

Spennrath-Kirstein
Bau und Wirkungsweise der elektrischen
Maschinen.

II. Teil.

Grundlagen der Elektrotechnik

von

O. Kirstein

Beratender Ingenieur.

Dritte neubearbeitete Auflage von:

Die Bedienung und Wartung elektrischer Anlagen und Maschinen

von

Jos. Spennrath

weil. Direktor der städt. gew. Schulen usw. in Aachen.

- I. Teil: Einführung in die Grundlagen der Elektrotechnik.
- II. Teil: Einführung in den Bau und die Wirkungsweise der elektrischen Maschinen.



Berlin W

Verlag von M. Krayn.

1923.

Einführung in den Bau und die Wirkungsweise der elektrischen Maschinen

von

Joseph Spennrath.

Dritte neubearbeitete Auflage

von

O. Kirstein.

Beratender Ingenieur.

Mit 132 Abbildungen im Text.



Berlin W
Verlag von M. Krayn.
1923.

Alle Rechte vorbehalten, namentlich das der Übersetzung.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Gleichstrommaschinen	
	1—54
Einleitung	1
Anker	3
Kommutator	7
Bürsten	8
Magnete	10
Entstehung des Gleichstromes	14
Ankerwicklungen	18
Felderregung bei Gleichstrommaschinen	24
Verhalten der Maschinen im Betriebe	28
Mehrpolige Maschinen	31
Wicklung mehrpoliger Maschinen	34
Stromabnahme bei mehrpoligen Maschinen	39
Ankerrückwirkung	40
Funkenfreier Gang	42
Dreileitermaschinen	46
Regulierung der EMK und Klemmenspannung	49
Parallelschaltung von Dynamos	51
Wechselstrommaschinen	
	55—108
Einleitung	55
Spannungs- und Stromkurve bei Wechselstrom	58
Wicklungen	60
Frequenz	61
Felderregung von Wechselstrommaschinen	62
Einphasenwechselstrommaschinen	63
Effektivwerte des Wechselstromes	67
Ohmsches Gesetz für Wechselströme, Phasenverschiebung	73
Wattloser Strom	83
Zweiphasenstrommaschine	84
Dreiphasenstrom (Drehstrom)	88
Drehstrom-Generatoren	95
Leistung des Drehstromes	99
Parallelschaltung von Drehstromgeneratoren	101

	Seite
Transformatoren	108—113
Arten, Verluste, Wirkungsgrad	108
Einheitstransformatoren	110
Kurzschlußspannung	111
Gleichrichter	113—117
Sachregister	118—120

Gleichstrommaschinen.

Bei den Gleichstrommaschinen unterscheiden wir praktisch in Dynamomaschinen, welche durch mechanische Bewegung zur Erzeugung von Gleichstrom benutzt werden,

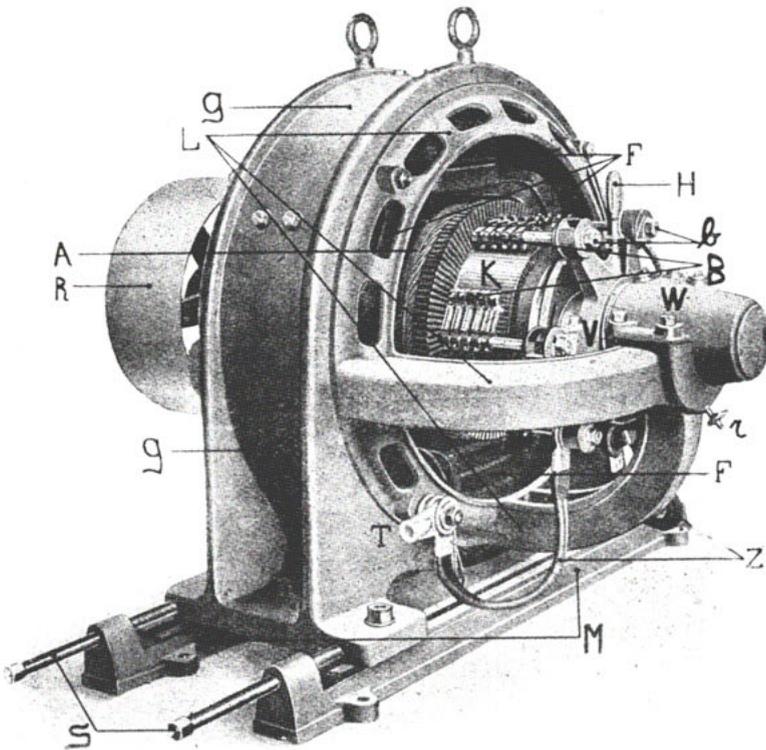


Fig. 1.

und in Gleichstrommotoren, welche durch Aufnahme von Gleichstrom in Umdrehung gesetzt werden und zum Antrieb von Arbeitsmaschinen dienen.

Ganz streng genommen, gibt es keine Gleichstromdynamomas, da in der Dynamo selber Wechselstrom fließt, welcher erst bei dem Austritt aus der Maschine durch den Kommutator in Gleichstrom umgewandelt wird.

In Fig. 1 ist eine Gleichstrommaschine in Ansicht dargestellt. Sie hat folgende Teile:

- 1 den Anker A,
2. die Bürsten mit den Bürstenhaltern B und Bürstenbolzen b,
3. die Feldmagnete F,
4. das Gehäuse G,
5. den Handgriff H zum Verstellen der Bürsten auf dem Kollektor,

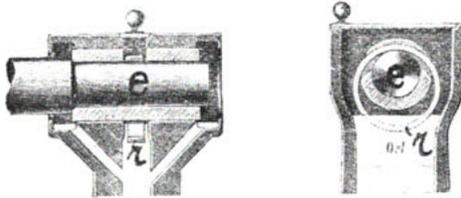


Fig. 2.

6. den Kollektor K,
7. die Lagerschilder L,
8. die Spannschienen M,
9. die Riemenscheibe R, welche auf der Ankerachse sitzt,
10. die Stellschrauben S für das Anspannen der Spannschienen M,
11. die Kabelschuhe T (Maschinenklemmen) zum Anschließen der nach der Schalttafel führenden Leitung,
12. die Bürstenträger V,
13. die Achslager W, (Fig. 2 zeigt diese im Schnitt).
14. die Verbindungsleitungen Z zwischen den Bürsten B und den Maschinenklemmen T,
15. eine Ölablaßvorrichtung r.

Der Anker.

Der Anker besteht aus vielen kreisrunden 0,3—0,5 mm starken Blechen aus weichem Eisen, welche zur Verhinderung des Auftretens von Wirbelströmen auf beiden Seiten mit

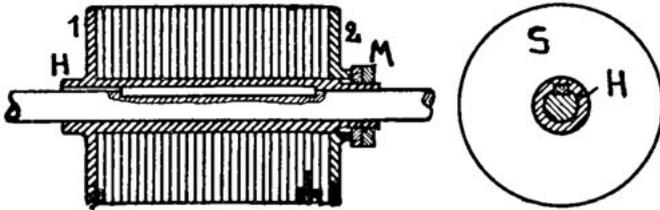


Fig. 3.

Papier gegeneinander isoliert werden (Fig. 3). Auf diese Weise wird ein Zylinder hergestellt, der um seine Welle gedreht wird. Um die Erwärmung dieses Ankers zu ver-

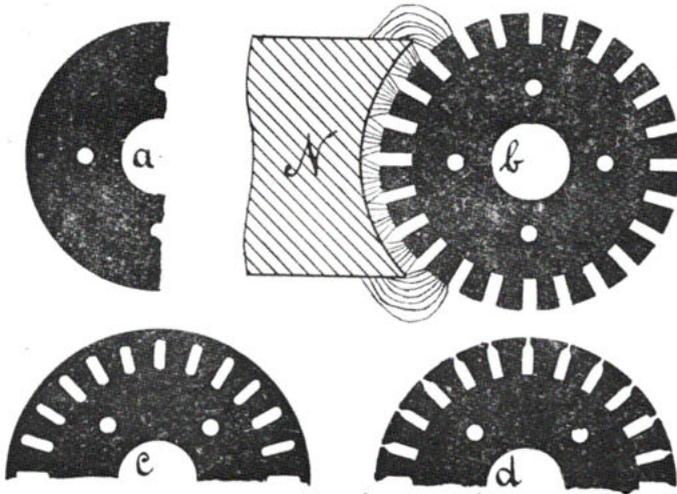


Fig. 4.

mindern, werden bei größeren Ankern Schlitze eingebaut, welche senkrecht zur Welle angeordnet sind. Die Luft wird durch die Zentrifugalkraft nach außen geschleudert, wodurch eine Abkühlung des Innern des Körpers erfolgt

Die Anker werden eingeteilt in glatte und Nutenanker. Die glatten Anker (Fig. 4a) tragen die Drähte auf der glatten Oberfläche. Bei den Nutenankern (Fig. 4b–d) unterscheiden wir drei Arten

mit offenen Nuten (Fig. 4 b)

mit geschlossenen Nuten (Fig 4 c)

mit halbgeschlossenen Nuten (Fig. 4 d).

Diese Nuten werden meist in die einzelnen Bleche vor dem Zusammenbau gestanzt. Offene Nuten können auch in den fertiggestellten Körper gefräst werden. Glatte Anker werden fast gar nicht mehr hergestellt. Es muß die Wicklung auf ihnen durch Bandagen ganz besonders gegen Verschiebung gesichert werden

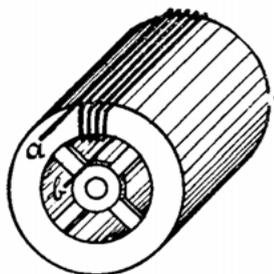


Fig. 5.

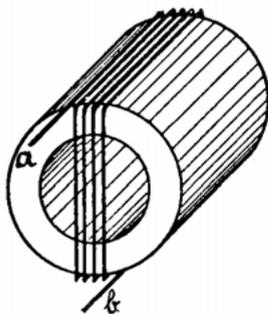


Fig 6.

Bei Nutenankern nehmen die Kraftlinien ihren Weg durch die Zähne (Fig. 4 b), wodurch der magnetische Widerstand sehr erhöht wird. Trotzdem werden sie offenen Anker vorgezogen, da sie betriebssicherer sind.

Innenpolmaschinen haben Anker aus Blechscheiben, welche am inneren Umfang mit Nuten versehen sind.

Nach der Art der Wicklung unterscheidet man Ringwicklung und Trommelwicklung.

Bei der Ringwicklung wird ein isolierter Kupferdraht ununterbrochen um den Anker gewickelt (Fig 5), während bei Trommelwicklung die Drähte alle auf einer Seite des Ankers, und zwar bei Außenpolmaschinen nur auf der Außenseite (Fig. 6 und Fig. 7), bei Innenpolmaschinen auf der

Innenseite (Fig. 8) liegen. Die Spulen brauchen, im Gegensatz zur Ringwicklung, nicht unmittelbar auf den Anker gewickelt zu werden, ihre Herstellung kann vielmehr vorher auf Schablonen erfolgen, wodurch die Herstellung und etwaige Reparatur eine einfachere ist als bei der Ringwicklung.

Entsteht in einer Spule z. B. ein Fehler, so kann die betreffende Spule leicht ausgewechselt werden.

Moderne Maschinen haben Trommelwicklung auf Nutenankern.

Die Wicklung wird aus gut isolierten Kupferdrähten oder Kupferstäben hergestellt. Die Isolation muß eine sehr

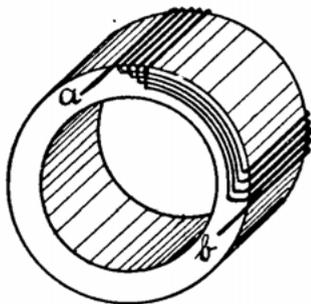


Fig. 7.

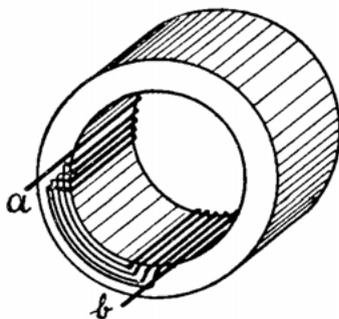


Fig. 8.

gute sein, um ein Durchschlagen der Isolation der Drähte gegeneinander als auch gegen das Ankereisen zu verhindern.

Die Drähte haben daher eine mehrfache Isolation von Baumwolle, die Stäbe eine Umwicklung mit Leinwand, Papier, Preßspan oder Mikanit.

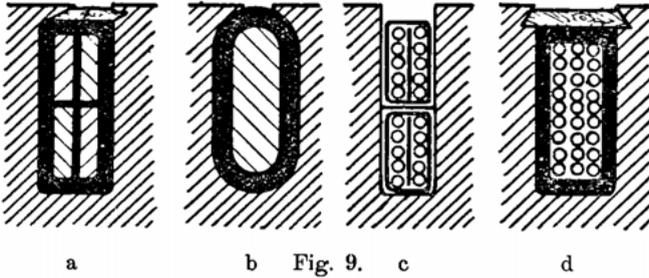
Um ein Reiben der Isolation der Drähte in den Nuten zu vermeiden, werden die Nutenwandungen mit Preßspan, Glimmer oder Mikanit belegt. (Fig. 9)

Der fertige Anker wird mit imprägnierter Leinwand oder Papier, Preßspan oder dergl. umwickelt, worauf der ganze Körper mit Isoliermasse getränkt wird.

Um ein Verschieben der Drähte infolge der schnellen Umdrehungen auszuschließen, werden die Nuten nach außen

hin durch Keile abgeschlossen (Fig. 9 a und d). Über den Anker werden dann starke Bandagen gezogen.

Von den Wicklungen ist die Ringwicklung am leichtesten verständlich. Bei der Trommelwicklung wird der Kupferdraht parallel zur Achse unter einem Pole N in Richtung a b (Fig. 10) hin- und unter dem danebenliegenden Pole S in Richtung c d zurückgeführt. Hin- und Rückleitung nennt man eine Windung, mehrere an derselben Stelle neben- oder aufeinanderliegende Windungen eine Spule.



Bei der Ringwicklung werden nur in den am äußeren Umfang liegenden Drahtteilen Ströme induziert, da im Innern des Ringes Kraftlinien nicht auftreten. Es kommt somit nur die Hälfte jeder Spule in Frage, bei Trommelwicklung dagegen beide Spulenhälften mit Ausnahme der Verbindungsdrähte bc (Fig 10) an den Stirnseiten zwischen je einer Hin- und Rückführung, welche parallel zu den Kraftlinien bewegt werden. Diese Verbindungsdrähte müssen daher möglichst kurz genommen werden

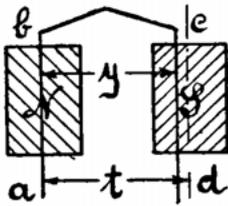


Fig 10.

Die Entfernung y nennt man Wicklungsschritt, welcher bei Nutenankern an den Nuten abgezählt werden kann. Er ist am einfachsten etwas kleiner oder größer als die Polteilung t , welche von Polmitte zu Polmitte gerechnet wird.

Der Wicklungsschritt muß größer als die Länge eines Polschuhes sein, um zu verhindern, daß die Spulenseiten

gleichzeitig unter einem und demselben Pol liegen, wodurch eine Gegeneinanderschaltung erfolgen würde.

Die Zahl der Spulenseiten, der Nuten und der in ihnen untergebrachten Drähte muß stets eine gerade sein, die Zahl der Wicklungsschritte ist eine ungerade.

Nach den Wicklungsarten unterscheidet man Schleifenwicklung und Wellenwicklung.

Der Kommutator (Kollektor).

Der Kommutator oder Kollektor hat, wie die beiden verschiedenen Bezeichnungen andeuten, zwei verschiedene Aufgaben zu erfüllen. Er verwandelt den im Anker ent-

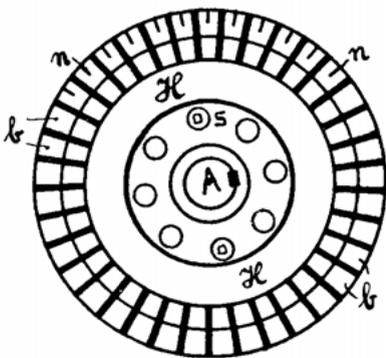


Fig. 11.

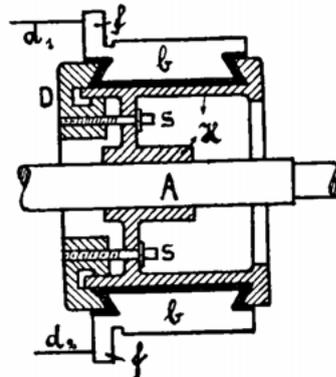


Fig. 12.

stehenden Wechselstrom in Gleichstrom, kommutiert also Wechselstrom in Gleichstrom, dann aber sammelt er die von der Ankerwicklung kommenden Teilströme, er kollektiert diese Ströme.

Der Kollektor besteht aus vielen, voneinander durch Glimmer gut isolierten Blechen aus hartem Kupfer, welche Segmente oder Lamellen genannt werden. Fig. 11 zeigt einen Kollektor in der Ansicht und Fig. 12 im Schnitt. Auf der Welle A sitzt eine gußeiserne Büchse aus zwei Teilen D und H; zwischen beiden sind die Segmente b durch Spann-