

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Die Eisenverluste in elliptischen Drehfeldern

Radt, Martin

Berlin, 1911

9. Die Korrekturen

[urn:nbn:de:bsz:31-274924](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-274924)

Die zu den Versuchen benutzte Feder war 5 mm stark. Eine dickere Feder zeigte dieselben Erscheinungen, wenn auch nicht ganz so deutlich.

Die durch die Feder übertragenen Watt berechnen sich zu

$$\text{Watt} = \frac{\vartheta \cdot n}{974}.$$

Bei 300 Umdrehungen entspricht also 1° Verdrehung 0,9 Watt, bei 1200 Umdrehungen 3,2 Watt. Da man $\frac{1}{2}^\circ$ noch sicher ablesen kann, ist die Genauigkeit der Meßmethode sehr gut.

Zur Bestimmung der Induktion im Luftspalt wurde der Rotor mit einer Prüfspule versehen, die eine Polteilung umfaßte. Sie bestand aus 12 Windungen Emailedraht von 0,25 mm Durchmesser und lag in einer Nut von etwa 1 mm Breite und 2 mm Tiefe. Die induzierte EMK wurde teils mit einem Westonvoltmeter von 150 Ohm Widerstand, teils mit einem Spiegelinstrument von mehreren 1000 Ohm Vorschaltwiderstand gemessen, so daß der Spannungsabfall des Meßstromes zu vernachlässigen war. Bei verschiedenen Sättigungen wurde oszillographisch die Kurve der EMK in der Prüfspule aufgenommen und daraus der Formfaktor der Welle bestimmt. Da die Sättigungen, um die Feldform nicht zu verzerren, klein gehalten wurden, änderte sich der Formfaktor von der größten bis zur kleinsten Sättigung nur um 1%.

9. Die Korrekturen.

Um die Größe der Eisenverluste selbst zu bestimmen, sind an den gemessenen Werten im allgemeinen eine Reihe von Korrekturen vorzunehmen. Neben den Korrekturen, die die abgelesenen Werte an Hand der Eichkurven der Instrumente erfahren, ist von großer Bedeutung die Berücksichtigung der Stromwärmeverluste, die oft 30 bis 50% und mehr der ganzen gemessenen Leistung betragen. Die Bestimmung des Ohmschen Widerstandes der Statorwicklung genügt, obwohl dies oft allein ausgeführt wird, nicht. Bei Wechselstrom treten durch den Skineneffekt und die in den massiven Kupferleitern induzierten Wirbelströme zusätzliche Verluste auf, deren Größe man ungefähr kennen muß. Auch treten bei zunehmender Sättigung der Zähne andere Streuverhältnisse für die Nuten ein, und die von den Streuflüssen herrührenden zusätzlichen Eisenverluste ändern sich. Alle diese Verluste kann man unter den Begriff Stromwärmeverluste zusammenfassen, wobei ein mit dem Strome wachsender Widerstand r einzuführen ist. Zur Bestimmung von r wurde folgender Versuch gemacht:

Bei Stillstand des Rotors wurde nach der Schaltung Fig. 19 Strom in eine Statorphase geschickt und Strom und Leistung gemessen. Die zugeführte Leistung ist hierbei $W = PJ \cos \varphi$. Wäre es nun möglich, die in der Phase induzierte EMK E zu bestimmen und die Leistung $EJ \cos \psi$ zu messen, so ist die Differenz

$$PJ \cos \varphi - EJ \cos \psi = J^2 r,$$

also gleich den gesamten „Stromwärme“-Verlusten. Nun induziert das Hauptfeld, das in der einen betrachteten Phase E erzeugt, auch die beiden andern Statorphasen, und E steht zu den beiden anderen EMKs in einem bestimmten, berechenbaren Verhältnis.

Legt man also statt der Klemmenspannung P die in einer der beiden anderen Statorphasen induzierte EMK E' an die Spannungsspule des Wattmeters, so zeigt dies eine Leistung $E'J \cos \psi$ an, die man nur mit dem bekannten Verhältnis $E:E'$ zu multiplizieren hat, um die gesuchte Leistung $EJ \cos \psi$ zu finden. Da es günstig ist, für die beiden Leistungsmessungen nicht allzu weit auseinanderliegende Teile der Wattmeterskala zu benutzen, wurden die beiden anderen Statorphasen gegeneinander geschaltet und die Spannung $2E'$, wie die Fig. 19 zeigt, an das Wattmeter geführt.

Zunächst ist das Verhältnis der induzierten EMKs $E:E'$ zu bestimmen. Der Stator besitzt im vorliegenden Falle 3 Nuten pro Pol und Phase, und bei Erregung der Phase I entsteht ein treppenförmiges Feld, wie es in Fig. 20 stark ausgezogen ist. Wir wollen die Höhe der ersten Stufe mit 1, die der zweiten mit 2 bezeichnen und die Kraftlinienverkettungen berechnen, die Phase I mit dem von ihr erzeugten Felde besitzt. Die Polteilung denken wir uns der Nutenzahl entsprechend in 9 Teile geteilt. Ein Maß für die Verkettungen ist jedesmal die Fläche, die die über der betreffenden Spule errichteten Ordinaten aus der Feldkurve schneiden. Für die mittlere Spule der Phase I ist diese Fläche

$$1 \cdot 1 + 7 \cdot 3 + 1 \cdot 1 = 23.$$

Für die beiden äußeren Spulen je $7 \cdot 3 = 21$, insgesamt für Phase I $= 2 \cdot 21 + 23 = 65$.

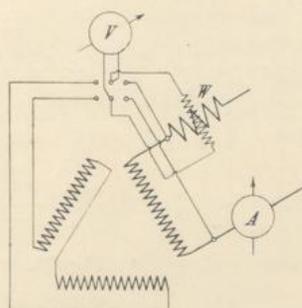


Fig. 19. Schaltung zur Messung des effektiven Widerstandes der Statorwicklung.

Für die linke Spule der Phase II ist punktiert die betreffende Fläche abgegrenzt. Im ganzen haben wir für Phase II

$$5 \cdot 3 + 3 \cdot 3 + 1 \cdot 3 = 27.$$

Das Verhältnis der in den Phasen I und II vom Hauptkraftflusse induzierten EMKe ist also $65 : 27 = 2,41$.

Nun weicht der wirkliche Verlauf der Feldkurve von der Treppenform ab. Um ihn zu finden, wurde Phase I mit Gleich-

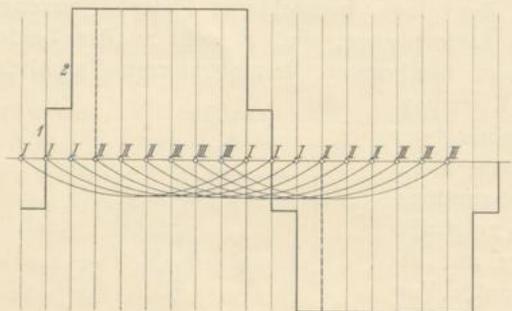


Fig. 20.

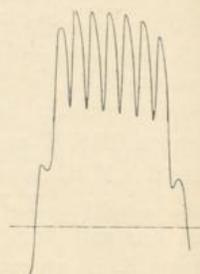


Fig. 21.

strom erregt, und die bei Rotation in diesem Felde in der Prüfspule induzierte EMK oszillographisch aufgenommen. Diese EMK-Kurve ist in Fig. 21 wiedergegeben, sie stellt zugleich die Feld-

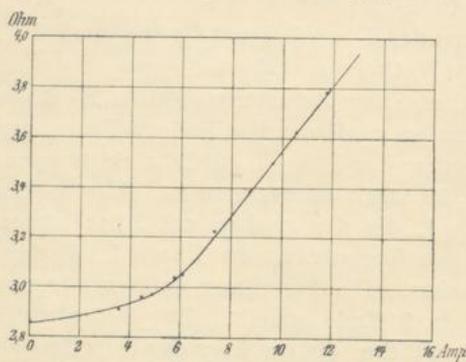


Fig. 22. Abhängigkeit des effektiven Widerstandes von der Stromstärke.

Die nach diesem Verfahren gefundenen Werte des Widerstandes r sind in Fig. 22 als Funktion des Stromes aufgetragen. Der Gleichstromwiderstand betrug bei 18°C $0,286 \text{ Ohm}$. Die Erhöhung von r

kurve dar. An dieser Feldkurve wurde das eben beschriebene Verfahren ebenfalls ausgeführt, und die Flächen planimetriert. Das Ergebnis war die Verhältniszahl $2,46$. Es wurden nun Feldkurven bei verschiedenen Sättigungen aufgenommen, doch waren die Resultate untereinander wenig verschieden. Im Mittel war die Verhältniszahl $2,45$, also für die Phasen II und III zusammen $1,225$.

ist zunächst sehr gering, bei $J=6$ etwa 5%, und steigt dann geradlinig an. Die Periodenzahl hat auf die Erhöhung von r keinen meßbaren Einfluß. Da bei den nachfolgenden Untersuchungen der Strom maximal 8 Amp. betrug, war die Erhöhung von r im allgemeinen gering.

Um den Einfluß der Temperatur auf die Eisenverluste möglichst auszuschalten, wurde jede Versuchsreihe so schnell es ging ausgeführt. Die Temperaturerhöhung der Maschine war im allgemeinen am Ende einer Versuchsreihe 1 bis 2° C über der Anfangstemperatur und war bei großen Tourenzahlen gleich 0. Nach jeder Versuchsreihe wurde der Motor durch die Antriebsmaschine so lange auf etwa 1000 Touren gehalten, bis die Anfangstemperatur wieder erreicht war. Die Temperaturerhöhung wurde bestimmt durch ein Thermometer auf dem Statorrücken und aus der Widerstandserhöhung der Statorwicklung und der Prüfspule des Rotors. In den ganzen Wechselfeldversuchen betrug der maximale Temperaturunterschied 5° C, bei den Versuchen im elliptischen Feld nur 2° C, so daß eine Korrektur nicht vorzunehmen war.

Um ferner Feldverzerrungen zu vermeiden, wurde bei niedrigen Induktionen gearbeitet, maximal im Stator 7500, im Rotor 14200. Der Formfaktor der EMK-Kurve in der Rotorprüfspule sank von der kleinsten bis zur größten Sättigung von 1,11 auf 1,095.

Von Wichtigkeit ist auch eine am ganzen Umfange konstante Größe des Luftspaltes. Um dies zu prüfen, wurde der Stator mit Dreiphasenstrom gespeist, und der Rotor in dem Felde langsam von Hand gedreht. In der Prüfspule muß dann überall die gleiche EMK induziert werden (abgesehen von den örtlichen Schwankungen durch die Zähne und Nuten), und die Lagerschilde wurden so lange verschoben, bis dies erreicht war. Diese Untersuchungsmethode¹⁾ ist sehr genau. Ist der Luftspalt auf einer Seite z. B. um 10%, also hier um $\frac{1}{20}$ mm zu groß, so mißt man an dieser Stelle eine etwa 10% kleinere Spannung, im vorliegenden Falle z. B. 1,5 Volt weniger.

10. Die Versuchsergebnisse und ihre Auswertung.

Um zunächst einen Überblick über die Güte des Eisens und Vergleichswerte für die späteren Untersuchungen zu bekommen, wurden die Verluste im Kreisdrehfeld in bekannter Weise²⁾ gemessen und getrennt. Es wurden zuerst bei verschiedenen Induk-

¹⁾ Sie rührt von Dr.-Ing. Fraenckel her.

²⁾ s. E. Arnold, Wechselstromtechnik, Bd. V, S. 313 bis 323.