

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;

Zylinderdurchmesser:	$D_1 = 500,5 \text{ mm}$	}	Hub 600 mm.
	$D_2 = 770,5 \text{ "}$		
	$D_3 = 1200 \text{ "}$		

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.

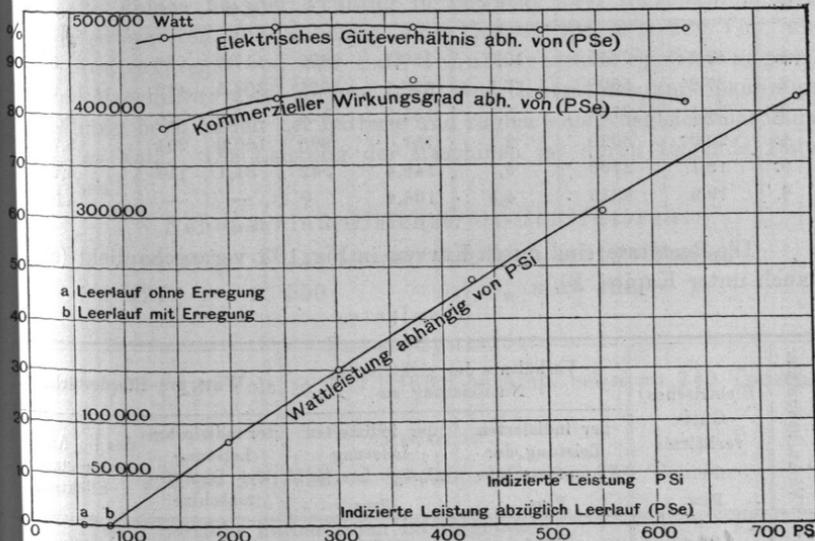
Messungen an der Dampfmaschine.

Versuchsnummer	Tourenzahl <i>n</i>	Zylinderseite	Mittlerer indizierter Dampfdruck			Indizierte Pferdestärken				Indizierte Leistung abzüglich Leerlauf PS	Bemerkungen
			Hoch-	Mittel-	Nieder-	Hoch-	Mittel-	Nieder-	Zusammen = <i>Ni</i> bei <i>n</i> Touren		
			Druckzylinder			Druckzylinder bei 100 Touren					
			Hoch-	Mittel-	Nieder-	Hoch-	Mittel-	Nieder-	Zusammen = <i>Ni</i> bei <i>n</i> Touren		
1	101,5	$\left\{ \begin{array}{l} d \\ k \end{array} \right.$	4,396	1,994	0,913	111,8	121,8	136,1	741	685	
			4,229	1,864	0,921	108,6	114,6	137,4			
2	104,2	$\left\{ \begin{array}{l} d \\ k \end{array} \right.$	3,980	1,350	0,580	101,4	82,7	86,8	555	498	
			3,650	1,281	0,597	93,7	79,2	89,6			
3	104,1	$\left\{ \begin{array}{l} d \\ k \end{array} \right.$	3,272	0,991	0,433	83,4	60,8	64,9	430	378	
			3,128	0,992	0,428	80,4	61,2	62,3			
4	102,7	$\left\{ \begin{array}{l} d \\ k \end{array} \right.$	2,580	0,720	0,270	65,6	43,8	40,6	302	246	
			2,300	0,710	0,272	59,2	43,9	40,9			
5	104,5	$\left\{ \begin{array}{l} d \\ k \end{array} \right.$	1,860	0,470	0,150	49,9	28,8	22,5	199	142	
			1,390	0,470	0,160	35,8	29,0	24,1			
6	103,0	$\left\{ \begin{array}{l} d \\ k \end{array} \right.$	1,160	0,210	0,043	29,5	12,9	6,5	82	25	Leerlauf bei erregten Magneten
			0,460	0,200	0,046	11,8	12,1	6,9			
7	104,0	$\left\{ \begin{array}{l} d \\ k \end{array} \right.$	0,796	0,150	0,035	20,3	9,2	5,3	57	0	Leerlauf
			0,295	0,150	0,023	7,6	9,3	3,5			

Stromstärke in der Erregerwicklung und Klemmenspannung wurden direkt durch Weston-Instrumente gemessen, während die Ermittlung des Gesamtstromes nach der indirekten Methode durch ein Westonsches Milliampereometer (im Nebenschluß zu einem festen Widerstande) erfolgte.

Es wurden sieben verschiedene Belastungszustände beobachtet, darunter der Leerlauf bei erregten Magneten und, wie schon erwähnt, der unerregte Leerlauf. Vor den Messungen war das Maschinenaggregat drei Stunden bei der höchsten Belastung in Betrieb gewesen. Die unten mitgeteilten Werte sind jeweils Mittelwerte aus einer Reihe von Ablesungen.

Fig. 103



Hierbei sind die einzelnen indizierten Leistungen aus den jeweiligen mittleren Drucken der einfacheren Rechnung wegen für die Tourenzahl 100 berechnet und erst die Summe der sechs Einzelleistungen auf die wirklich festgestellte Tourenzahl n umgerechnet.

Zu der letzten Zahlenkolonne sei bemerkt, daß die bei $n = 104$ beobachtete Leerlaufsleistung bei jeder Versuchsnummer auf die Tourenzahl der betreffenden Leistung reduziert wurde, z. B. für Versuch I (Leistung 741 PS) in folgender Weise:

Bei einer Tourenzahl von 101,5 beträgt die indizierte Leerlaufsleistung

$$57 \cdot \frac{101,5}{104} = \text{etwa } 56.$$

Daher indizierte Leistung abzüglich Leerlauf = $741 - 56 = 685 \text{ PS}_i$.

Der Wattverbrauch im Nebenschluß ergab sich als Produkt aus Klemmenspannung und Erregerstromstärke, der Verlust im Anker aus der Ankerstromstärke und dem Ankerwiderstande $0,01162 \Omega$. Diese beiden Verlustwerte sind in der letzten Kolonne zusammengefaßt, und zwar ausgedrückt in Pferdestärken.

Messungen an der Dynamomaschine.

Versuchsnummer	Erregerstromkreis			Nutzstromkreis				Verluste durch Ankerstromwärme u. Erregung
	Ampere	Wattverbrauch	PS ($\frac{\text{Watt}}{736}$)	Volt	Ampere	Nutzleistung		
						KW	PS	PS
1.	48,1	7615	10,3	159,1	2620	417,0	566	21,5
2.	37,2	5808	7,9	156,1	1921	304,5	413	13,9
3.	24,1	3760	5,1	155,9	1524	238,0	323	8,9
4.	20,0	3020	2,1	151,0	993	150,0	204	5,7
5.	18,1	2700	3,7	149,4	542	81,1	110	4,2
6.	19,9	3315	4,5	166,4	0	—	—	4,5

Die Resultate sind durch Kurven in Fig. 103 veranschaulicht (siehe auch unter Kapitel B).

Resultate.

Versuchsnummer	Elektrisches Güteverhältnis	Verhältnis der elektrischen Nutzleistung zu		Watt pro Pferdestärke	
		der indizierten Leistung der Dampfmaschine	der indizierten Leistung abzgl. Leerlauf	der indizierten Leistung der Dampfmaschine	des im Anker umgesetzten Effektes
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	
1.	96,4	76,5	82,7	563	609
2.	96,4	74,5	83,3	549	611
3.	97,3	75,1	86,6	554	638
4.	97,2	67,6	83,0	497	609
5.	95,1	55,4	77,5	407	571

Der Zusammenhang der Größen in den Tabellen sei durch folgende Rechnung für Versuchsnummer 1 gezeigt:
Elektrisches Güteverhältnis (s. S. 275).

$$\gamma = \frac{566}{566 + 21,5} = \frac{566}{587,5} = 0,964.$$

$$\text{Verhältnis: } \frac{\text{Elektrische Nutzleistung}}{\text{Indizierte Leistung}} = \frac{566}{741} = 0,765.$$

$$\text{Kommerzieller Wirkungsgrad: } \frac{566}{741 - 56} = \frac{566}{685} = 0,827.$$

$$\text{Verhältnis: } \frac{\text{Watt}}{\text{Indizierte Leistung}} = \frac{417000}{741} = 563.$$

$$\text{Verhältnis: } \frac{\text{Watt}}{\text{Im Anker umgesetzter Effekt}} = \frac{417000}{685} = 609.$$

Viertes Beispiel.

Als weiteres Beispiel mögen die Resultate der von mir im Auftrage des Stadtmagistrates Erlangen vorgenommenen Prüfung der elektrischen Maschinen für das Erlanger städtische Elektrizitätswerk, geliefert von der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vorm. Schuckert u. Co., Nürnberg, dienen.

Es kamen bei der Prüfung in Betracht zwei Nebenschlußgleichstromgeneratoren zur Speisung eines Netzes von 2×220 Volt und ein Zusatzaggregat von vier nach Schuckertschem Systeme angeordneten Maschinen: zwei Motoren und zwei Generatoren zur Spannungserhöhung beim Laden der Batterie und zugleich als Ausgleichsmaschinen für das Netz. Die Leistung der Maschinen ist durch folgende Daten gegeben:

Nebenschluß-Gleichstrom-Generatoren:

$$\begin{array}{l} 197 \text{ Amp.} \times 440 \text{ bis } 500 \text{ Volt bei } n = 120 \text{ Touren,} \\ 197 \text{ " } \times 550 \text{ " " " } n = 132 \text{ " " } \end{array}$$

Zusatzdynamos:

$$10 \mid 100 \mid 130 \text{ Volt} \times 163 \mid 163 \mid 55 \text{ Amp. bei } n = 740 \text{ Touren.}$$

Motoren:

$$220 \text{ bis } 250 \text{ Volt} \times 91 \text{ Amp. bei } n = 740 \text{ Touren.}$$

Der Übersicht halber seien im folgenden:

1. die Methode und Einrichtung der Messungen,
2. die Prüfungsprotokolle und Berechnungen,
3. die Resultate der Prüfungen

gegeben.

1. Es kam die auf S. 275 u. 276 beschriebene Methode der Bestimmung der Verlustarbeiten zur Anwendung.

Die Widerstände der Maschinen wurden zunächst in kaltem Zustande gemessen, ebenso wurde die Raumtemperatur festgestellt; sodann erfolgte eine fünfstündige Dauerprobe unter normalen Verhältnissen. Nach derselben wurden die Widerstände sowie die Temperatur der Wickelungen — diese mit dem Thermometer — abermals bestimmt und anschließend hieran die Leerlaufsversuche vorgenommen.

Bei der Belastungsprobe und den darauf folgenden Messungen bei Entlastung wurden: