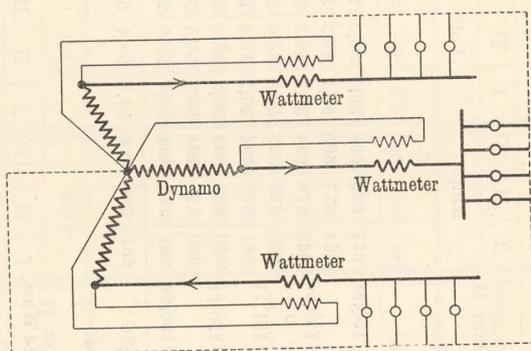


## B. Wirkungsgrad der Dynamo.

Zur Bestimmung des Wirkungsgrades der Dreiphasenwechselstromdynamo wurden die Angaben dreier in die primären Leitungen zwischen Dynamo und primärem Transformator eingeschalteten Wattmeter, deren Nebenschluß an je einer der drei Polklemmen der Dynamo und dem neutralen Punkte der letzteren endigen, festgestellt. Aus den aus der Eichung der Wattmeter bestimmten Konstanten und den Ablesungen während der definitiven Messungen wurde die gesamte Energieleistung, welche von der Dynamo auf den primären Transformator übertragen wurde, ermittelt. Das Verhältnis dieser Leistung zu dem aus der angewandten Beaufschlagung der Turbine und dem benutzten Gefälle gefundenen Leistung der Turbine liefert den Wirkungsgrad. Gleichzeitig mit obigen Angaben wurden die Stromstärken und Spannungen in den drei Zweigleitungen, der Erregerstrom, der Stand des Ober- und

Fig. 70.



Unterwasserspiegels, das totale und benutzte Gefälle und das Freihängen der Turbine durch entsprechende Messungen bzw. Beobachtungen bestimmt. Sämtliche elektrische Apparate sind vor und nach den Versuchen geeicht worden. Der für die Erregung verbrauchte Effekt ist entsprechend in Rechnung gezogen worden. Für die Belastung der Dynamo dienten 3000 Glühlampen und zwar entsprechend der Spannung der Dynamo Lampen von 65 Volt à 16 und à 10 Nk; dieselben wurden auf Brettern montiert und durch Kupferseile von 400 mm<sup>2</sup> Querschnitt mit der Dynamo verbunden. Das Schaltungsschema gibt Fig. 70.

Die gegebenen Mittel und die lokalen Verhältnisse gestatteten keine großen Unterschiede der Belastung und die höchst erreichbare Belastung betrug nur etwa 113 Kilowatt, d. h. etwa 50 Proz. der normalen Belastung; unter 36 Kilowatt Belastung konnte die Bremsung der Turbine nicht mehr korrekt durchgeführt werden; es mußte somit

Tabelle I.

Zeitdauer	Von der Dynamo abgegebener Effekt			Stromstärke im Zweige		Spannung im Zweige			Tourenzahl	Erregerstrom Amp.	Turbinenbeaufschlagung	Stand des Oberwassers m	Stand des Unterwassers m	Totales Gefälle m	Benutztes Gefälle m	Freihängen der Turbine m		
	Wattmeter I	Wattmeter III	Wattmeter II	I	II	III	I	II									III	
									Amp.			Volt						
10	Beobachtungsreihe 1000 Ohm																	
	142,17	141,95	149,33	149,21	150,68	150,98	661	676	696	56,3	56,3	55,4	149,0	12,5	Außenkranz	0,464	0,483	
	142,21	142,14	149,13	149,40	150,63	150,96	661	677	695	56,1	56,3	55,4	149,5	12,3	ganz	0,465	0,485	
	142,40	142,24	148,91	149,28	150,71	151,11	660	678	693	56,3	56,4	55,3	149,0	12,4	offen;	0,465	0,483	
	142,07	142,05	148,97	149,62	150,80	150,71	661	678	694	56,1	56,4	55,0	149,5	12,5	Innenkranz	0,464	0,485	
	142,20	142,00	149,11	149,54	150,90	150,89	660	678	694	56,2	56,5	55,0	149,0	12,4	ge-	0,465	0,484	
							661	678	694	56,4	56,5	55,2	149,2	12,3	schlossen	0,466	0,485	
	Mittel	142,14		149,25		150,84	661	678	694	56,3	56,4	55,2	149,2	12,4				
		$C = 0,2623$		$C = 0,2556$		$C = 0,2540$												
	Abgebener elektr. Effekt = 37283 Watt																	
Summe 113745 Watt = 154,54 Pferdestärken																		
Totales Gefälle: 4,977 — (Oberw. + Unterw.) Benutztes Gefälle: 4,306 — Oberwasser Bremsseffekt: $156,0 \left( \frac{3,841}{3,800} \right)^{1,5} + 46,8 = 0,186$ = 167,2 PS.																		

Tabelle I (Fortsetzung).

Zeitdauer	Von der Dynamo abgegebener Effekt			Stromstärke im Zweige			Spannung im Zweige			Tourenzahl	Erregerstrom	Turbinenbeanschlagung	Stand des Oberwassers	Stand des Unterwassers	Totales Gefälle	Benutztes Gefälle	Freihängen der Turbine	
	Wattmeter I	Wattmeter III	Wattmeter II	I	II	III	I	II	III									
																		Amp.
Min.																		
10	Beobachtungsreihe																	
	1000 Ohm																	
	142,21	141,95	148,66	148,65	151,05	150,60	662	679	695	56,4	56,5	55,2	149,5	12,3	Außenkranz	0,463	0,485	
	142,20	142,01	148,84	148,72	150,95	150,55	660	678	693	56,3	56,3	55,1	150,0	12,5	ganz offen;	0,464	0,485	
	142,10	141,82	148,63	148,54	150,95	150,49	660	678	694	56,2	56,2	55,1	150,0	12,4	Innenkranz	0,463	0,485	
	141,81	142,12	148,69	148,59	150,60	150,62	663	678	693	56,4	56,3	55,2	149,5	12,4	geschlossen	0,463	0,486	
Mittel	142,04		148,66		150,75	150,57	661	679	692	56,3	56,3	55,4	150,0	12,3		0,463	0,485	
C = 0,2623      C = 0,2556      C = 0,2540 Abgebener elektr. Effekt = 37257 Watt      = 37997 Watt      = 38280 Watt Summe 113 534 Watt = 154,26 Pferdestärken																		
Totales Gefälle: 4,977 — (Oberw. + Unterw.) Benutztes Gefälle: 4,306 — Oberwasser Bremsseffekt: $156,0 \left( \frac{3,843}{3,800} \right)^{1,5} + 46,8 \cdot 0,186 = 167,3$ PS.																		

Tabelle II. Gesamtergebnisse der Untersuchungen an der Dynamo.

Turbinen- beaufschlagung	Benutztes Gefälle		Frei- hängen der Turbine	Touren- zahl der Dynamo	Brems- effekt		Gesamter Elektrischer Effekt an der Dynamo		Verlust = Bremsleistung — Elektrischer Effekt an der Dynamo		Strom- stärke Amp.	Spannung an der Dynamo		Erreger- strom Amp.	Zur Erregung ver- braucher Effekt PS	Er- regungs- effekt: Brems- effekt
	m	m			PS	PS	PS	Volt	Volt	PS						
Außenkranz . . .	3,841	0,186	149,2	167,2	154,54	12,66	678	56,0	12,4	0,39	0,0023					
" . . .	3,843	0,186	149,8	167,3	154,26	13,04	677	55,9	12,4	0,39	0,0023					
Innenkranz . . . <sup>5</sup> / <sub>6</sub>	3,853	0,209	149,7	154,3	141,84	12,46	646	53,8	10,8	0,30	0,0020					
" . . . <sup>5</sup> / <sub>6</sub>	3,856	0,213	150,0	154,4	141,60	12,80	645	53,8	10,7	0,29	0,0019					
" . . . <sup>4</sup> / <sub>6</sub>	3,857	0,232	150,0	120,0	107,41	12,59	471	55,6	10,5	0,28	0,0023					
" . . . <sup>4</sup> / <sub>6</sub>	3,870	0,232	150,0	120,1	107,51	12,59	473	55,8	10,5	0,28	0,0023					
" . . . <sup>5</sup> / <sub>6</sub>	3,865	0,121	150,0	155,0	142,44	12,56	641	54,6	10,4	0,27	0,0017					
" . . . <sup>5</sup> / <sub>6</sub>	3,866	0,125	149,4	155,0	142,53	12,47	644	54,3	10,7	0,29	0,0019					
" . . . <sup>5</sup> / <sub>6</sub>	3,866	0,127	149,5	155,0	142,53	12,47	641	54,7	11,2	0,31	0,0020					
" . . . <sup>4</sup> / <sub>6</sub>	3,872	0,136	149,8	120,2	107,65	12,55	468	56,6	10,8	0,30	0,0025					
" . . . <sup>4</sup> / <sub>6</sub>	3,871	0,138	150,0	120,2	107,61	12,59	467	56,6	10,9	0,31	0,0025					
" . . . <sup>3</sup> / <sub>6</sub>	3,879	0,170	150,0	87,4	75,03	12,37	336	54,7	9,3	0,22	0,0026					
" . . . <sup>3</sup> / <sub>6</sub>	3,878	0,173	150,0	87,4	75,16	12,24	337	54,7	9,5	0,22	0,0026					
" . . . <sup>2</sup> / <sub>6</sub>	3,882	0,191	150,0	—	49,34	—	232	52,4	8,0	0,13	—					
" . . . <sup>2</sup> / <sub>6</sub>	3,883	0,194	149,7	—	49,46	—	232	52,4	8,0	0,13	—					

von der Feststellung des Energiebedarfes der leer laufenden, unerregten und der leer laufenden, erregten Dynamo aus den Brems- und Gefällmessungen Abstand genommen werden.

Zu einem anderen Verfahren zwecks Ermittlung dieser Größen reichte die zur Verfügung stehende Zeit nicht aus. Die Messungen wurden somit nur bei folgenden Belastungen durchgeführt:

Beaufschlagung der Turbine	Belastung der Dynamo
1. Außenkranz geschlossen; Innenkranz offen zu $\frac{2}{6}$	etwa 36 000 Watt
2. " " " " " $\frac{3}{6}$	" 55 000 "
3. " " " " " $\frac{4}{6}$	" 80 000 "
4. " " " " " $\frac{5}{6}$	" 105 000 "
5. " ganz offen; " geschlossen	" 113 000 "

Mit diesen angegebenen Belastungen wurde eine Anzahl Messungen angestellt. Um einen Überblick über die Art derselben zu gewähren, gebe ich die Mittelwerte zweier Messungsreihen unter der Belastung 5., d. h. 113 000 Watt, siehe Tabelle I (S. 120 u. 121).

In analoger Weise, wie Tabelle I zeigt, wurden noch 13 Beobachtungsreihen aufgestellt. Die Gesamtergebnisse derselben habe ich in Tabelle II (S. 122) zusammengestellt. Die Berechnung und Bedeutung der einzelnen Zahlen ist aus dem Vorhergehenden bekannt. In betreff der Erregerenergie sei hier bemerkt, daß der Widerstand der Erregerwindungen 1,86 Ohm beträgt. Für die Turbinenbeaufschlagung: Innenkranz  $\frac{2}{6}$ , ist der von der Turbine an die Dynamo übertragene Effekt nicht angegeben, weil derselbe nicht durch Bremsung, sondern auf einem anderen, ziemlich unsicheren Wege ermittelt worden war. Aus der Tabelle II habe ich aus den gleichwertigen Resultaten Mittelwerte gebildet und so die Tabelle III gefunden; aus derselben ermittelt sich der jeweilige Wert für den Wirkungsgrad als Verhältnis des  $\frac{\text{ges. el. Effektes}}{\text{Bremsseffekt}}$ .

Der Erregerseffekt ist in Anbetracht der kleinen Größe im Verhältnis zum Bremsseffekt und der Unsicherheit bei der Messung des letzteren unberücksichtigt gelassen. Die Übereinstimmung der einzelnen Resultate bei derselben Belastung ist eine sehr gute. Die gleichmäßige Zunahme des Verlustes: Bremsseffekt — elektrischer Effekt garantiert auch für Resultate ohne erhebliche Fehler.

Tabelle III. Mittelwerte.

Bremseffekt PS	Gesamter elektrischer Effekt PS	Verlust = Brems- effekt — elektr. Effekt PS
167,25	154,40	12,85
154,74	142,19	12,55
120,12	107,54	12,58
87,40	75,10	12,30

Die aus obiger Tabelle III erhaltenen Werte der totalen Verluste für konstante Tourenzahl und nahezu konstante Spannung bei variabler Belastung bestehen aus einer konstanten Verlustgröße  $V_{D(0)}$ , welche in der Nähe von 12 PS liegt, und aus einem mit der Belastung zunehmenden Werte, welcher durch die Größe  $c \cdot E_1^2$  gegeben ist. Die konstanten Werte  $V_{D(0)}$  und  $c$  aus der Relation:

$$V_D = V_{D(0)} + c \cdot E_1^2$$

werden aus den bekannten Werten für den totalen Verlust  $V_D$  und den totalen elektrischen Effekt  $E_1$  nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt.

Die unten folgende Tabelle IV enthält die Größe des Wirkungsgrades  $\eta_D$  der Dynamo, ohne Berücksichtigung des Erregereffektes, wie schon oben erwähnt, also lediglich als Verhältnis  $\frac{\text{gesamter elektr. Effekt}}{\text{Bremsseffekt}}$

Tabelle IV. Wirkungsgrad der Dynamo.

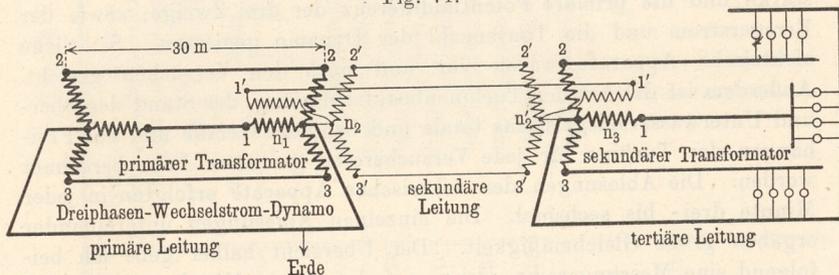
Gesamte elektrische Leistung PS	Verlust = Brems- effekt — elektr. Effekt PS	Wirkungs- grad $\eta_D$	Bremsseffekt $N_1$ PS	Wirkungs- grad $\eta_D$
60	12,32	0,830	70	0,825
70	12,35	0,850	80	0,845
80	12,38	0,866	90	0,862
90	12,42	0,879	100	0,876
100	12,46	0,889	110	0,887
110	12,50	0,898	120	0,896
120	12,55	0,905	130	0,903
130	12,61	0,911	140	0,910
140	12,67	0,917	150	0,916
150	12,73	0,922	160	0,921
160	12,80	0,926	170	0,925
170	12,87	0,930	180	0,929
180	12,95	0,933	190	0,932
190	13,03	0,935	200	0,934

und zwar in Abhängigkeit von der Bremsleistung und der gesamten elektrischen Leistung. Die Größe des Bremseffektes variierte bei den Untersuchungen zwischen 78 und 197 PS, dementsprechend sind die Werte in der Tabelle für die Bremsleistung bzw. elektrische Gesamtleistung bis auf 200 bzw. 190 PS eingetragen, trotzdem die gemessenen Werte für die Dynamogrößen etwa 40 PS tiefer liegen. In Ermangelung genauerer Daten ist diese Ausnahme eingeführt worden. Die normale Leistung der Dynamo (300 PS) soll bei einer Tourenzahl 150 und einer Spannung von 55 Volt eintreten. Würde die oben abgeleitete Relation zwischen dem totalen Verluste und der gesamten elektrischen Leistung der Dynamo auch bei 300 PS Gültigkeit behalten, so wäre der normale Wirkungsgrad der Dynamo  $\eta_D = 0,954$ .

### C. Wirkungsgrad der Transformatoren der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und der Oerlikon-Aktien-Gesellschaft.

Zur Bestimmung des Wirkungsgrades der zwei Transformatoren der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft von je 100 Kilowatt Leistung, welche dazu dienten, die von der Dynamo in dieselben eingeführte Niederspannungsenergie als Hochspannungsenergie fortzuführen, wurde

Fig. 71.



folgende Schaltungsweise angewandt. Die drei Polklemmen der Dynamo wurden durch ein Kupferkabel von etwa 30 m Länge und  $400 \text{ mm}^2$  Querschnitt mit den drei primären Klemmen eines Transformators und die sekundären Klemmen desselben mit den drei sekundären Klemmen des anderen Transformators auf kürzestem Wege verbunden. Die drei primären Klemmen des letzteren wurden mit einem Pole mittels dreier Zweige einer tertiären Leitung mit der Glühlampenbatterie verbunden, welche bereits bei den Untersuchungen an der Dynamo als Belastungswiderstand angewandt worden war; das andere Ende der Glühlampenbatterie war durch die neutrale Leitung mit dem neutralen Knotenpunkt des zweiten Transformators verbunden. Der neutrale Knotenpunkt des ersten Transformators war mit dem neutralen Knotenpunkt der Dynamo in Kontakt. Das Schema der Schaltung ist aus beifolgender Fig. 71 zu ersehen.