

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

### I. Gang der Untersuchung

[urn:nbn:de:bsz:31-285100](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-285100)

# Der einphasige kompensierte Nebenschlußmotor

mit besonderer Berücksichtigung des regelbaren  
Nebenschlußmotors von E. Arnold und J. L. la Cour

von Dr.-Ing. Alfred Fraenckel.

## A. Theorie und Arbeitsweise des einphasigen kompensierten Nebenschlußmotors.

### I. Gang der Untersuchung.

Bei den kompensierten ein- und mehrphasigen Kommutatormotoren hat der Rotor im allgemeinen zwei Aufgaben zu erfüllen.

Einerseits ist er die vom Netz gespeiste Erregerwicklung der Maschine und vertritt die Stelle der Magnetwicklung einer Synchronmaschine, andererseits nimmt er den Strom auf, der mit dem resultierenden Feld das nützliche Drehmoment bildet, und da dieser Strom meist durch Induktion vom Stator auf den Rotor übertragen wird, ist die Maschine gleichzeitig eine Induktionsmaschine.

Bei Nebenschlußmaschinen führt daher die Aufstellung der Gleichungen für die Stator- und Rotorströme zu wenig übersichtlichen Resultaten, insbesondere bei einphasigen Nebenschlußmotoren, bei denen das Drehfeld im allgemeinen nicht symmetrisch ist.

Die Wirkungsweise der Maschine läßt sich aber dadurch klarer erkennen, daß man die beiden Aufgaben, die der Rotor zu erfüllen hat, zunächst jede für sich betrachtet und dann nach dem Prinzip der Superposition übereinanderlagert. Dieser Weg soll im folgenden besprochen werden<sup>1)</sup>, er eignet sich besonders für die graphische Behandlung.

Wir betrachten also zunächst die Erregung der Maschine durch den Rotor.

Die Rotorwicklung ist an die nach Größe und Phase gegebene Klemmenspannung angeschlossen, die Statorwicklung ist vom Netz getrennt. Für eine beliebige Geschwindigkeit des Rotors ist die Größe und Phase der Rotorströme und Felder zu ermitteln und aus diesen ergibt sich die im Stator induzierte EMK.

<sup>1)</sup> Einer Anregung folgend, die ich Herrn J. L. la Cour verdanke.

Dieser Zustand entspricht dem Leerlauf einer fremderregten Maschine, er wird daher als Leerlaufzustand bezeichnet.

Zweitens sei der Stator an das Netz angeschlossen, die Rotorbürsten vom Netz getrennt und in sich kurzgeschlossen. Dieser Zustand werde als Kurzschlußzustand bezeichnet. Hierbei ist die Maschine ein Induktionsmotor, dessen Rotorwicklung über Kommutator und Bürsten kurzgeschlossen ist. Aus diesen beiden Zuständen ergibt sich dann der wirkliche Betriebszustand wie folgt.

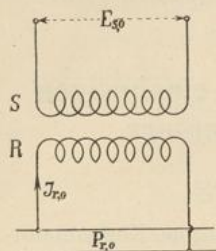


Fig. 1 a.

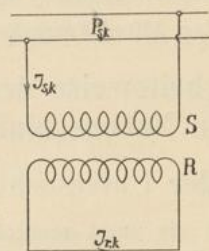


Fig. 1 b.

In Fig. 1 a und 1 b sind die beiden sich gegenseitig induzierenden Wicklungen, die Stator- und Rotorwicklung, schematisch durch die beiden Spulen S und R dargestellt.

Fig. 1 a stellt den Leerlaufzustand dar,

Fig. 1 b den Kurzschlußzustand.

Bei Leerlauf wird dem Rotor die Leerlaufspannung  $P_{r,0}$  zugeführt und er nimmt den Leerlaufstrom  $J_{r,0}$  auf. Im Stator wird die EMK  $E_{s,0}$  induziert.

Bei Kurzschluß, Fig. 1 b, wird dem Stator die Klemmenspannung  $P_{s,k}$  zugeführt, er nimmt den Strom  $J_{s,k}$  auf, während in dem kurzgeschlossenen Rotor der Strom  $J_{r,k}$  induziert wird.

Die einzige Bedingung, die zu erfüllen ist, um bei der Superposition den richtigen Betriebszustand zu erhalten, ist, daß sowohl am Stator wie am Rotor die (geometrische) Summe der bei Leerlauf und Kurzschluß bestehenden Spannungen gleich ist der tatsächlichen Betriebsspannung am Stator  $P_s$  bzw. am Rotor  $P_r$ .

Am Rotor ist die Klemmenspannung bei Leerlauf  $P_{r,0}$ , bei Kurzschluß Null, daher muß beim Leerlaufzustand

$$\mathfrak{P}_{r,0} = \mathfrak{P}_r \quad ^1)$$

sein, d. h. die richtige Betriebsspannung am Rotor wirken.

Am Stator ist die Spannung bei Leerlauf  $E_{s,0}$ , bei Kurzschluß  $P_{s,k}$  und damit

$$\mathfrak{E}_{s,0} + \mathfrak{P}_{s,k} = \mathfrak{P}_s$$

ist, muß

$$\mathfrak{P}_{s,k} = \mathfrak{P}_s - \mathfrak{E}_{s,0}$$

<sup>1)</sup> Spannungen, Ströme, Impedanzen usw. werden als Vektoren mit deutschen Buchstaben, ihre Beträge mit lateinischen Buchstaben bezeichnet.

sein, d. h. beim Kurzschlußzustand hat man auf den Stator die Differenz der Betriebsspannung und der bei Leerlauf induzierten EMK wirken zu lassen.

Dann ist der hierbei aufgenommene Statorstrom gleich dem Statorstrom beim Betriebszustand, weil der Statorstrom bei Leerlauf Null ist.

$$\mathfrak{I}_s = \mathfrak{I}_{sk}.$$

Der Rotorstrom ergibt sich als Summe des bei Leerlauf zugeführten und des bei Kurzschluß induzierten Stromes

$$\mathfrak{I}_r = \mathfrak{I}_{r_0} + \mathfrak{I}_{rk}.$$

Bei der Anwendung dieses hier allgemein beschriebenen Weges auf einen Nebenschlußmotor ergibt sich die besondere Bedingung, daß die Stator- und Rotorspannungen  $P_s$  und  $P_r$  dieselbe Phase haben. Numerisch sind die Spannungen nicht gleich groß, da der Stator meist für eine viel höhere Spannung gewickelt ist als für den Rotor erforderlich ist.

Es werde daher die Statorspannung gleich der Netzspannung  $P$  gesetzt, während die Rotorspannung etwa durch einen Transformator auf den Betrag  $P_r = kP$  verkleinert sein möge.

Fig. 2 stellt schematisch den einphasigen Nebenschlußmotor dar.  $S$  ist die Statorwicklung,  $R$  der Rotor mit Kommutator,  $T$  ein Nebenschlußtransformator.

Die Bürsten  $B_2—B_4$ , denen der Erregerstrom zugeführt wird, heißen im folgenden die Erregerbürsten, der Rotorstromkreis, den sie bilden, die Erregerwindungen des Rotors; die Bürsten  $B_1—B_3$  heißen die Arbeitsbürsten, der von ihnen gebildete und in sich kurzgeschlossene Stromkreis die Arbeitswindungen des Rotors.

Der Nebenschlußmotor ist bekanntlich zuerst in der amerikanischen Patentschrift 476346 vom 14. Nov. 1888 von Wightman beschrieben.

Unabhängig davon hat M. Latour das Prinzip der Rotorerregung mittels einphasigen Wechselstromes mit der in Fig. 2 dargestellten Bürstenanordnung in l'Industrie électrique 1902 zuerst veröffentlicht.

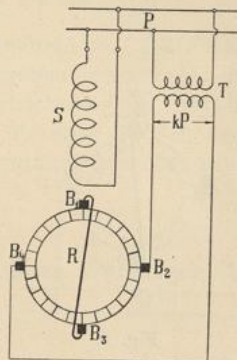


Fig. 2.

Die Tourenregulierung eines solchen Motors wurde zuerst ermöglicht durch die auf Stator und Rotor verteilte Erregung nach den deutschen Patenten 165053/54/55 von E. Arnold und J. L. la Cour.

## II. Leerlaufzustand. (Rotorerregung.)

1. Die Hauptfelder und ihre Beziehung zueinander. — 2. Einfluß der Oberfelder. — 3. Einfluß der Streuung und Kommutation. — 4. Grundgleichung. — 5. Ersatzstromkreis, Strom und Spannungsdiagramm. — 6. Einfluß der Kurzschlußströme.

### 1. Die Hauptfelder und ihre Beziehung zueinander.

Der Leerlaufzustand ist in Fig. 3 dargestellt.

Leitet man in die Erregerbürsten einen Wechselstrom ein, so entsteht ein Wechselfeld, dessen magnetische Achse in der Verbindungslinie  $B_2-B_4$ , quer zur Achse der Statorwicklung, liegt. Es werde als Querfeld bezeichnet.

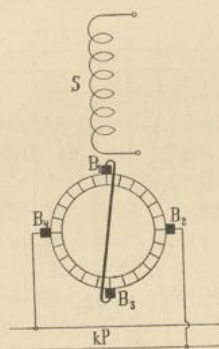


Fig. 3.

Steht der Rotor still, so induziert dieses Feld nur durch seine Pulsationen EMKe, die in den Ankerleitern zu beiden Seiten der Symmetrielinie  $B_2-B_4$  gleichgerichtet sind (Fig. 4a). Sie ergeben also eine resultierende EMK an den Erregerbürsten, zu deren Überwindung dem Rotor eine Spannung zugeführt werden muß, die dem Feld um  $1/4$  Periode voreilt und als Magnetisierungsspannung bezeichnet werde.

Wird der Rotor in Drehung versetzt, so bleibt das Querfeld im Raum stehen, und durch die Rotation in diesem Feld werden EMKe induziert, die zu beiden Seiten der neutralen Zone dieses Feldes  $B_1-B_3$  (Fig. 4a) gleichgerichtet sind und sich in bezug auf die Arbeitsbürsten  $B_1-B_3$  addieren. Die Richtung dieser EMKe ist für einen Augenblick, in dem das Querfeld von  $B_2$  nach  $B_4$  gerichtet ist, in Fig. 4b angedeutet, wobei Rechtsdrehung angenommen ist. Diese EMKe sind in Phase mit dem Querfeld, und ihm proportional und der Geschwindigkeit. Die resultierende EMK der Rotation würde z. B. bei geöffneter Kurzschlußverbindung an den Bürsten  $B_1 B_3$  gemessen werden können.

Ist die Verbindung geschlossen, so erzeugt die EMK einen Rotorstrom in den Arbeitswindungen, der ein Feld in der Achse der