

	Berechnung der eingeleiteten Arbeit: $L_r = v \cdot P$ kgm/sec			Berechnung der elektrischen Leistung im äußeren Stromkreis $L_n = e \cdot i$ Watt		
	v	P	kgm/sec	e	i	Watt
1.	9,63	8,5	81,9	—	0	Leerlauf
2.	"	10,3	99,2	71,1	1,93	137,5
3.	"	10,5	100,1	73,9	2,10	155,2
4.	"	11,0	106,0	76,5	3,02	231,0
5.	"	11,8	113,6	80,0	3,90	312,0
6.	"	13,9	133,9	87,4	5,70	498,0
7.	"	18,6	179,3	100,0	9,16	916,0
8.	"	21,9	210,9	103,3	11,26	1163,0
9.	"	23,4	225,3	104,6	11,92	1247,0
10.	"	25,4	244,6	107,6	13,96	1502,0
11.	"	28,3	273,0	108,7	15,46	1680,0
12.	"	28,9	278,0	110,6	16,00	1770,0

Da nun $1 \text{ kgm/sec} = 9,81 \text{ Watt}$, so ist der Wirkungsgrad der Dynamo nach Formel (2), S. 274:

$$\eta = \frac{L_n}{9,81 \cdot L_r} = \frac{\text{Watt}}{9,81 \times \text{kgm/sec}}$$

Danach lassen sich für die verschiedenen Leistungen folgende Wirkungsgrade berechnen:

1.	Leerlaufsarbeit 81,9 kgm/sec = 1,092 PS	7.	$\eta = \frac{916}{9,81 \cdot 179,3} = 0,521 \text{ PS}$
2.	$\eta = \frac{137,5}{9,81 \cdot 99,2} = 0,141 \text{ "}$	8.	$\frac{1163}{9,81 \cdot 210,9} = 0,5625 \text{ "}$
3.	$\frac{155,2}{9,81 \cdot 100,12} = 0,158 \text{ "}$	9.	$\frac{1247}{9,81 \cdot 225,3} = 0,565 \text{ "}$
4.	$\frac{231}{9,81 \cdot 106} = 0,222 \text{ "}$	10.	$\frac{1502}{9,81 \cdot 244,6} = 0,626 \text{ "}$
5.	$\frac{312}{9,81 \cdot 113,6} = 0,280 \text{ "}$	11.	$\frac{1680}{9,81 \cdot 273} = 0,628 \text{ "}$
6.	$\frac{498}{9,81 \cdot 133,9} = 0,380 \text{ "}$	12.	$\frac{1770}{9,81 \cdot 278} = 0,648 \text{ "}$

Zweites Beispiel.

Untersuchung der Gleichstrommaschinen der Palmengarten-Zentrale in Frankfurt a. M.

Das im folgenden gegebene Beispiel ist einer von mir vorgenommenen Prüfung an der Gesamt-Palmengartenanlage, ausgeführt von der E.-A.-G. vorm. Lahmeyer u. Co., Frankfurt a. M., entnommen. Es wird daselbst hochgespannter Wechselstrom vermittelt mit Gleichstrom-

generatoren gekuppelter asynchroner Wechselstrommotoren in Gleichstrom von 2×110 Volt umgewandelt. — Es läßt sich der Natur des Beispiels nach nicht gut vermeiden, schon jetzt die Hauptergebnisse der Messungen an diesen Wechselstrommotoren mit heranzuziehen, trotzdem die Behandlung der Wechselstrommessungen in einem späteren Kapitel erfolgen wird. — Zur Ladung der Batterie wird behufs Erhöhung der Spannung ein Motor-Zusatz-Generator verwandt.

Sämtliche Gleichstrommaschinen sind von der E.-A.-G. vorm. Lahmeyer u. Co., die Wechselstrommotoren von Brown, Boveri u. Co. geliefert.

I. Resultate der Messungen an den Nebenschluß-Gleichstrom-Dynamos mit einer Leistung von 36 KW bei $n = 670$ Umdrehungen pro Minute und 220 Volt Spannung.

Die an den Dynamos angestellten Messungen bezogen sich im wesentlichen auf Bestimmung des elektrischen und mechanischen Güteverhältnisses (Wirkungsgrades) bei verschiedenen Belastungen. Die verschiedenen elektrischen Werte wurden direkt mittels Präzisionsapparaten, System Weston bzw. Siemens u. Halske, ermittelt. Ich gebe zur Übersicht die korrigierten Mittelwerte einer Versuchsreihe und die Resultate in Tabellen.

Korrigierte Mittelwerte.

Nr.	Spannung e des Generators	Strom i im äußeren Stromkreise	Strom i_n im Neben- schluß	Eingeführte Leistung des Wechsel- strommotors	Eingeführte Stromstärke des Wechsel- strommotors
	Volt	Amp.	Amp.	KW	Amp.
I.	210	26	2,50	12,5	10,8
II.	215	50	2,70	17,3	12,2
III.	215	80	2,75	24,3	14,0
IV.	218	97	2,90	28,8	15,3
V.	219	120	3,15	35,0	17,5
VI.	219	156	3,46	44,5	20,8
VII.	222	159	3,50	46,0	21,4
VIII.	223	164	3,60	47,5	22,0

IX. Bei offenem Stromkreis und Nebenschluß betrug der eingeführte Strom in dem treibenden Motor 9,5 Amp., der hierbei gemessene zugeführte Effekt 6,0 KW. Diese 6 KW stellen somit die Leerlaufarbeit des Motors inkl. der Reibungsarbeit des Gleichstromgenerators dar. Der durch Leerlaufversuch der Gleichstrommaschine (als Motor, s. S. 275) festgestellte Leerlaufeffekt war 2,4 KW; er enthält die Reibungs- und Eisenverluste der Maschine.

Als Methode der Wirkungsgradberechnung war diejenige der Bestimmung aus den Verlusten (s. S. 275) und durch Leerlaufversuch

gewählt. Aus dem jeweiligen Ankerstrom und dem Ankerwiderstande ($r_a = 0,022$ Ohm) ergab sich der Kupferverlust im Anker, aus Erregerstrom und Klemmenspannung derjenige des Feldes. Aus diesen beiden Verlusten und der Nutzleistung des Generators folgte das elektrische Güteverhältnis γ . Das mechanische Güteverhältnis wurde durch Addition des Leerlaufverlustes 2,4 Watt, der für alle Belastungen konstant betrachtet werden kann, zu den Verlusten als Verhältnis

$$\frac{\text{Nutzleistung}}{\text{Nutzleistung} + \text{Verlustarbeit}}$$

gewonnen. Der Wirkungsgrad des ganzen Aggregates endlich bestimmte sich als Verhältnis: Gleichstromnutzleistung zu zugeführter Wechselstromenergie.

Resultate.

Nr.	Dynamowerte						Wirkungsgrad des ganzen Aggregates
	Nutzbare elektrische Arbeit	Kupferverlust in der Feldwicklung	Kupferverlust im Anker	Gesamte elektrische Arbeit	Elektrisches Güteverhältnis	Mechanisches Güteverhältnis	
	Watt	Watt	Watt	Watt	Proz.	Proz.	Proz.
I.	5 460	525,0	17,86	6 003	91,00	65,20	43,6
II.	10 750	580,5	61,10	11 392	94,30	78,00	62,0
III.	17 200	591,2	150,64	17 942	96,00	84,90	70,8
IV.	21 146	632,6	309,56	22 078	96,23	86,60	73,4
V.	26 280	689,8	340,25	27 310	96,23	88,70	75,1
VI.	34 164	757,7	559,40	35 481	96,28	90,45	76,8
VII.	35 298	777,0	580,93	36 656	96,29	90,50	76,7
VIII.	36 572	802,8	617,97	37 993	96,26	90,60	77,0

Die oben beschriebene Rechnungsweise sei für den Versuch I nachstehend durchgeführt:

$$\text{Kupferverlust im Anker} \quad . \quad J^2 \cdot r_a = 28,5^2 \cdot 0,022 = 17,86 \text{ Watt}$$

$$\text{Kupferverlust in der Feldwicklung} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad e \cdot i_n = 210 \cdot 2,50 = 525,00 \text{ „}$$

$$\text{Elektrische Nutzleistung} \quad . \quad . \quad e \cdot i = 210 \cdot 26 = 5460,00 \text{ „}$$

$$\text{Gesamte elektrische Arbeit} = \sim 6003,00 \text{ Watt}$$

$$\text{Leerlaufseffekt} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad = 2400,00 \text{ „}$$

$$\text{Gesamter dem Generator zugeführter Effekt} \quad . \quad . \quad = 8403,00 \text{ Watt}$$

Elektrisches Güteverhältnis (nach S. 275):

$$\gamma = \frac{5460}{6003} = 0,91.$$

Mechanisches Güteverhältnis (Wirkungsgrad):

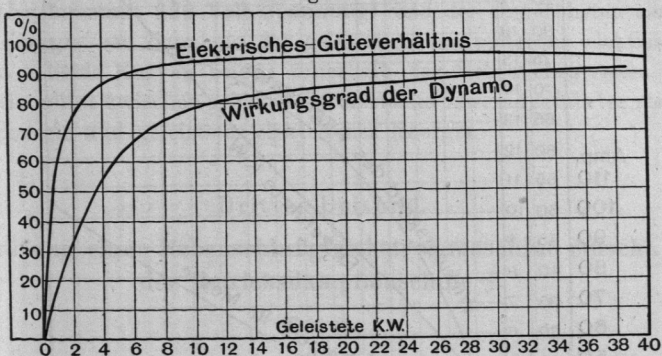
$$\eta = \frac{5460}{8403} = 0,65.$$

Wirkungsgrad des ganzen Aggregates:

$$\frac{5460}{12500} = 0,436, \text{ d. h. } 43,6 \text{ Proz.}$$

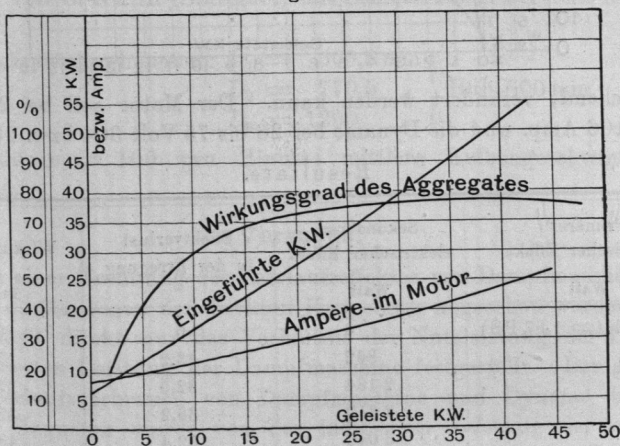
Die Prüfung des Wechselstrom-Gleichstrom-Maschinenaggregates (Motorgenerators) ergab bei der normalen Leistung einen Wirkungsgrad

Fig. 100.



von 77 Proz.; der Wirkungsgrad des Wechselstrommotors ergab sich somit zu 85 Proz.

Fig. 101.



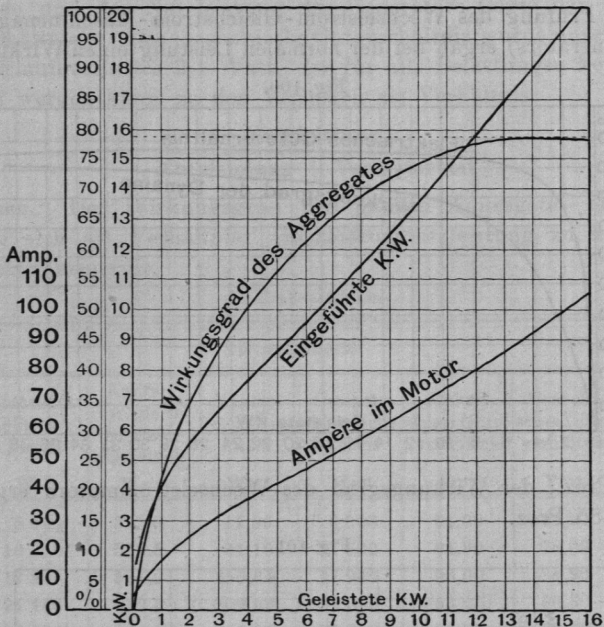
Die Leerlaufarbeit des Umformers beträgt, wie schon erwähnt, rund 6 KW.

II. Resultate der Messungen an dem Motor-Zusatz-Generator.

Der Motor-Zusatz-Generator dient dazu, einen 220 voltigen Gleichstrom in solchen von entsprechend niedrigerer Spannung zu transformieren. Durch Veränderung der Erregung läßt sich die Spannung, welche die Doppelmaschine liefert, in weiten Grenzen regulieren, so daß

durch dieses Mittel auf die einfachste Weise die Spannung des Ladestromes in den nötigen Grenzen, ganz dem Fortschreiten der Ladung

Fig. 102.



entsprechend, verändert werden kann. Der Motor soll bei 220 Volt 49 bis 106 Amp. und die Dynamo bei 26 bis 75 Volt 304 bzw. 255 Amp.

Resultate.

Primärer elektrischer Effekt Watt	Sekundärer elektrischer Effekt Watt	Effektverlust in der Erregung	Wirkungsgrad Proz.
1 378,1 (= 1,87 PS)	0	0	0
4 940	862	13,2	17,5
5 859	2 184	32,0	37,4
6 110	2 610	36,2	42,6
6 920	3 040	52,4	43,9
7 370	3 520	75,5	47,8
7 820	3 950	—	50,5
8 200	4 480	—	54,8
10 829	7 066	78,2	65,0
11 448	8 021	—	70,2
12 992	9 152	87,3	70,6
16 119	12 297	119,3	76,4
18 419	14 512	130,5	78,9
20 553	16 170	146,5	78,8

leisten. Die Tourenzahl schwankt zwischen 700 bis 1100 pro Minute. Die in nachfolgender Aufstellung und der graphischen Darstellung (Fig. 102) verzeichneten Werte sind die Resultate der mit Präzisionsapparaten beobachteten Mittelwerte der Messungen.

Wie aus vorstehender Tabelle hervorgeht, ist der Wirkungsgrad dieses kleinen Maschinenaggregates maximal 78,9 Proz. Die Kurven geben einen Überblick über den Verlauf der primären Stromstärke im Motor (bei konstant 220 Volt Spannung) und der eingeführten elektrischen Energie bei Zunahme der geleisteten (sekundären) elektrischen Energie. Beide Kurven zeigen innerhalb der Gebrauchsgrenzen gute Proportionalität zwischen primärer Stromstärke bzw. eingeführter elektrischer Energie und geleisteter elektrischer Energie.

Drittes Beispiel.

Prüfung einer Nebenschlußgleichstrommaschine einschl. der Betriebsdampfmaschine ¹⁾.

Daten.

Dynamomaschine: Nebenschluß-Innenpolmaschine von Siemens und Halske, A.-G.; Feldsystem 12 polig; direkt gekuppelt mit der

Betriebsmaschine: Stehende Dreifach-Expansions-Dampfmaschine von G. Kuhn (Stuttgart) mit Schiebersteuerung und Kondensation;

$$\left. \begin{array}{l} \text{Zylinderdurchmesser: } D_1 = 500,5 \text{ mm} \\ D_2 = 770,5 \text{ " } \\ D_3 = 1200 \text{ " } \end{array} \right\} \text{Hub } 600 \text{ mm.}$$

Tourenzahl $n = 100$ pro Minute; mittlere Kolbengeschwindigkeit 2,00 m/sec.

Versuche.

Von einer Trennung des Leerlaufeffektes von Dampfmaschine und Dynamo mußte wegen der direkten Kuppelung abgesehen werden, und wurde somit direkt nur das Verhältnis der Nutzleistung der Dynamo zur indizierten Leistung der Dampfmaschine festgestellt. Der gemeinsame Leerlaufverbrauch von Dampfmaschine und Dynamo bei unerregeten Magneten wurde von der indizierten Leistung der ersteren bei Belastung jeweils in Abzug gebracht, woraus sich der im Anker umgesetzte Effekt ergab (s. zu dieser Methode S. 274 u. 275).

Das Verhältnis der elektrischen Nutzleistung zu der so ermittelten Leistung ist in Fig. 103 als „kommerzieller“ Wirkungsgrad bezeichnet.

¹⁾ Diese Prüfung ist dem offiziellen Ausstellungsberichte der Prüfungskommission der Elektrotechnischen Ausstellung zu Frankfurt a. M. 1891 entnommen, welcher der Verfasser als Assistent zugehörte.