

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

**Die Kaskadenschaltung von dreiphasigen
Induktionsmotoren und Kommutatormotoren**

Rajz, Alexius

1911

III. Der Drehfeld-Serienmotor in mechanisch getrennter
Kaskadenschaltung

[urn:nbn:de:bsz:31-275799](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-275799)

Im übersynchronen Betrieb kommt die Sättigung des Transformators dem Aggregat insofern zugute, daß sie ein Zurückfallen in den Synchronismus verhütet. Bei abnehmender Tourenzahl wächst nämlich die Schlüpfung s_2 (siehe Fig. 11) und damit auch die Sättigung des Transformators, die totale Reaktanz nimmt ab. Durch die Experimente wurde auch bestätigt, daß unter einer gewissen Sättigung des Transformators das Aggregat im Übersynchronismus nicht zu halten war.

III. Der Drehfeld-Seriemotor in mechanisch getrennter Kaskadenschaltung.

11. Mit einem mechanisch getrennt geschalteten Seriemotor kann man dem Induktionsmotor ebenfalls eine fallende Tourencharakteristik geben. Der Rotorstrom durchfließt die Wicklungen des Seriemotors (siehe Fig. 16). Da das Feld des letzteren bei Belastung stärker wird und die Gegen-EMK wächst, so muß der Hauptmotor dementsprechend stark schlüpfen. Dabei muß der Seriemotor die Hilfsgruppe mit konstanter, sogar mit etwas steigender Tourenzahl antreiben,

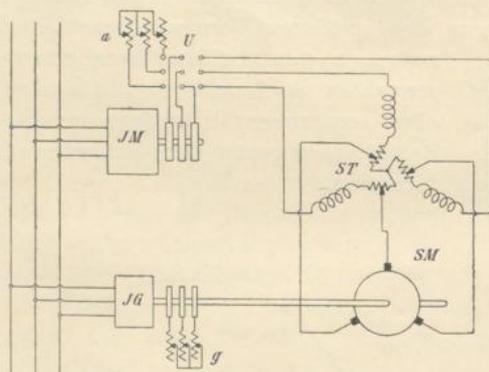


Fig. 16. Kaskadenschaltung eines Induktionsmotors mit einem mechanisch getrennten Seriemotor.

damit der Induktionsgenerator (Asynchrongenerator) JG die geschlüpfte Leistung dem Netz zurückliefern kann. Den Seriemotor und den Induktionsgenerator wollen wir als Hilfsgruppe bezeichnen. Wie bei der mechanisch gekoppelten Anordnung, sind auch hier zwei Leerlaufzustände möglich. Die obere Tourenzahl des Hauptmotors liegt in der unmittelbaren Nähe von n_1 , Spannung und Periodenzahl sind an den Schleifringen des Hauptmotors gering und die Verluste der Hilfsgruppe werden von dem Induktionsgenerator gedeckt, indem dieser Leistung direkt aus dem Netze aufnimmt. Der andere Leerlaufzustand tritt dann ein, wenn durch entsprechende Schlüpfung des Hauptmotors die sekundäre Spannung und das Drehmoment des Seriemotors ausreichen, die Verluste der Hilfsgruppe bis auf die Statorverluste des Induktionsgenerators zu decken.

Fig. 16 zeigt die Schaltung der Anlage. Der Hauptmotor JM und der Induktionsgenerator JG werden mittels der Rotorwiderstände a und g auf Synchronismus gebracht, worauf der Umschalter U umgelegt wird und die Motoren in Kaskade geschaltet werden.

12. Spannungs- und Stromdiagramm, Arbeitskurven. Das Spannungsdiagramm ist qualitativ dasselbe wie für die direkt gekuppelte Schaltung (Fig. 3), der Zusammenhang zwischen den Schlüpfungen ist aber hierbei

$$s_2 = \frac{n_2 - n_3}{n_2} = 1 - \frac{1}{s_1} \frac{p_2}{p_3} \dots \dots \dots (16)$$

folglich die in der Rotorwicklung des Kommutatormotors induzierte EMK

$$E_{2r} = \frac{w_{2r} f_{2r}}{w_{2s} f_{2s}} \left(1 - \frac{1}{s_1} \frac{p_2}{p_3} \right) E_{2s} \dots \dots (17)$$

Der Verlauf von s_2 nach Gl. 16 ist in Fig. 17 für verschiedene Polzahlen dargestellt. Ein Vergleich mit Fig. 5 zeigt, daß die Schlüpfung des Kommutatormotors bei demselben Polverhältnis der Gruppe langsamer wächst als bei der direkten Kupplung. Aus diesem

Grunde ist die Kompensation der Phasenverschiebung, bei gleichem Tourenabfall, in der mechanisch getrennten Anordnung schlechter, weil die Rotor-EMK E_{2r}' und damit die ganze Gegen-EMK E_2 (s. Fig. 3) kleiner sind, als bei gekoppelten Motoren, der Strom J_2 eilt also weniger vor. Weiter kommt noch der Leerlaufstrom des Induktionsgenerators hinzu, so daß der Leistungsfaktor nur auf Kosten einer großen Rotor-MMK in Verbindung mit einem großen Bürstenwinkel ($\alpha \lesssim 180^\circ$) zu erreichen ist. Der wattlose Strom des Rotors verursacht unter den Bürsten große Verluste, so daß der Wirkungsgrad erheblich sinkt.

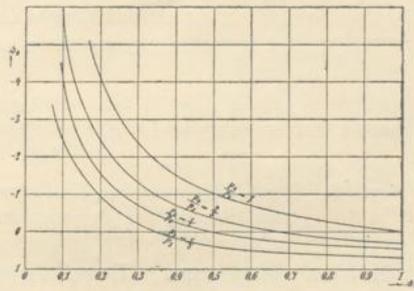


Fig. 17. Zusammenhang der Schlüpfung in dem Induktions- und Kommutatormotor bei mechanisch getrennter Anordnung.

Im Untersynchronismus des Kommutatormotors ist die Kompensation praktisch nicht mehr durchzuführen, weil die EMK E_{2r}' (Fig. 3) ihre Richtung umkehrt und die Phase des sekundären Stromes verzögert.

Für die mechanisch getrennte Schaltung gilt dasselbe Stromdiagramm, Fig. 4, wie für die gekuppelte. Unter Berücksichtigung

der zweierlei Leerlaufzustände, bekommen wir hier auch zwei Kreise, die sich zu einer Schleife zusammensetzen.

Fig. 18 zeigt eine experimentell aufgenommene Schleife. Die Punkte zwischen den beiden Leerlauf-tourenzahlen n_0 und n_0' sind zum größten Teile labil. Als Hauptmotor diente ein vierpoliger 5 PS Induktionsmotor, geregelt mit dem auf S. 15 beschriebenen Kaskadenaggregat. Leistungs- und Drehmomentlinie können nach Fig. 4 ergänzt werden. Die Drehmomentlinie liegt ungünstiger, als bei der mechanisch gekuppelten Anordnung, weil die geschlüpfte Leistung für die Hauptwelle verloren geht (s. S. 4). Aus dem Diagramm geht dies hervor für $s_1 = \infty$, wozu $s_2 = 1$ gehört. Der Punkt P_∞ liegt also unabhängig von den Polzahlen zwischen dem Schnittpunkte A des Stromkreises mit der Abszissenachse und dem Kurzschlußpunkt P_k . Das Verhältnis der Ordinaten von P_∞ und P_k ist $\frac{r_1}{r_2' + r_1}$.

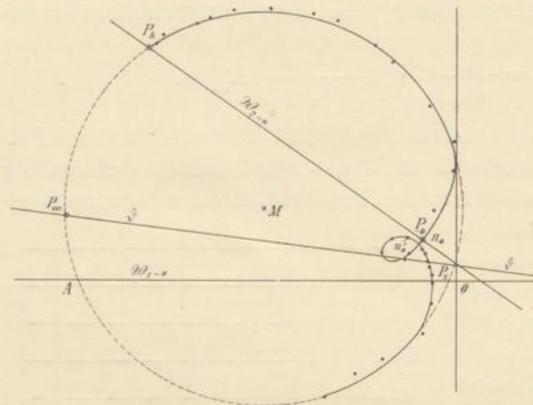


Fig. 18. Stromdiagramm der Kaskadenschaltung mit getrenntem Seriemo-tor.

Das abgeleitete Stromdiagramm gilt nur für den Hauptmotor, ohne Berücksichtigung des Wirkungsgrades und des Leerlaufstromes des Induktionsgenerators. Durch geometrische Addition des letzten und Verschiebung des Nullpunktes entsprechend den Verlusten des Generators läßt sich das Diagramm annähernd ergänzen. Will man die Ströme genau ermitteln, so muß zu jeder geschlüpfte Leistung aus dem bekannten Kreisdiagramm des Induktionsgenerators der zugehörige Strom und Wirkungsgrad ermittelt werden.

In Fig. 19 sind die Bremskurven eines sechspoligen 20 PS Induktionsmotors bei 125 V. 50 Per. dargestellt. Zur Regelung diente der obenerwähnte 5 PS Kommutatormotor, gekuppelt mit einem 5 PS Induktionsgenerator. Der letzte hatte 6 Pole, folglich ist $n_3 = 1000$. In der Figur sind die Arbeitskurven verglichen mit denen bei Widerstandsregelung; 1 und 2 für Kaskadenschaltung, 1' und 2' für Widerstandsregelung. Die Bürstenstellung und die Transformatorübersetzung wurden so gewählt, daß bei der Bremsung 1 der Tourenabfall klein, die Kompensation gut, bei der Bremsung 2

D
ein
wir
so
sinc
Fig.
getr
Pha
gra
ver
bei
daß
mel
Leis
Mot
stel
Ser
Rot

ein großer Tourenabfall und möglichst guter Wirkungsgrad erzielt wird. Bei den Bremsungen 1' und 2' sind die Rotorwiderstände so bemessen, daß die Tourenzahl bei ungefähr Halblast dieselben sind. Man ersieht zweierlei aus den Kurven:

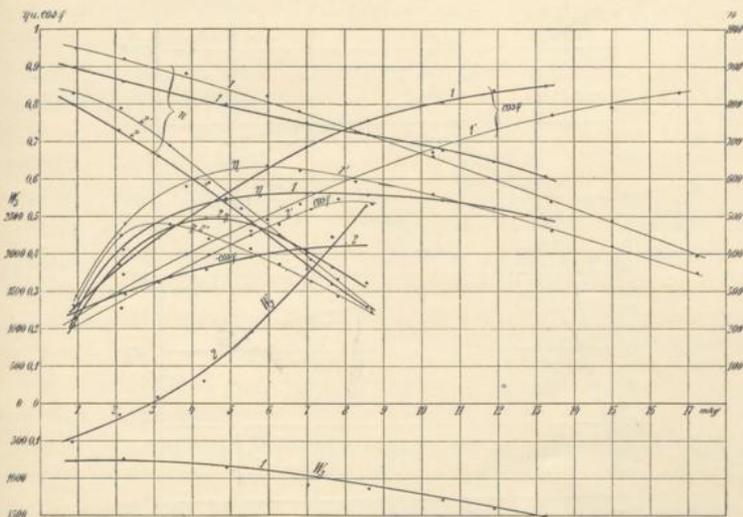


Fig. 19. Bremskurven eines Induktionsmotors, der einmal mittels mechanisch getrennten Seriemotor (1 und 2), einmal mittels Rotorwiderständen geregelt wurde (1' und 2').

1. durch einen mechanisch getrennten Seriemotor kann die Phasenkompensation nur auf Kosten eines verminderten Wirkungsgrades durchgeführt werden,
 2. der Wirkungsgrad kann nur auf Kosten des Leistungsfaktors verbessert werden,
- beides im Vergleich mit der Regelung mittels Rotorwiderstände.

Im ersten Falle ist nämlich die geschlüpfte Leistung so klein, daß sie nicht ausreicht, die durch die wattlosen Rotorströme vermehrten Verluste der Hilfsgruppe zu decken, die zurückgepumpte Leistung W_3 bleibt negativ. Der Induktionsgenerator nimmt als Motor Leistung vom Netz auf. Im zweiten Falle ist die Bürststellung nicht ausreichend, eine gute Kompensation zu erzielen.

Die Regelung eines Induktionsmotors mit mechanisch getrenntem Seriemotor ist also in den meisten Fällen der Regelung mittels Rotorwiderständen kaum überlegen. Mit einem relativ großen Hilfs-

motor gelingt es erst, eine gute Kompensation zu erzielen, wie die Bremsung eines 5 PS Hauptmotors mittels des 5 PS-Kommutatormotors in Fig. 20 zeigt.

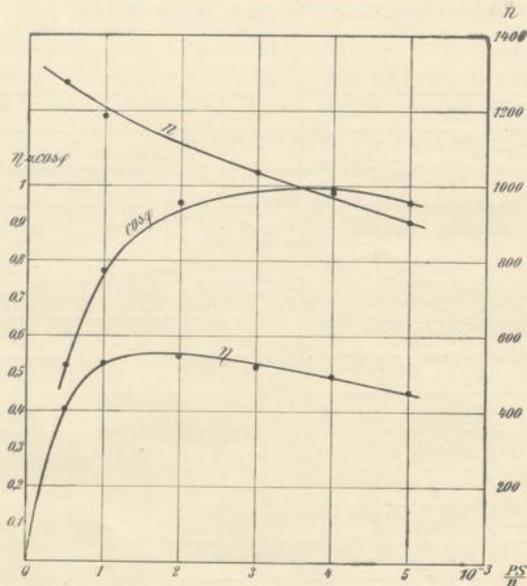


Fig. 20. Arbeitskurven der mechanisch getrennten Kaskadenschaltung eines Induktionsmotors mit einem gleich großen Seriomotor.

IV. Der Drehfeld-Nebenschlußmotor in mechanisch gekuppelter Kaskadenschaltung.

13. Die Industrie verlangt meistens Motoren mit Nebenschlußcharakteristik, d. h. Motoren, die bei jeder Belastung mit annähernd konstanter Tourenzahl laufen. Dabei soll diese konstante Tourenzahl regelbar, d. h. für Leerlauf beliebig einstellbar sein.

Die Induktionsmotoren haben zwar eine Nebenschlußcharakteristik, aber nur in der Nähe ihrer synchronen Geschwindigkeit; bei Leerlauf kann man nicht mittels Rotorwiderstände verschiedene Tourenzahlen herstellen. Für Betriebe, wie z. B. Gruben-Ventilatorantriebe, deren Wettermenge und damit die Tourenzahl nur in großen Zeitintervallen zu verändern ist, ist es von großer Wichtigkeit, eine konstante, jedoch beliebig einstellbare Tourenzahl zu haben. Diese Art von Regelung wird durch die Kaskadenschaltung eines Induktionsmotors mit einem dreiphasigen Nebenschlußmotor sehr vorteilhaft erreicht.