

sprechend dem gemessenen Effektivwert  $E$ , entnommene Wert  $E_{H+W_L}$  für die Eisenverluste vergrößert sich im Verhältnis  $\left(\frac{B}{B_L}\right)^2$  und ergibt:

$$E_{H+W} = E_{H+W_L} \cdot \left(\frac{B}{B_L}\right)^2 = E_{H+W_L} \cdot \left(\frac{E_{max}}{E_{max_L}}\right)^2,$$

wenn  $B$  bzw.  $B_L$  die maximale Induktion im Ankereisen beim Belastungsstrom  $J$  bzw. bei offenem Ankerstromkreise,  $E_{max}$  bzw.  $E_{max_L}$  die entsprechenden Maximalwerte der im Anker induzierten EMK bedeuten. Letztere Werte können durch Aufnahme der Spannungskurven<sup>1)</sup> bei Belastung und Leerlauf ermittelt werden.

Der so ermittelte Eisenverlust, zusammen mit den Verlusten des unerregten Leerlaufes und weiterhin den schon obenerwähnten Verlusten im Anker des Generators und in der Erregermaschine, ergibt den Gesamtverlust bei belasteter Maschine. Bezüglich des Ohmschen Verlustes  $p \cdot J^2 \cdot w_a$  im Anker sei noch bemerkt, daß der Ankerwiderstand pro Phase  $w_a$  in bekannter Weise durch indirekte Widerstandsmessung mit Gleichstrom bei warmer Wickelung bestimmt wird; unter Berücksichtigung der Wirbelstromverluste im Kupfer und des etwaigen Einflusses der Eigenimpedanz<sup>2)</sup> ist der gefundene Wert von  $w_a$  mit etwa 1,5 zu multiplizieren, um den tatsächlich wirksamen Wert des Widerstandes zu erhalten.

## 6. Experimentelle Untersuchungen an asynchronen Mehrphasenmotoren.

Ich gehe jetzt über zu der Bestimmung der gleichen Größen bei Ein- und Mehrphasenmotoren. Die Leerlaufsarbeit wird ermittelt, indem man dem unbelasteten Motor einen Strom von normaler Spannung bei konstanter normaler Periodenzahl zuführt. Wird die Spannung vom Werte Null an allmählich gesteigert, so erhält man durch Auftragen der Spannungen als Abszisse und der dazugehörigen primären Stromstärken bzw. der durch Wattmetermessung bestimmten zugeführten Energie als Ordinaten die sogenannte Magnetisierungskurve bzw. die Kurve der Verluste; dieselben bestehen der Hauptsache nach aus den Eisen- und den Reibungsverlusten sowie zum kleinen Teile aus dem Kupferverluste, welcher durch den Primärstrom bedingt ist. Für die normale Spannung findet man aus der Stromkurve den entsprechenden Wert für den Leerlaufstrom. Da ferner durch den Belastungsversuch die Stromstärke für die Normalleistung des Motors bestimmt ist, so ist der prozentuale Wert des Leerlaufstromes von dem Vollaststrom auch gegeben. (Der Leerlaufstrom beträgt etwa 20 bis 35 Proz. des Vollast-

<sup>1)</sup> Näheres hierüber siehe: C. Heinke, Wechselstrommessungen und magnetische Messungen.

<sup>2)</sup> Siehe hierzu: Vorstehend genanntes Werk von Heinke.

stromes, dient aber zum größten Teile nur zur Magnetisierung, d. h. er ist bis auf einen kleineren Teil wattlos.)

Außerdem kann festgestellt werden, bei welcher Spannung der Motor seine normale Tourenzahl erreicht.

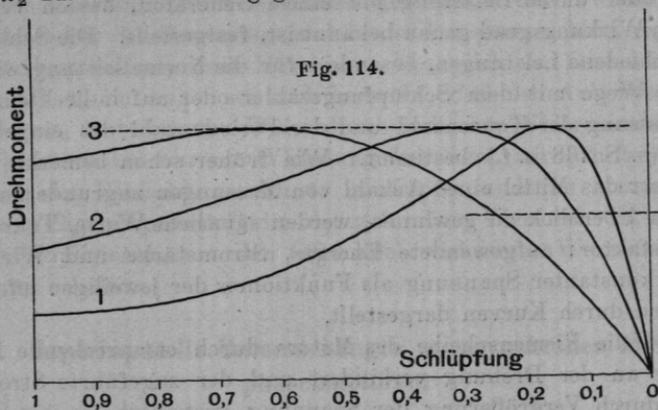
Sodann wird der Motor von Leerlauf auf seine normale und zwei- bis dreifache Leistung (ev. bis zum Abschneiden desselben, sofern die zulässige Erwärmung nicht vorher schon überschritten wird), gebracht, wobei der Stromverbrauch, die Spannung und mittels Energiemessers die zugeführte elektrische Leistung und somit auch die Phasenverschiebung bzw. der Leistungsfaktor zu bestimmen ist. Gleichzeitig sind Umdrehungszahl des Rotors, bzw. Schlüpfung und mechanische Leistung durch Messung bzw. Rechnung zu ermitteln. Die letztere wird durch Bremsversuch oder durch Belastung mit einem Generator, dessen Verhalten bezüglich Wirkungsgrad genau bekannt ist, festgestellt. Die Schlüpfung für verschiedene Leistungen, besonders für die Normalleistung wird auf direktem Wege mit dem Schlüpfungszähler oder auf indirektem Wege durch Messung der Tourenzahl und der Periodenzahl des eingeleiteten Stromes (s. S. 268 u. f.) bestimmt. Wie früher schon bemerkt, ist für jeden Wert das Mittel einer Anzahl von Messungen zugrunde zu legen. Um einen Überblick zu gewinnen, werden sämtliche Werte, Tourenzahl, Leistungsfaktor, aufgewendete Energie, Stromstärke und Wirkungsgrad bei konstanter Spannung als Funktionen der jeweiligen effektiven Leistungen durch Kurven dargestellt.

Wird die Riemenscheibe des Motors durch entsprechende Bremsbelastung an der Drehung verhindert und der zugeführte Strom allmählich durch Vergrößerung der Spannung gesteigert, so nimmt der Strom im Rotor proportional dem Primärstrom zu. Die Verschiebung des Rotorstromes gegen den Primärstrom beträgt dabei nahezu  $180^\circ$ . Die Stromkurve — in Abhängigkeit von der Spannung — verläuft geradlinig bis zur erfolgten Sättigung des Eisens; sodann tritt eine Krümmung derselben ein. Das Anzugsdrehmoment ergibt sich als Produkt von Bremskraft und Hebelarm derselben, wenn sich der Hebel der Bremse im labilen Gleichgewichte befindet. — Die Abhängigkeit des Primärstromes und des Drehmomentes für den Anlauf von der jeweiligen zugeführten Spannung kann man durch entsprechende Kurven graphisch darstellen. Handelt es sich um einen Motor mit Schleifringen, also mit veränderlichem Rotorwiderstand, so ist die Anzugskraft bzw. das entsprechende Drehmoment für verschiedene Widerstände des sekundären Stromkreises verschieden und zwar entspricht einem größeren Widerstande ein größeres Anzugsmoment. Ferner fällt das maximale Drehmoment, das im übrigen für einen Motor unabhängig vom Widerstande immer dieselbe Größe hat, bei höherem Rotorwiderstande mit einem höheren Werte der Schlüpfung zusammen. In der beigelegten Skizze (Fig. 114) ist der Verlauf der Drehmomentkurve für veränderliche Schlüpfung dargestellt und zwar für drei Widerstände

des Rotorstromkreises, die sich wie 1:2:4 verhalten. Das Drehmoment ist für einen gegebenen Motor lediglich eine Funktion des Verhältnisses:

$$\frac{\text{Schlüpfung } s}{\text{sekundären Widerstand } w_2},$$

und ist somit für gleiche Drehmomente die Schlüpfung proportional dem Widerstande  $w_2$ . Auf Grund dieser Beziehung gewinnt man aus einer Drehmomentkurve diejenige für ein anderes  $w_2$  durch entsprechende Veränderung der jeweiligen Abszissen Größen. In der Figur sind die beiden oberen Kurven 2 und 3 entsprechend der Zunahme des Widerstandes durch Verdoppelung bzw. Vervielfachung der Schlüpfungswerte der Kurve 1 erhalten. Die Anzugskraft (Schlüpfung  $s = 1$ ) nimmt mit dem Widerstande  $w_2$  zu. Der Wirkungsgrad des Motors dagegen ist bei hohem



sekundären Widerstände geringer, da in der sekundären Wicklung der Verlust durch Stromwärme bei dem höheren Widerstande bedeutender ist<sup>1)</sup>.

Von weiterem Werte für die Praxis sind ferner die Temperaturerhöhungen bei normalen und anderen Dauerbelastungen und bei intermittierendem Betriebe. Diese Temperaturwerte können als Funktion der Zeit für eine bestimmte Leistung oder auch bei Wahl der gemessenen Endtemperaturen als Funktion der Pferdestärken zur Darstellung gebracht werden. Alle weiteren für den Betrieb interessanten Faktoren lassen sich in ähnlicher Weise in Kurvenform graphisch wiedergeben.

#### Erstes Beispiel.

#### Prüfung an einem Drehstromgenerator der Union Elektrizitäts-Gesellschaft.

Die vorliegende Maschine war für eine (verkettete) Spannung von 230 Volt bei einer normalen Stromstärke von 314 Amp. (Sternschaltung) bestimmt; sie leistete bei induktionsfreier Belastung ( $\cos \varphi = 1$ ):

$$\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 314 = 125000 \text{ Watt.}$$

<sup>1)</sup> Siehe auch: Kapp, Elektrische Kraftübertragung, 2. Aufl., Kap. IX.