©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Über Drehstrommotoren

Dr. **G. Schilling.**

(Mit 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. Mai 1892.)

Die Drehstrommotoren haben bald nach ihrer Erfindung, noch mehr aber seit ihrer praktischen Erprobung bei der Kraftübertragung von Lauffen nach Frankfurt a. M. die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Es wird daher nicht ungerechtfertigt erscheinen, dass auf den folgenden Blättern neuerdings der Versuch unternommen wird, eine Theorie dieser Motoren zu entwickeln.

Eine eingehende Beschreibung eines Motors darf wohl als überflüssig weggelassen werden, schon aus dem Grunde, weil die Darstellung nicht an ein bestimmtes System gebunden ist. Vorausgesetzt wird diesbezüglich nur, dass die durch Wechselströme von bestimmter Phasendifferenz erregten feststehenden Elektromagnete des Motors ein gleichmässig rotirendes Magnetfeld ohne Pulsationen erzeugen. Bekanntlich ist aber diese Forderung am besten bei jenen Motoren verwirklicht, zu deren Erregung eine grössere Anzahl von Wechselströmen in Anspruch genommen wird.

Als weitere Annahme gilt, dass der cylindrische Anker des Motors aus Eisen bestehe. Damit jedoch die Ströme im Eisen vermieden werden, sei derselbe aus kreisförmigen Platten aufgebaut, die gegeneinander isolirt sind. Längs des Cylindermantels laufen isolirte Kupferdrähte (Stäbe), von denen je zwei diametral gegenüberliegende durch Querstücke zu einem vollständigen Stromkreise verbunden sein mögen. Statt der hier angenommenen Querstücke trägt z. B. in den Motoren von

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Dobrovolsky der Anker Endplatten aus gut leitendem Materiale, in welche die Stäbe eingelassen sind; es ist aber ersichtlich, dass unsere Annahme keinen wesentlichen Unterschied bedingt.

Bei der Rotation des Feldes werden in den Kupferdrähten Ströme inducirt und durch die ponderomotorische Wirkung des Feldes auf die von diesen Strömen durchflossenen Leiter und auf den durch diese Ströme magnetisirten Anker, der letztere in Bewegung versetzt.

Zur Berechnung der Arbeit, welche der Anker bei seiner Drehung leisten kann, ist zunächst die Kenntniss der in den Ankerwindungen kreisenden Ströme erforderlich. Diese Ströme verdanken nun ihre Entstehung der Änderung der Zahl der eine jede Ankerwindung durchsetzenden magnetischen Kraftlinien bei der Drehung des Feldes. Es ist aber hiebei nicht jenes Feld ins Auge zu fassen, welches von den festen Elektromagneten allein erzeugt wird; denn die inducirten Ströme, welche auch den Anker magnetisiren, ändern das gegebene Feld sowohl der Richtung als auch der Intensität nach ab, und dieses resultirende Feld muss der Berechnung der inducirten Ströme zu Grunde gelegt werden. Dieses Feld aber wird, sobald einmal die Drehungsgeschwindigkeit des Ankers constant geworden ist, selbst auch constant sein und sich in gleichförmiger Bewegung befinden. Dasselbe wird jedoch um einen gewissen Winkel von dem ursprünglich vorhandenen Felde abweichen. Die mittlere magnetische Induction, welche das resultirende Feld im Anker hervorbringt, sei R, der früher erwähnte Winkel ε, das magnetische Feld mache in der Secunde N Umdrehungen, der Anker in derselben Zeit nur n Umläufe. (Selbstverständlich ist bei einem Motor $n < N$, weil sonst die inducirten Ströme die Bewegung des Ankers hemmen müssten.) Die Verhältnisse sind dann geradeso, als ob der Anker bei stillstehendem Felde in der Secunde $N - n = \nu$ Umdrehungen im entgegengesetzten Sinne ausführen würde.

Wir betrachten nun eine Windung, deren Normale zur Zeit t den Winkel α mit der Richtung der Kraftlinien des resultirenden Feldes bildet, und meinen damit jene Richtung der Normale, welche zur Zeit $t = 0$ in die positive Richtung der Kraftlinien fällt. Dann ist $\alpha = 2\nu\pi t$.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Intensität i des in dieser Windung zur Zeit t verlaufenden Stromes ist dann durch die Gleichung

$$iw = -\frac{d\mathfrak{N}}{dt}$$

gegeben. w ist der Widerstand des Stromkreises, $\mathfrak{N}$ die Gesammtzahl der die Ebene der Windung durchsetzenden Kraftlinien. In $\mathfrak{N}$ sind also auch die von dem Strome in dieser Windung herrührenden Kraftlinien enthalten, so dass die Selbstinduction dieser Windung nicht noch besonders zu berücksichtigen sein wird.

Das Vorzeichen ist so gewählt, dass einer Abnahme der Kraftlinien eine direct gerichtete oder positive elektromotorische Kraft entspricht, wobei jene Seite der Windungsebene, auf welcher die Kraftlinien eintreten, im Sinne des Zeigers einer Uhr vom Strome umflossen erscheint. Ist F die Windungsfläche (ein Achsenschnitt des cylindrischen Ankers), so ist

$$\mathfrak{N} = FR\cos\alpha = FR\cos 2\nu\pi t$$

die Gleichung für i wird nun

$$wi = 2\nu\pi . FR \sin 2\nu\pi t$$

$$i = \frac{2\nu\pi . FR}{w}\sin 2\nu\pi t = i_0 \sin\alpha;$$

i_0 ist die Maximalstromstärke und α der Winkel, den die Normale der Windung mit der Richtung des resultirenden Feldes bildet. Dieses Feld schliesst mit dem von den festen Elektromagneten erzeugten Felde den Winkel ε ein. Um diesen berechnen zu können, ist die Kenntniss der beiden Componenten erforderlich, welche das R zusammmensetzen. Die eine ist die magnetische Induction durch die Elektromagneten, die zweite die der Ankerwindungen.

Die von einer Windung herrührende mittlere magnetisirende Kraft sei

$$ai = ai_0 \sin\alpha.$$

Diese Kraft wird in zwei Componenten zerlegt, eine in der Richtung des resultirenden Feldes $ai_0 \sin\alpha\cos\alpha$, die andere

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

senkrecht darauf $a i_0 \sin^2 \alpha$. Sind im Ganzen Windungen gleichmässig über den Anker vertheilt, so wird die Summe der von allen Windungen herrührenden Componenten

$$\frac{}{\pi}\int_0^\pi a i_0 \sin\alpha \cos\alpha d\alpha = 0, \text{ resp. } \frac{z}{\pi}\int_0^\pi a i_0 \sin^2\alpha d\alpha = a i_0 \frac{z}{2}.$$

Die der letzteren Kraft entsprechende mittlere magnetische Induction im Anker ist

$$B_1 = a i_0 \frac{z}{2} \mu,$$

wenn mit μ die magnetische Leitungsfähigkeit des Ankers bezeichnet wird. Man wird dieses μ als constant betrachten können, u. zw. noch für ziemlich grosse Kräfte, wenn nur der Achsenschnitt des Ankers genügend gross ist.

Es sei ferner H die Intensität des Feldes der Elektromagnete; die entsprechende magnetische Induction im Anker wird dann

$$B_2 = H . \mu.$$

Diese zwei Grössen B_1 und B_2 sind, wie schon hervorgehoben wurde, die Componenten von R.

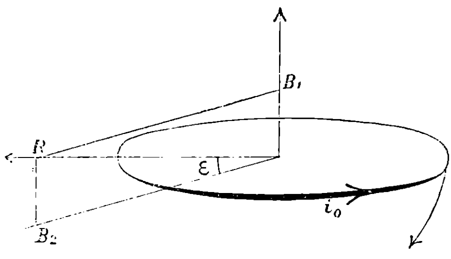

Fig. 1.

Aus der Figur ergibt sich

$$B_2^2 = B_1^2 + R^2$$

Diese Gleichung kann zur Bestimmung des R dienen; dabei muss aber berücksichtigt werden, dass auch B_1 das R enthält. Es war nämlich

$$B_1 = a i_0 \frac{z}{2} \mu = a \frac{z}{2} \mu . \frac{2\nu\pi F}{w} R = bR.$$

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Nun wird

$$B_2^2 = b^2 R^2 + R^2$$

und daraus folgt

$$R = \frac{B_2}{\sqrt{1+b^2}} = \frac{\mu H w}{\sqrt{w^2 + 4\nu^2\pi^2 L^2}}.$$

$L = a\frac{z}{2}F\mu$ ist der Coëfficient der Selbstinduction des Ankers.

Man erhält ferner

$$i_0 = \frac{\mu H \,.\, 2\nu\pi F}{\sqrt{w^2+4\nu^2\pi^2 L^2}}, \qquad B_1 = \frac{\mu H \,.\, 2\nu\pi L}{\sqrt{w^2+4\nu^2\pi^2 L^2}}.$$

Mit Hilfe der Figur findet man auch

$$\cos\varepsilon = \frac{R}{B_2} = \frac{w}{\sqrt{w^2+4\nu^2\pi^2 L^2}}, \quad \sin\varepsilon = \frac{2\nu\pi L}{\sqrt{w^2+4\nu^2\pi^2 L^2}}.$$

Das Drehungsmoment und die geleistete Arbeit.

Das Feld H übt auf die von den inducirten Strömen durchflossenen Ankerwindungen und auf den magnetisirten Eisenkern des Ankers Drehungsmomente D_1, bezüglich D_2 aus. Um D_1 zu finden, kann man jeden Stromkreis durch eine magnetische Doppelplatte ersetzt denken. Das Moment einer solchen Platte, deren Normale mit der Richtung R den Winkel α bildet, ist $iF = i_0 F \sin\alpha$. Dieses Moment wird in zwei Componenten zerlegt, die eine in der Richtung R, die andere senkrecht auf dieser; sie sind

$$i_0 F \sin\alpha \cos\alpha \text{ beziehungsweise } i_0 F \sin^2\alpha.$$

Die Summen aller derartigen Componenten sind

$$\frac{z}{\pi}\int_0^\pi i_0 F \sin\alpha\cos\alpha\, d\alpha = 0, \quad \text{und} \quad \frac{z}{\pi}\int_0^\pi i_0 F \sin^2\alpha\, d\alpha = i_0 F\frac{z}{2}.$$

Die Richtung des letzteren magnetischen Momentes bildet mit der Richtung H den Winkel $\frac{\pi}{2}+\varepsilon$; das Drehungsmoment ist somit

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$$D_1 = Hi_0 F \frac{z}{2} \sin\left(\frac{\pi}{2} + \varepsilon\right) = Hi_0 F \frac{z}{2} \cos \varepsilon.$$

Der Anker ist so magnetisirt, dass die ganze Induction R beträgt. Dieser Grösse ist sein magnetisches Moment proportional; es sei cR. Dann ist

$$D_2 = HcR \sin \varepsilon.$$

Das gesammte Drehungsmoment ist

$$D = Hi_0 F \frac{z}{2} \cos \varepsilon + HcR \sin \varepsilon.$$

Nach Einsetzung der entsprechenden Werthe erhält man

$$D = \mu H^2 w \frac{z}{2} \quad \frac{2\nu\pi F}{w^2 + 4\nu^2\pi^2 L^2} [F + ac\mu] = G \cdot \frac{2\nu\pi}{w^2 + 4\nu^2\pi^2 L^2}.$$

Zur Abkürzung wurde hiebei gesetzt

$$G = \mu H^2 w \frac{z}{2} F[F + ac\mu].$$

Da nun angenommen wurde, dass der Anker in der Secunde n Umdrehungen macht, so ist die während dieser Zeit gewonnene Arbeit:

$$A = 2n\pi . D = G \cdot \frac{4n\nu\pi^2}{w^2 + 4\nu^2\pi^2 L^2}.$$

Wärme in den Ankerwindungen.

In einer Windung wird während einer Umdrehung die Wärme

$$w \int_0^{\frac{1}{\nu}} i^2 dt = w i_0^2 \int_0^{\frac{1}{\nu}} \sin^2 2\nu\pi t \, dt = w i_0^2 \frac{1}{2\nu}$$

entwickelt. In allen Windungen zusammen entsteht daher in jeder Secunde die Wärmemenge.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$$Q = w i_0^2 \frac{1}{2\nu} . z . \nu = w \mu^2 H^2 \frac{\ }{2} F^2 \frac{4\nu^2\pi^2}{w^2+4\nu^2\pi^2L^2}$$

$$Q = K . \frac{4\nu^2\pi^2}{w^2+4\nu^2\pi^2L^2} .$$

Zur Abkürzung wurde hiebei gesetzt

$$K = \mu^2 H^2 w \frac{\ }{2} F^2$$

In den soeben aufgestellten Ausdrücken für A und Q kommt neben den Constanten des Motors auch noch die Grösse $\nu = N - n$ vor. Während nun N nur von der Periode der angewendeten Wechselströme abhängt, somit als gegeben zu betrachten ist, wird n nothwendig auch von der jeweiligen Belastung des Motors abhängen. Um jenes n wird es sich aber hauptsächlich handeln, für welches die vom Motor geleistete Arbeit A bei einer gegebenen Feldstärke H ein Maximum wird. Man findet dieses $n = n_1$ aus der Gleichung

$$\frac{dA}{dn} = 0.$$

Diese ergibt[1]

$$n_1 = \frac{w^2+4N^2\pi^2L^2 - w\sqrt{w^2+4N^2\pi^2L^2}}{4N\pi^2L^2} =$$

$$= N \frac{1}{1+\frac{w}{\sqrt{w^2+4N^2\pi^2L^2}}}$$

und nun wird

$$\nu_1 = N - n_1 = \frac{w\left[\sqrt{w^2+4N^2\pi^2L^2} - w\right]}{4N\pi^2L^2} = N \frac{\frac{w}{\sqrt{w^2+4N^2\pi^2L^2}}}{1+\frac{w}{\sqrt{w^2+4N^2\pi^2L^2}}} .$$

Die Gleichung für n ist quadratisch und liefert zwei Auflösungen; die eine Wurzel kann gleich weggelassen werden, weil sie grösser als N ist, bei einem Motor daher gar nicht in Betracht kommen kann.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Diese ausgezeichneten Werthe von n und ν sind also von der Feldstärke unabhängig, wenigstens solange als $L = a\mu F\frac{z}{2}$ als constant gelten kann. Bei stärkerer Magnetisirung des Ankers wird μ, somit auch n_1 sinken, ν_1 dagegen steigen.

Die Arbeit, welche zu den hier berechneten Grössen n_1 und ν_1 gehört, und die also das Maximum der bei einer bestimmten Feldstärke zu gewinnenden Arbeit darstellt, ist

$$A_1 = \frac{G}{2wL^2}\left[\sqrt{w^2+4N^2\pi^2L^2}-w\right] = \frac{G.2N^2\pi^2}{w\left[\sqrt{w^2+4N^2\pi^2L^2}+w\right]}.$$

Man findet endlich die hiebei in den Ankerwindungen auftretende Wärmemenge

$$Q_1 = A_1\frac{N-n_1}{n_1} = \frac{K}{2L^2}\left[1-\frac{w}{\sqrt{w^2+4N^2\pi^2L^2}}\right] =$$

$$= K\frac{2N^2\pi^2}{\sqrt{w^2+4N^2\pi^2L^2}\left[\sqrt{w^2+4N^2\pi^2L^2}+w\right]}.$$

Es ist interessant, an dieser Stelle die Specialisirungen vorzunehmen, welche zu der ersten theoretischen Betrachtung der Drehstrommotoren durch Ferraris hinüberleiten.

Nimmt man an, dass der Anker kein Eisen enthält und sieht man gleichzeitig von der Selbstinduction der Ankerwindungen ab, so wird für das Maximum der Arbeit

$$n_0 = \frac{N}{2} \qquad A_0 = H^2\frac{z}{2}F^2\frac{N^2\pi^2}{w} = Q_0.$$

Der nutzbare Theil der im Motor erzeugten Energie, nämlich die Arbeit A_0, ist gleich dem als Wärme auftretenden Antheil, so dass der Wirkungsgrad eines solchen Motors (selbst wenn man von der Wärme in den Windungen der feststehenden Elektromagnete absieht) nicht über $50^0/_0$ steigen könnte. Man konnte daher, so lange man sich dieser Formeln bediente, auf theoretischem Wege den Motoren keinen günstigen Wirkungsgrad vorhersagen. Dass aber in der That bei den Motoren verschiedener Construction ein besseres Verhältniss zwischen der nutzbaren und der verlorenen Energie bestehen kann, geht

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

ohneweiters aus unseren allgemeinen Gleichungen für A_1 und Q_1 hervor.

Man hat nämlich beim Maximum der Arbeit

$$\frac{A_1}{Q_1} = \frac{G}{K}\sqrt{1+\frac{4N^2\pi^2L^2}{w^2}}$$

oder bei Berücksichtigung der Werthe für L, G und K (Seite 5, 6, 7)

$$\frac{A_1}{Q_1} = \frac{ca\mu+F}{\mu F}\sqrt{1+\frac{N^2\pi^2a^2z^2\mu^2F^2}{w^2}}.$$

Nimmt man $a = 0$ und $\mu = 1$, $c = 0$, d. h., vernachlässigt man die Selbstinduction und nimmt an, dass der Anker kein Eisen enthalte, so folgt

$$\frac{A_0}{Q_0} = 1,$$

wie bereits gezeigt wurde.

Hält man nur die letztere Annahme aufrecht, zieht jedoch die Selbstinduction in Rechnung, so wird

$$\frac{A^1}{Q^1} = \sqrt{1+\frac{N^2\pi^2a^2z^2F^2}{w^2}},$$

also jedenfalls günstiger als bei Vernachlässigung der Selbstinduction.

Ob nun auch der allgemeine Ausdruck $\frac{A_1}{Q_1}$ grösser ist als 1, ist nicht ohneweiters ersichtlich, da dieser Ausdruck die Grösse μ, welche je nach den Dimensionen des Ankers verschiedene Werthe annehmen kann — die aber alle bedeutend grösser sind als 1 — im Zähler sowie im Nenner enthält. Die nachstehende Überlegung führt zum Ziele.

Ist die gesammte magnetisirende Kraft, die auf den Anker ausgeübt wird, P, so ist die magnetische Induction $P\mu (= R)$, das magnetische Moment des Ankers $c.P\mu$; ferner ist $ai_0\frac{z}{2}$ die magnetisirende Kraft, welche die Ankerwindungen erzeugen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$cP\mu . ai_0\frac{z}{2}$ ist somit das Potential der Ströme in den Ankerwindungen auf den magnetisirten Anker.

Anderseits ist μP die inducirte Kraftströmung, welche durch den Querschnitt 1 des Eisens geht. Füllt das Eisen den Raum innerhalb der Windungen ganz aus, dann ist $F\mu P$ die Zahl der Kraftlinien, welche durch den grössten Querschnitt des Eisens, aber auch durch die Fläche jener Windung gehen, deren Normale in die Richtung der Kraftlinien fällt und die vom Strome i_0 durchflossen wird. Auf eine Fläche, deren Normale mit der Kraftströmung den Winkel α bildet, und die nach dem früheren vom Strome $i_0 \sin \alpha$ umkreist wird, treffen $F\mu P \cos \alpha$ Kraftlinien; das Potential des Magnetes auf diese Windung ist daher $i_0 \sin \alpha F\mu P \cos \alpha$, das Potential auf alle Ankerwindungen

$$\frac{z}{\pi}\, i_0 F\mu P \int_0^\pi \sin \alpha \cos \alpha . d\alpha = \frac{z}{2}\, i_0 F\mu P$$

Man sieht nunmehr, dass $ca/F = 1$ ist, der Ausdruck für A_1/Q_1 wird demnach

$$\frac{A_1}{Q_1} = \left(1+\frac{1}{\mu}\right)\sqrt{1+\frac{N^2\pi^2a^2z^2\mu^2F^2}{w^2}}.$$

$\frac{1}{\mu}$ kann aber in den meisten Fällen gegen 1 vernachlässigt werden, so dass der Ausdruck noch einfacher wird. Man sieht jedoch sofort, dass jedenfalls $\frac{A_1}{Q_1} > \frac{A^1}{Q^1}$, weil im zweiten Gliede unter der Wurzel noch der Factor μ auftritt. Zugleich ersieht man auch, dass man trachten muss, das μ gross zu machen, wenn es sich darum handelt, ein günstiges Verhältniss der gewonnenen Arbeit zu der gleichzeitig auftretenden Wärme zu erhalten.

Bevor nun dazu übergegangen wird, den Wirkungsgrad eines Drehstrommotors zu bestimmen, möge noch eine kleine Betrachtung über das Drehungsmoment in einem solchen Motor Platz finden. Es war

$$D = G . \frac{2(N-n)\pi}{w^2+4(N-n)^2\pi^2L^2}.$$

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Das Maximum des Drehungsmomentes tritt ein, wenn

$$\frac{dD}{dn} = 0, \text{ d. i. für } n = n_2 = N - \frac{w}{2\pi L}.$$

Hier ist also $\nu_2 = N - n_2 = \frac{w}{2\pi L}$.

Das Maximum der Arbeit lag bei

$$N - n_1 = \frac{w}{2\pi L}\left[\sqrt{\frac{w^2+4N^2\pi^2L^2-w}{2N\pi L}}\right].$$

Da nun der Ausdruck in der Klammer kleiner ist als 1, wird

$$N - n_1 < N - n_2$$
$$n_2 < n_1$$

Daraus geht aber hervor, dass ein Motor, der schon das Maximum der Arbeit liefert, noch weiter belastet werden kann, ohne dass derselbe sofort stehen bleibt. Denn dabei wird wohl die Tourenzahl sinken (und gleichzeitig die abgegebene Arbeit), das Drehungsmoment wird aber zunehmen, sofern nicht die Überbelastung so bedeutend ist, dass n unter n_2 hinabgedrückt wird.

Der Wirkungsgrad.

Dem Gewinn an Arbeit A steht ein Energieaufwand l gegenüber, der entspricht: 1. der gewonnenen Arbeit A, 2. der Wärme Q in den Ankerwindungen, 3. der Wärme q in den Windungen des feststehenden Elektromagnetes. Diese ganze Energie l muss durch die von aussen eingeleiteten Ströme geliefert werden. Bei der Bestimmung des Wirkungsgrades kommt aber noch in Betracht, dass von der Arbeit A nur ein Theil $\mathfrak{A}$ als nutzbar abgegeben werden kann, während der Rest a den Leerlauf des Ankers mit der jeweiligen Geschwindigkeit bestreitet.

$$\mathfrak{A} = A - a.$$

Der commerzielle Wirkungsgrad ist demnach

$$g = \frac{\mathfrak{A}}{l} = \frac{A}{l} - \frac{a}{l}.$$

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Der Motor werde nun mit p Wechselströmen gespeist, die um je $\frac{1}{p}$ der Periode gegeneinander verschoben sind. Der Strom in einer Leiterabtheilung mit dem Widerstande W/p sei zu einer bestimmten Zeit

$$J = J_0 \sin 2N\pi t.$$

Während einer Periode wird in dieser Leiterabtheilung die Wärme

$$\frac{W}{p} . J^2 = \frac{W}{p} J_0^2 \int_0^{\frac{1}{N}} \sin 2N\pi t dt = \frac{W}{p} . J_0^2 . \frac{1}{2N}$$

entwickelt.

In allen Leiterabtheilungen zusammen ensteht daher in jeder Sekunde die Wärmemenge

$$q = \frac{J_0^2 W}{2}.$$

Bei nicht zu grosser Stromstärke ist die von den Elektromagneten herrührende Feldstärke H dem J_0 proportional

$$H = k . J_0,$$

somit

$$q = \frac{W}{2} \frac{H^2}{k^2}.$$

Ist der Motor bis zum Maximum der Arbeit belastet, dann kann man für A und Q die Werthe von Seite 8 nehmen. Diese Werthe enthalten aber neben den Grössen G, beziehungsweise K lauter Constante. G und K selbst sind dem Quadrate der Feldstärke proportionirt (S. 6 und 7). Daraus ergibt sich aber, dass aus dem ersten Gliede des Ausdruckes für g die Grösse H^2 wegfällt, dieser erste Posten daher als constant anzusehen ist; er heisse γ. Der Zähler des zweiten Gliedes ist $a = 2n_1\pi d$, wenn n_1 die Tourenzahl des Ankers, d das Drehungsmoment für den Leerlauf ist. n_1 sowie d sind aber constant für das jeweilige Maximum der Arbeit, daher auch a.

Der Ausdruck für den commerziellen Wirkungsgrad ist nunmehr

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$$g = \gamma - \frac{a}{l}$$

die Curve, welche die Abhängigkeit des g von der verbrauchten Energie wiedergibt, ist eine gleichseitige Hyperbel. Nimmt man die l als Abscissen, die g als Ordinaten, so schneidet die Curve die Abscissenaxe im Punkte $l_0 = \frac{a}{g}$, steigt allmälig an, u. zw. immer langsamer und nähert sich endlich assymptotisch einer Geraden, welche in der Entfernung γ von der Abscissenaxe parallel mit dieser gezogen wird.

Für grössere Werthe der consumirten Energie l wird aber der Verlauf der Curve noch etwas abgeändert. Es ergibt sich dies aus dem Bau des Ausdruckes für γ. Wenn man nämlich diesen Ausdruck im Zähler und Nenner durch H^2 dividirt, wie dies früher schon gethan wurde, dann nimmt er die Form an

$$\gamma = \frac{1}{c + \frac{d}{k^2}},$$

wo c und d Constante sind. Für grössere Werthe von J_0 beziehungsweise H wird k abnehmen, und demgemäss auch γ. Dies hat aber zur Folge, dass unsere Curve $g = f(l)$ sich im weiteren Verlaufe wieder gegen die Abscissenaxe senken müsste. Im Wesentlichen stimmt also unsere Curve mit derjenigen überein, welche H. v. Dobrovolsky auf Grund seiner Beobachtungen im 13. Hefte der Berliner elektrotechnischen Zeitschrift gegeben hat.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: 101_2a

Autor(en)/Author(s): Schilling G.

Artikel/Article: Über Drehstrommotoren. 866-878