsmoment bei etwas kleinerem Strom als der Vielnutmotor; die Unterschiede sind jedoch nicht sehr gross. Betrachtet man aber den Verlauf der Drehmomentcharakteristiken der Fig. 1a, so erkennt man eine starke Verschiedenheit der Drehmomentkurve beider Motoren. Das maximale Drehmoment des Doppelnutmotors beträgt ca. 9,4 mkg oder ca. 200 % des Normaldrehmomentes; der Drehmomentverlauf ist sehr flach. Beim Vielnutmotor dagegen steigt das Drehmoment vom Stillstand aus fast gleichmässig an und erreicht einen Höchstwert von 12,5 mkg oder ca. 265 % des Nennmomentes. Bei beiden Motoren verläuft auch das Drehmoment beim Anlassen in Sternschaltung logischerweise analog. Wie wirkt sich nun diese Verschiedenheit auf den Anlassvorgang aus? Nimmt man an, beide Motoren hätten einen Ventilator oder eine Zentrifugalpumpe anzutreiben mit einem Drehmomentenverlauf gemäss Kurve 3. Bei diesen Maschinen verläuft nach Ueberwindung der ruhenden Reibung das Drehmoment annähernd proportional dem Quadrate der Drehzahl. Bei Anlauf in Sternschaltung beschleunigt der Doppelnutmotor den Antrieb bis zum Punkte A, wo das Motor-Drehmoment 1Y und das Drehmoment 3 der Arbeitsmaschine einander schneiden, d. h. bis zu einer Drehzahl von ca. 1030/min. Der dabei aufgenommene Strom beträgt ca. 14 A, Punkt B auf Kurve 1Y Fig. 1b. Bei dieser Drehzahl bleibt der Motor «hängen» und es muss auf Dreieckschaltung umgeschaltet werden. Der Strom schnell vom Wert des Punktes B der Kurve 1Y (Fig. 1b) auf Kurve 1D, Punkt B', d. h. von 14 A auf 45 A. Beim Vielnutmotor tritt der Schnittpunkt der Kurve 3 mit der Drehmomentenkurve 2Y erst bei ca. 1150/min auf, da das vom Motor in diesem Drehzahlbereich entwickelte Drehmoment höher als beim Doppelnutmotor ist. Der aufgenommene Strom beträgt bei 1160/min ca. 12 A; beim Umschalten auf Dreieck tritt eine Stromerhöhung auf ca. 38 A auf, also ca. 15 % weniger als beim Doppelnutmotor. Dieser Strom wird beim Vielnutmotor noch wesentlich rascher abklingen als beim Doppelnutmotor, da erstens die Antriebsmaschine nur von 1160 bis 1440/min beschleunigt werden muss statt von 1030/min an und da zweitens beim Vielnutmotor ein wesentlich höheres Beschleunigungsmoment zur Verfügung steht.

Stellt man die gleiche Betrachtung für den Antrieb von Werkzeugmaschinen an, die in der Regel leer angelassen werden, mit einem Drehmomentenverlauf entsprechend Kurve 4, wo das Gegendrehmoment praktisch unabhängig von der Drehzahl ist und nur etwa 40 % des Normaldrehmomentes betrage, so beschleunigen beide Motoren die Antriebsmaschine bis zu einer Drehzahl von ca. 1400/min. Auch hier tritt beim Umschalten auf Dreieck beim Doppelnutmotor wiederum ein etwas höherer Umschaltstrom auf als beim Vielnutmotor, jedoch ist der Unterschied sehr klein und hat keine

Bedeutung. Aus diesem Vergleich geht eindeutig hervor, dass, wenn gleichartige Antriebe vorausgesetzt werden, beim Umschalten von Stern- auf Dreieck-Schaltung sich beim Vielnutmotor ein kleinerer Umschaltstromstoss als beim Doppelnutmotor ergibt und dass dieser Stromstoss beim Vielnutmotor rascher abklingt, als beim Doppelnutmotor.

Der geringe Vorteil eines etwas kleineren Stromes beim Losbrechen wirkt sich beim Uebergang von Stern auf Dreieck nicht mehr aus, sondern hier verhält sich der Doppelnutmotor entschieden ungünstiger. Dieser Umschaltstromstoss ist aber, ausser bei Leerlauf, wo das Umschalten von Stern auf Dreieck-Schaltung sehr nahe bei der synchronen Drehzahl erfolgen kann, immer grösser, z. T. sogar ganz erheblich, als der Einschaltstrom. Da aber beim Vielnutmotor der Drehmomentüberschuss nach dem Umschalten wesentlich grösser als beim Doppelnutmotor ist, wird der an sich schon kleinere Strom bedeutend rascher abklingen als beim Doppelnutmotor. Daraus folgt, dass der richtig ausgelegte Vielnutmotor in dem hier betrachteten Leistungsbereich das Netz beim Stern-Dreieck-Anlauf weniger stark beansprucht als der Doppelnutmotor. Dieses Verhalten tritt nicht nur beim hier untersuchten Beispiel auf, sondern gilt

allgemein, da der Motor mit Stromverdrängungsrotor immer ein kleineres Kippmoment als der Vielnutmotor hat.

Um vollständig zu sein, muss hier erwähnt werden, dass bei 4poligen Motoren bis zu Leistungen von ca. 12 kW, sofern es sich um richtig ausgelegte, nicht überdimensionierte Motoren handelt, die hier erwähnten Anlauf- und Laufeigenschaften mit Vielnutläufern ohne Stromverdrängung erreicht werden. Für grössere Motoren wird meist ein Stabprofil gewählt mit Stäben, die höher als 10 mm sind, wodurch dann eine gewisse Stromverdrängung erreicht wird. Da aber nach den meisten Werkvorschriften Kurzschlussanker-Motoren grösser als 8 kW selbst für Stern-Dreieck-Anlauf an öffentliche Netze nicht angeschlossen werden dürfen und bis zu dieser Leistung der Doppelnutmotor für allgemeine Antriebe in Industrie und Gewerbe keine Vorteile gegenüber dem Vielnutmotor bringt, sondern, abgesehen vom ersten Augenblick des Einschaltens, sich nur ungünstiger verhält, liegen somit, von Sonderfällen abgesehen, keine zwingenden Gründe vor, den Stromverdrängungsmotor im betrachteten Leistungsbereich zu verwenden, da er in seinem Verhalten keine Vorteile bietet und zudem noch teurer als der Vielnutmotor ist.

Spannungswandler mit Säulenkerneln.

Von J. Goldstein, Zürich.

621.314.222.08

Es wird kurz über die Entwicklung und den Aufbau des Kernsäulenwandlers berichtet und auf dessen Isolations- und Stossfestigkeit hingewiesen. Das Verhalten des Wandlers bei Stoss wurde im Hochspannungslaboratorium des SEV untersucht. Die Resultate werden anhand der Oszillogramme besprochen. Schliesslich wird die Messgenauigkeit betrachtet.

L'auteur rappelle brièvement le développement et la construction du transformateur de tension à noyau à empilages et mentionne sa résistance diélectrique et sa résistance aux ondes de choc. Pour examiner la façon de ce comporter aux ondes de choc, ce transformateur a été soumis à des épreuves de choc au laboratoire à haute tension de l'ASE. Les résultats sont exposés à l'aide des oscillogrammes. L'auteur indique pour terminer la précision des mesures.

I. Vorgeschichte und Allgemeines.

Entsprechend einer Anregung von Biermanns entwickelte der Verfasser in den Jahren 1929—30 die ersten Modellwandler ohne Eisenrückschluss. Es zeigte sich bald, dass die an Spannungswandler gestellten Anforderungen, nämlich die Einhaltung der zulässigen Uebersetzungsfehler und der zulässigen Fehlwinkel, bei der Kernanordnung ohne Eisenrückschluss durch die Anwendung besonderer Kompensationsmittel zu erreichen sind. Es wurden vom Verfasser Vorbelastungen ohmscher und kapazitiver Art als zweckmässig ermittelt und die Wirkungen praktisch festgestellt¹⁾.

Durch die Ueberwindung der messtechnischen Seite der Aufgabe war die Existenzmöglichkeit des Wandlers ohne magnetischen Eisenrückschluss erwiesen. Ein Wandler für 220 kV konnte bei der AEG nach einer Eichung in der PTR als Messprüfwandler für das Transformatoren-Prüffeld in Betrieb genommen werden.

¹⁾ Ausführliche Erörterungen befinden sich im Aufsatz «Messdrosselspule für Höchstspannungen» im Sammelwerk W. Petersen «Forschung und Technik», Verlag Julius Springer 1930, S. 313.

Die Existenzberechtigung und der technische Fortschritt dieser Wandler liegen auf einem anderen Gebiet, nämlich demjenigen der Isolations- und Stossicherheit. Deshalb fällt die weitere Förderung dieser Wandler zeitlich mit den Bestrebungen, Neukonstruktionen für Trockentypen und gewitterfeste Wandler zu entwickeln, zusammen. Die Tatsache, dass der Aufbau dieser Wandler die Schwingungsfreiheit der Wicklung bei Stoss gewährleistet, ist von grosser Bedeutung. Die bei Stossbeanspruchung auftretende Verteilung der Anfangsspannung auf die Elemente der Wicklung ist angenähert linear. Es werden diese Eigenschaften durch den Aufbau, der von Biermanns im DRP 592876 Kl 21 d², dessen Anmeldung bereits im November 1928 erfolgte, erreicht. Man kann heute sagen, dass die neue Konstruktion, die man als Kernsäulenwandler wohl richtig bezeichnet, sich neben anderen Konstruktionen erfolgreich durchsetzt, wenn man neben den AEG-Fortschritten²⁾ auch die beachtenswerte Verbreitung der Sondervariante dieser Konstruktion der Firma E. Walter in Frankreich mitberücksichtigt.

²⁾ Siehe Aufsatz Küchler ETZ 1937, S. 203.