

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 41/42 (1903)
Heft: 14

Artikel: Motoren-Generator-Gruppen des Elektrizitätswerkes Stockholm: von der Maschinenfabrik Oerlikon
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-24048>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Motor-Generator-Gruppen des Elektrizitätswerkes Stockholm. — Wanderungen durch die Bretagne. II. (Schluss.) — Die Umgestaltung der Freien Strasse in Basel. VI. — Neue Abfuhrlinien des Hafens von Genua. (Forts.) — Miscellanea: Bedeutung der Renaissance für den modernen Kirchenbau. Elektr. Kraftwerk an den Spier-Fällen des Hudson. Grosse Güterwagen. Untersuchungen über Betoneisenkonstruktionen.

Turbinen-Schnelldampfer. Montreux-Berner-Oberland-Bahn. S. B. B. Konferenz schweiz. beamteter Kulturingenieure. Albulabahn. — Konkurrenzen: Eiserne Brücke über die Arve in Genf. — Preisausschreiben: Künstlerische Affichen für die S. B. B. — Literatur: Der Brückenbau. — Korrespondenz. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ing.- u. Arch.-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung. — Hiezu eine Tafel: Wanderungen durch die Bretagne.

Motor-Generator-Gruppen des Elektrizitätswerkes Stockholm.

Von der *Maschinenfabrik Oerlikon*.

Die Motor-Generator-Gruppen des Elektrizitätswerkes Stockholm dienen zur Umwandlung von Dreiphasenstrom von 6000 Volt Spannung und 25 Perioden in Gleichstrom mit stark veränderlicher Spannung, einerseits von 440 Volt zur Speisung von Lichtnetzen, anderseits von 600 Volt zur Speisung von Trambahnen. Die Maschinenfabrik Oerlikon hat für diese Gruppen asynchrone Drehstrommotoren mit Anlasswiderstand auf den Rotor mitlaufend angewendet. Die Gruppen sind in vier Typen für folgende Verhältnisse ausgeführt:

1. Motor-Generator-Gruppe für 500 *kw* Gleichstromspannung von 440–600 V., mit Umdrehungszahl von 375.
2. Motor-Generator-Gruppe für 500 *kw* Leistung und Gleichstromspannung von 220–300 V., bei einer Umdrehungszahl von 300.
3. Motor-Generator-Gruppe für 250 *kw* Leistung, Gleichstromspannung von 440–600 V. und Tourenzahl von 500.
4. Motor-Generator-Gruppe für 65 *kw* Leistung, Gleichstromspannung von 440–600 V. und einer Umdrehungszahl von 500.

Sämtliche zu diesen Gruppen gehörige Maschinen wurden in der Maschinenfabrik Oerlikon vollständigen Messungsreihen unterzogen, die mit der grösstmöglichen Genauigkeit und den zuverlässigsten, heute auf dem Markte erhältlichen Messinstrumenten, ausgeführt werden konnten. Die Versuche erstreckten sich bei jeder Maschine zunächst auf Ausmessung der Leerlaufverluste bei verschiedenen Spannungen, wobei die Eisenverluste von den Reibungs-

verschiedenen Belastungen massgebend ist; bei den Gleichstrommaschinen endlich auf Messung der Kollektorverluste und der Kommutierungsverhältnisse bei Kurzschluss und verschiedenen Belastungsstadien. Mit den 250 *kw* und 65 *kw*-Gruppen konnten ausserdem vollständige Belastungsreihen von Leerlauf bis zur Vollbelastung ausgeführt werden, ebenso konnten die Gleichstrom-Generatoren der 500 *kw*-Gruppe bei 300 Touren vollständig belastet werden, sodass es möglich war, aus den direkten Messungen, Wirkungsgraden und der Phasenverschiebung bei verschiedenen

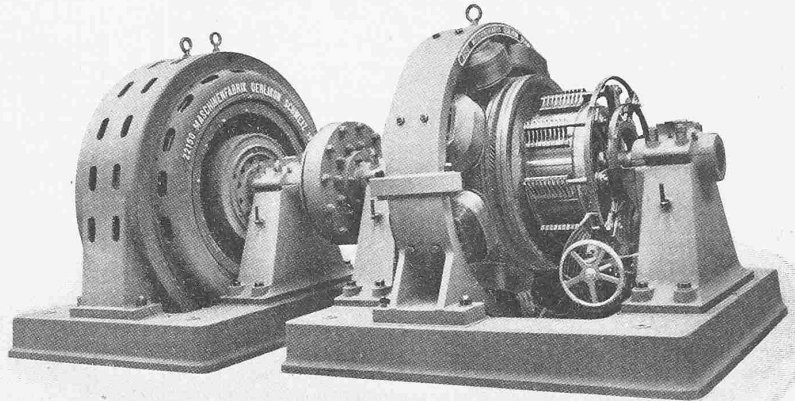


Abb. 1. 500 *kw* Dynamo Typ G. 80, 440–600 Volt, 1140–830 Ampère, gekuppelt mit 600 *kw* Drehstrommotor Typ 8084, 6000 Volt 25 Cycles.

Belastungen dieser Gruppen Vergleiche anzustellen mit den aus den getrennt bestimmten Einzelverlusten berechneten Wirkungsgraden und der aus dem Streuungskoeffizienten konstruierten Phasenverschiebung. Es ist von vornherein zu konstatieren dass die direkte Bestimmung des Wirkungsgrades und der Phasenverschiebung eine ausserordentlich nahe Uebereinstimmung mit den berechneten Werten ergab. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Schwierigkeiten und Ungenauigkeiten der direkten Bestimmung im Verhältnis zu der grossen Sicherheit der indirekten Bestimmung den Wert der Resultate der erstern Methode stark herabsetzt. Denn eine ganz korrekte Bestimmung des Wirkungsgrades kann nur ausgeführt werden mit Aufwendung von drei Voltmetern, drei Ampèremetern und zwei Wattmetern auf der Drehstromseite und einem Voltmeter und einem Ampèremeter auf der Gleichstromseite. Diese Instrumente sind gleichzeitig abzulesen und es ist dazu erforderlich, dass die Belastung sowie die Periodenzahl und Spannung der Drehstromquelle während längerer Zeit absolut konstant gehalten werden können, was in der Praxis bekanntlich zu den allergrössten Schwierigkeiten gehört. Wiederholte sorgfältige Versuche haben zu der Ueberzeugung geführt, dass nur in ganz aussergewöhn-

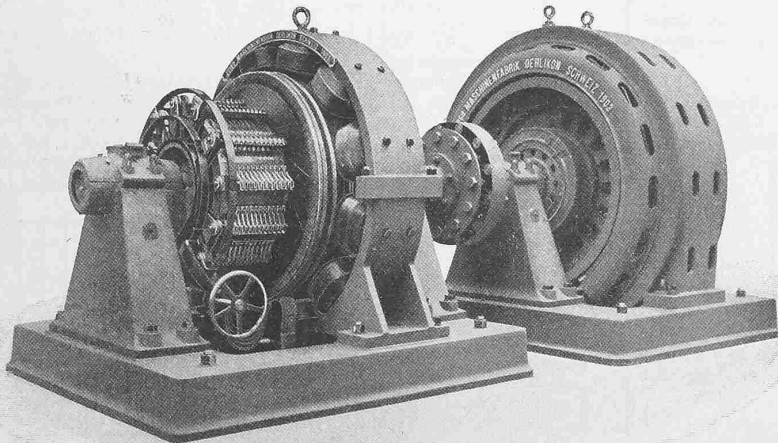


Abb. 2. 500 *kw* Dynamo Type G. 84, 220–300 Volt, 2270–1670 Ampère, gekuppelt mit 500 *kw* Drehstrommotor Typ 8088, 6000 Volt 25 Cycles.

verlusten getrennt werden konnten; ferner auf Ermittlung der durch die ohmischen Widerstände bestimmten Kupferverluste bei Vollbelastung, bei den Drehstrommotoren auch auf Bestimmung des Streuungskoeffizienten, der nach bekannten, vollkommen zuverlässigen Theorien für die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Stromstärke bei den

lichen Fällen der aus einem Netz entnommene Dreiphasenstrom wirklich in allen 3 Phasen genau symmetrisch ist, und dass schon kleine Abweichungen von der Symmetrie einen bedeutenden Einfluss auf die Messresultate haben können. Ganz abgesehen von der auch dem genauesten elektrischen Messinstrument anhaftenden Ungenauigkeit von wenigstens

I. Versuchsbericht

über die mit der 500 kw Motor-Generator-Gruppe Typ 8084/G. 80, für das Gaswerk Stockholm vorgenommenen Probemessungen.

A. Motor. Umdrehungszahl 370 in der Minute.

1. *Leerlaufmessungen.* Bei vom Gleichstromgenerator losgekuppeltem Anker wurden gemessen:

Perioden	25,1	25,1	25,3	25,3	25,4	25,3
Prim. Spannung am Weston Instr. V.	8000	6850	6060	5100	4050	2860
Stromstärke pro Phase . . . Amp.	12,7	9,9	8,3	6,9	5,5	4,0
Total primäre Watt {	Ableitung	23,0	18,0	15,0	12,0	10,0
	kw	21,4	16,7	13,9	11,2	9,3
Totaler Leerverlust bei 6000 V. 13,5 kw. — Leerstrom bei 6000 V = 8,2 A.						

Totaler Leerverlust bei 6000 V., 13,5 kw. — Leerstrom bei 6000 V. = 8,3 Amp.

2. *Messung der Uebersetzung:* Perioden 25,3. — Primärspannung 6050 V. — Sekundärspannung bei offenem Rotor 390 V.

3. *Widerstandsmessungen:* Primärer Widerstand pro Phase 1,34/2 Ohm = 0,67 Ohm. — Sekundärer Widerstand pro Phase 0,0069/2 Ohm. = 0,00345 Ohm.

4. *Kurzschlussversuch bei langsam gedrehtem Rotor:*

Perioden	25,6	25,6	25,6	25,3	25,2	25,1
Volt	300	357	475	605	727	920
Amp.	12,6	15,1	20,1	25,1	30,1	39,4
Scheinbarer Streuungskoeff. σ	= 0,027. — $\cos. \varphi$ 0,952 (nach Diagramm).					

5. *Nutzeffekt des Motors bei Vollast:*

Leerverluste	13,5 kw
Primäre Kupferverluste $56^2 \cdot 3 \cdot 0,67 =$	6,3 »
Sekundäre Kupferverluste $(56 \cdot 6080/390)^2 \cdot 3 \cdot 0,00345 =$	7,9 »
Gesamtverluste	27,7 kw

$\eta = 5273/555 = 0,952$.
Aus dem Diagramm wurden entnommen:

η	$\frac{1}{2}$ Last	$\frac{3}{4}$ Last	$\frac{1}{2}$ Last	$\frac{1}{4}$ Last
$\cos. \varphi$	0,95	0,952	0,94	0,84

Effektive Ueberlastungsfähigkeit 1620/720 = 225%.

6. *Schlüpfung bei Vollast:* $s = 7,9/535,2 = 1,47\%$.

7. *Erwärmung:* Da eine Vollbelastung nicht ausgeführt werden konnte, liess man den Motor mit 8000 Volt während 6 Stunden leer laufen:

Zeit	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	12	12 1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3
Eisentemp. °C.	14	21	29	36	42	45,5	49,5	53	56	58,3	58,6	57	58
Aussere Temp. °C.	13	14	15	16,5	17,5	18,2	19	18,8	19	19,5	20	21	21

8. *Isolationsproben:* Es wurde eine Spannungsprobe mit 15000 Volt während einer Stunde gegen Eisen gemacht. Ausserdem mit 10000 bis 12000 Volt Klemmenspannung bei offenem Anker und 50 Perioden.

B. Gleichstrom-Generator, Typ G. 80, 500 kw, 440—600 V., 1140—830 Amp., 370 Umdrehungen.

1. *Leerlaufcharakteristik:*

Umdrehungen	382	383	382	375	373	380	377	374	373	373
Hauptstrom {	V. 120	226	323	392	457	520	561	628	704	718
	A. —	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nebenschluss {	V. 48	89,5	136	172,6	217	259	321	431,5	665	718
	A. 1	2	3	4	5	6	7,5	10,1	15,1	16,2

Erregung bei Leerlauf für 440 V. etwa 5 Amp., für 600 V. etwa 9 Amp.

» » Vollast » 440 » » 6 » » 600 » » 10,5 »

2. *Ohmsche Widerstände der Wicklungen:*
Armatur: 0,005 Ohm ohne Kohlen bei 23° C. 0,0057 Ohm für 60° C.
Feld: 44 Ohm bei 23° C. gemessen, 50 Ohm bei 60° C.

3. *Eisen-, Reibungs- und Ventilationsverluste:*
Die Gruppe wurde von der Drehstromseite angetrieben, der Generator lief unbelastet, einmal ohne Bürstenaufgabe, dann mit derselben; sodann unerregt und selbst erregt.

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Umdreh.	Volt	Amp.	kw	Volt	Amp.-N.-Schl.	kw	Errg.	Bemerkungen
410	6000	8	26,8	—	—	—	—	Kohlenbürst. abgehob.
418	6000	8	26,8	—	—	—	—	—
416	6000	8	29,1	—	—	—	—	—
416	6000	8	32,2	384	3	1,1	—	—
416	6000	8,3	38,8	592	6,2	3,7	—	—
411	6000	8,8	46,4	650	8,2	5,3	—	—
413	6000	9,5	56,6	700	11,1	7,8	—	—
413	6000	8,6	45,7	646	8	5,2	—	—
418	6000	8,1	37,5	582	6	3,5	—	—
422	6000	8	33,6	146	4	1,9	—	—

Alle Bürsten liegen auf

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

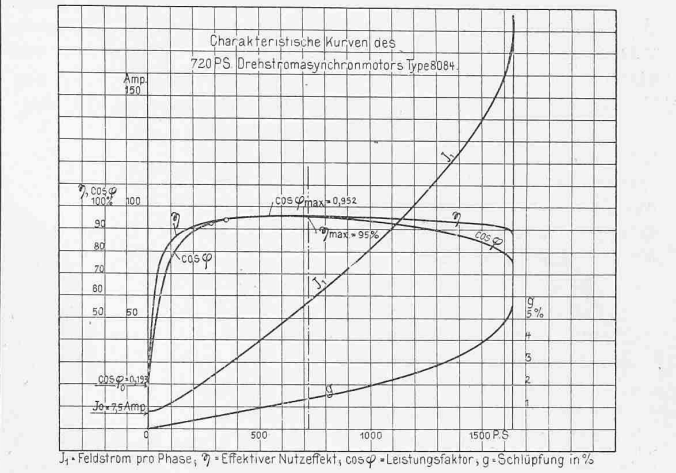
Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

für 9 Amp. Erreg. von 42,5 kw. Somit Eisenverlust des Generators: für 440 V. 33,1 — 29,1 = 4 kw, für 600 V. 42,5 — 29,1 = 13,4 kw.

Für Lagerreibung und Ventilation des Generators können wir 5 kw setzen. — Die Reibungsverluste am Kollektor betragen 29,1 — 26,8 = 2,3 kw.

4. *Uebergangsverluste am Kollektor:*
Jeder Bürstenstift trägt 10 Kohlen von einem Uebergangsquerschnitt von je 1,6 · 2,4 cm². Die totale Uebergangsfläche ist also 305 cm². Bei der Vollast mit 440 Volt ist die Stromdichte 6,75 Amp./cm². Aus dem Kurvenblatt entnehmen wir für diese Stromdichte einen Verlust von 8,2 Watt per cm² der Uebergangsfläche.

Der gesamte Uebergangsverlust ist also 8,2 · 305 = 2500 Watt.



5. *Zusammenstellung der Einzelverluste und des Nutzeffektes:*

Bei Vollast für:	440 Volt	600 Volt
Ohmsche Verluste im Armaturkupfer (V. Ar.)	7,4 kw	4 kw
Uebergangsverluste am Kollektor (V. K. el.)	2,5 »	1,7 »
Mechanische Verluste am Kollektor (V. K. m.)	2,3 »	2,3 »
Verluste im Ankereisen (V. Fe.)	4 »	13,4 »
Verluste im Magnetkupfer und im Regulator (V. Fr.)	2,6 »	6,3 »
Verluste durch Lagerreibung u. Ventilation (V. R. u. V.)	5 »	5 »

Totalverlust bei Vollast (V. t.) 23,8 kw 32,7 kw
Nutzeffekt bei Vollast $\eta = 500/523,8 = 95,5\%$; $500/532,7 = 94\%$.

	$\frac{1}{2}$ Last	$\frac{1}{4}$ Last	$\frac{1}{2}$ Last	$\frac{1}{4}$ Last
V. Ar.	1,85 kw	0,46 kw	1,0 kw	0,25 kw
V. K. el.	0,75 »	0,24 »	0,5 »	0,15 »
V. K. m.	2,3 »	2,3 »	2,3 »	2,3 »
V. Fe.	4,0 »	4,0 »	13,4 »	13,4 »
V. Fr.	2,4 »	2,3 »	5,8 »	5,6 »
V. R. u. V.	5,0 »	5,0 »	5,0 »	5,0 »

V. t. = 16,3 kw 14,3 kw 28,0 kw 26,7 kw
 $\eta = \frac{1250}{266,3} = 93,8\%$ $\frac{125}{139,3} = 89,7\%$ $\frac{250}{278} = 90\%$ $\frac{125}{151,7} = 83\%$

6. *Temperaturmessung.*
1. Nach fünfständiger Belastung mit 353 Volt · 1180 Amp., 363 Umdrehungen, 4,6 Amp. Erreg. sind die Temperaturen wie folgt gemessen: Zimmer 21° C., Anker 42°, Kollektor 56°, Magnetsp. 32°.

2. Nach einer zehnstündigen Belastung mit 600 Volt · 390 Amp., 385 Touren, 8,1 Amp. Erreg. im Nebenschluss waren die Temperaturen: Zimmer 19,5° C., Anker 36°, Kollektor 35,5°, Magnetspule 44° C.

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

Trägt man die Beobachtungswerte in einer Kurve auf, so ergibt sich abzüglich der für die Erregung des Generators aufgewendeten Energie für 5 Amp. Erregung ein kw-Verlust in der Gruppe von 33,1 kw und

II. Versuchsbericht

über die mit der 500 kw Motor-Generator-Gruppe Typ 8088/G. 84, für das Gaswerk Stockholm vorgenommenen Probemessungen.

A. Motor. Umdrehungszahl 300 in der Minute.

1. **Leerlaufmessungen.** Bei vom Gleichstromgenerator losgekuppeltem Anker wurden gemessen:

Perioden	25	25	25,1	25,1	25	24,5
Prim. Spanng. am Weston Instr. V	5940	5290	3150	6510	7530	8420
Stromstärke pro Phase Amp.	8,6	7,55	4,45	9,65	11,3	13,6
Total primäre Watt	33	28	17	37	44	52
Ablesung	13,2	11,3	6,8	15,0	17,8	21,0

Totaler Leerungsverlust bei 6000 V. 13,2 kw — Leerstrom bei 6000 V. = 8,6 Amp.

2. **Messung der Übersetzung:** Perioden 24,8. — Primärspannung 6000 V. — Sekundärspannung bei ruhendem offenem Rotor 550 V.

3. **Widerstandsmessungen:** Primärer Widerstand pro Phase 0,79 Ohm. — Sekundärer Widerstand pro Phase 0,00725 Ohm.

4. **Kurzschlussversuch bei langsam millaufendem Anker:**

Perioden	25	25,4	25,4	25,7	25,4
Volt	155	240	396	525	630
Amp.	6,8	9,8	16	24,3	29,6

Scheinbarer Streuungskoeffizient $\sigma = 0,0285$. — $\cos \varphi$ max. = 0,953.

5. **Nutzeffekt des Motors bei Vollast:**

Leerverluste	13,2 kw
Kupferverlust im Stator $56^2 \cdot 3 \cdot 0,0079$	7,5 »
Kupferverlust im Rotor $(56 \cdot 6000/550)^2 \cdot 3 \cdot 0,00725$	8,1 »

Gesamtverluste 28,8 kw

$$\eta = 526,2/555 = 0,950.$$

Aus dem Diagramm berechnet wurden:

	1/1 Last	3/4 Last	1/2 Last	1/4 Last
η	95,0 %	95,2 %	94,5 %	91,5 %
$\cos \varphi$	0,953	0,950	0,934	0,85

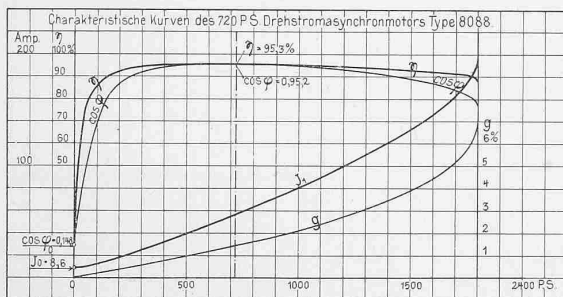
Effektive Ueberlastungsfähigkeit 1800/720 = 250 %.

6. **Schlüpfung:** $s = 8,1/534,3 = 1,5$ %.

7. **Erwärmung:** Vollbelastungsproben konnten nicht ausgeführt werden. Es wurden aber die Temperaturerhöhungen des Motors bei 4 1/2-stündigem Leerlauf mit 8200 Volt aufgenommen. Dabei waren die Gesamtverluste im Statoreisen annähernd gleich der Summe der Verluste bei Vollbelastung mit normaler Spannung.

Zeit 1 1/2 2 2 1/2 3 3 1/2 4 4 1/2 5 5 1/2 6
Eisentemperatur °C . . . 26 28 31 34 36,5 37,6 39 40 40,5 40
Aussere Temperatur °C 22 22,2 22,7 22,8 23,5 24 24 24 24,2 23,8

8. **Isolationsproben:** Es wurde eine Spannungsprobe mit 15000 V. während einer Stunde gegen Eisen gemacht. Ausserdem bei 50 Perioden mit 10000—12000 V. direkt erzeugter Spannung während einer Stunde.



J. = Feldstrom pro Phase, η = Effektiv-Nutzeffekt, $\cos \varphi$ = Leistungsfaktor, g = Schlüpfung in %

B. Gleichstrom-Generator Typ G. 84, 500 kw, 297 Umdrehungen, 220—300 Volt, 2270—1670 Amp.

1. Leerlaufcharakteristik:

Umdrehungen	297	294	292	295	294	292	300	298	297	292	283
Hauptstrom	V. 102	150	192	220	250	280	303	329	350	370	372
A.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Nebenschluss { V. 48 69 92 108 128 152 168 206 250 318 372
A. 3,8 6 8 9,5 11,5 14 15,5 18,9 23 29 34

Erregung bei Leerlauf für 220 V. etwa 9,5 Amp., für 300 V. etwa 15,5 Amp.

» Vollast » 220 V. » 11,5 » » 300 V. » 18 »

2. **Ohmische Widerstände der Wicklungen:** Armatur: 0,0014 Ohm bei 20 °C, 0,0016 Ohm bei 60 °C. gemessen. — Feld: 10,9 Ohm bei 22 °C, 12,6 Ohm bei 60 °C. gemessen.

3. Eisen-, Reibungs- und Ventilations-Verluste:

Die Gruppe wurde von der Drehstromseite angetrieben, der Generator selbstregt; es wurde folgende Beobachtungsreihe ausgeführt:

← Motor → | ← Generator →

Umdreh.	Volt	Amp.	kw	Volt	Amp.-N.	Schl.	kw	Errg.	Bemerkungen
306	6000	8,8	19,55	0	0	0	0	0	Mit allen Kohlen am Kollektor
300	6160	9,3	27,9	255	11,8	3,01	3,01	—	—
303	6200	9,6	36	310	16,6	5,15	5,15	—	—
298	6130	9,8	49,6	362	25,2	9,1	9,1	—	—
295	5860	10,2	63,5	390	34,7	13,5	13,5	—	—
299	6110	9	19,4	0	0	—	—	—	Mit allen Kohlen
300	5860	8,45	15,7	0	0	—	—	—	Mit nur 12 Kohlen
302	6110	8,95	15,35	0	0	—	—	—	Alle Kohlen abgehoben

Der Drehstrommotor allein, vom Generator losgekuppelt, braucht bei Leerlauf 13,2 kw. — Lagerreibung + Ventilation + Kollektorreibung ist also 19,5 — 13,2 = 6,3 kw. — Reibungsverluste am Kollektor 19,4 — 15,4 = 4 kw. Somit Lagerreibung + Ventilation = 6,3 — 4 = 2,3 kw.

Trägt man die Werte der Totalverluste (abzüglich Generator-Erreg-

Energie) in eine Kurve auf, so ergibt sich ein Total-Verlust für 9,5 Amp. Erreg. von 23,7 kw für 15,5 Amp. Erreg. von 29,3 kw. Somit Eisenverlust: für 220 V. 23,7 — 19,5 = 4,2 kw, für 300 V. 29,3 — 19,5 = 9,8 kw.

4. Uebergangsverluste am Kollektor:

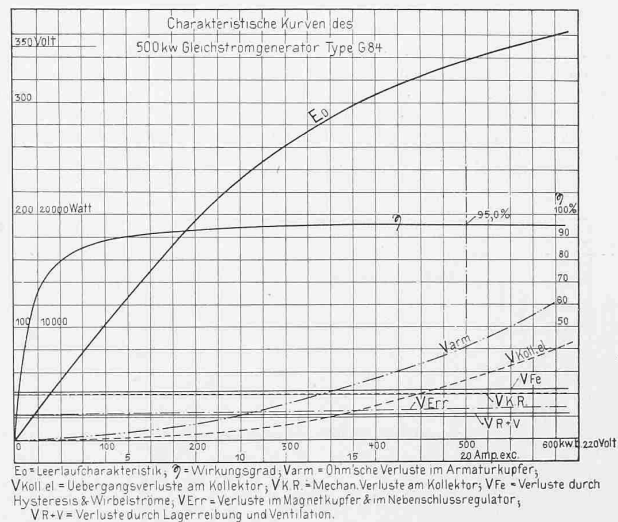
Jeder der 12 Bürstenstifte trägt 12 Kohlen, von je 2,2 · 2,4 cm² Uebergangsschnitt. Die totale Uebergangsfläche ist 760 cm². Bei Vollast mit 220 Volt ist die Stromdichte 5,55 Amp./cm² und mit 300 Volt 4,4 Amp./cm². Aus dem Kurvenblatt ergeben sich für obige Stromdichten Uebergangsverluste per cm² des Uebergangsquerschnitts von 6,5 bzw. 4,4 Watt. — Der gesamte Uebergangsverlust ist also bei 220 V. 6,5 · 760 = 5 kw, bei 300 V. 4,4 · 760 = 3,3 kw.

5. Zusammenstellung der Einzelverluste und des Nutzeffektes:

	Bei Vollast für:	220 Volt	300 Volt
Ohmsche Verluste im Armaturkupfer	(V. Ar.)	8,2 kw	4,4 kw
Uebergangsverluste am Kollektor	(V. K. el.)	5,0 »	3,3 »
Mechanische Verluste am Kollektor	(V. K. mech.)	4,0 »	4,0 »
Verluste im Ankereisen	(V. Fe.)	4,2 »	9,8 »
» » Magnetkupfer und im Regulator	(V. Er.)	2,5 »	5,4 »
» durch Lagerreibg. u. Ventilation	(V. R. u. V.)	2,3 »	2,3 »

Totalverlust bei Vollast (V. t.) 26,2 kw 29,2 kw
Nutzeffekt bei Vollast $\eta = 500/526,2 = 95$ %/o; 500/529,2 = 94,5 %/o.

	1/2 Last	1/4 Last	1/2 Last	1/4 Last
V. Ar.	2,05 kw	0,5 kw	1,1 kw	0,28 kw
V. K. el.	1,5 »	0,5 »	1,0 »	0,3 »
V. K. m.	4,0 »	4,0 »	4,0 »	4,0 »
V. Fe.	4,2 »	4,2 »	9,8 »	9,8 »
V. Er.	2,35 »	2,3 »	5 »	4,8 »
V. R. u. V.	2,3 »	2,3 »	2,3 »	2,3 »
V. t.	16,4 kw	13,8 kw	23,2 kw	21,48 kw
η	250/266,4 = 93,8 %/o	125/138,8 = 90 %/o	250/273,2 = 91,5 %/o	125/140,48 = 85,3 %/o

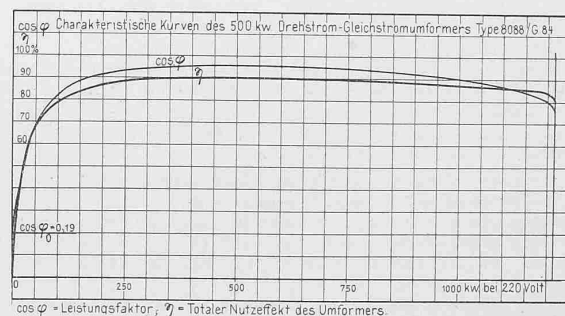


Es = Leerlaufcharakteristik, η = Wirkungsgrad, Varm = Ohm'sche Verluste im Armaturkupfer, Vkol el = Uebergangsverluste am Kollektor, VK R = Mechan. Verluste am Kollektor, VFe = Verluste durch Hysterisis & Wirbelströme, VErr = Verluste im Magnetkupfer & im Nebenschlussregulator, VR-V = Verluste durch Lagerreibung und Ventilation.

6. Temperaturmessung:

Nach 5-stündiger Belastung mit 353 Volt · 1350 Amp., 363 Umdrehungen 13,4 Amp. Erreg. im Nebenschluss, waren die Temperaturen: Zimmer 21 °C.; Anker 47 °C., Kollektor 52,5 °C.; Spulen 42 °C. — Der Generator lief als Motor mit 212 Volt, 2136 Amp., 317 Umdrehungen, 10,8 Amp. Erreg. im Nebenschluss. Nach 11 Stunden Dauerlauf waren die Temperaturen: Zimmer 23 °C.; Anker 52 °C.; Kollektor 68 °C.; Spulen 44 °C.

Es wurden dann 2 Generatoren gekuppelt und von einer Gleichstromquelle aus so reguliert, dass der eine als Motor arbeitend, den andern als Generator vollbelastet antreiben musste. Der Motor nahm den normalen Strom von 220 Volt, 2300 Amp. auf, der Generator gab einen Strom von 220 Volt, 2100 Amp. ab. Die Temperaturen des Motors waren: Zimmer 25 °C., Kollektor 70 °C., Armatureoberfläche 58 °C., Spulen 36 °C.



$\cos \varphi$ = Leistungsfaktor, η = Totaler Nutzeffekt des Umformers.

III. Versuchsbericht

über die mit der 250 kw Motor-Generator-Gruppe Typ 8072/G. 70 für das Gaswerk Stockholm vorgenommenen Probemessungen.

A. Motor. Umdrehungszahl 491 in der Minute.

1. **Leerlaufmessungen.** Bei leer mitlaufendem, vom Gleichstrom-Generator losgekuppeltem Anker sind folgende Ablesungen gemacht worden:

Perioden	22,5	23,7	23,7	23,9	23,9	23,7	23,7
Prim. Sp. a. West.-Instr. V.	7750	6750	7300	6430	6060	5450	4880
Stromstärke p. Phase A.	6,3	5,0	5,65	4,7	4,35	3,80	3,4
Totale primäre Ablesg.	13	19	22	18	16	14	12
Watts	9,7	7,1	8,2	6,7	5,9	5,2	4,5

Totaler Leerverlust bei 6000 V. 5,8 kw. — Leerstrom bei 25 Perioden = 4 Amp.

2. **Messung der Uebersetzung:** Perioden 25,2. — Primärspannung 5920 V. — Sekundärspannung bei ruhendem, offenem Anker 254 V.

3. **Widerstandsmessungen:** Primärer Widerstand: kalt = 4,07 Ohm, warm = 4,23 Ohm für 2 Phasen, pro Phase im Mittel = 2,1 Ohm. Sekundärer Widerstand: kalt = 0,00675, warm = 0,0070 Ohm.

4. Kurzschlussversuche bei langsam laufendem Rotor:

Perioden	24	24	23,7	24	23,7	23,6	23,5
Volt	26,3	40,5	63,3	83,2	113,0	128,0	158,0
Amp.	6,2	9,45	14,80	19,2	25,5	29,7	39,5

Scheinbarer Streuungskoeffizient $\sigma = 0,03$. — Cos. φ max. = 0,948 (nach Diagramm).

5. Nutzeffekt des Motors bei Vollast:

Leerverluste	5,8 kw
Joulesche Verluste im Stator	5,0 »
» » » Rotor	4,6 »
Gesamtverluste	15,5 kw

$\eta = 264,6/280 = 0,947$ und η max. bei $\frac{3}{4}$ Last = 95 %.

6. **Schlüpfung bei Vollast:** $s = 4,6/(280 - 10,8) = 1,7$ %.

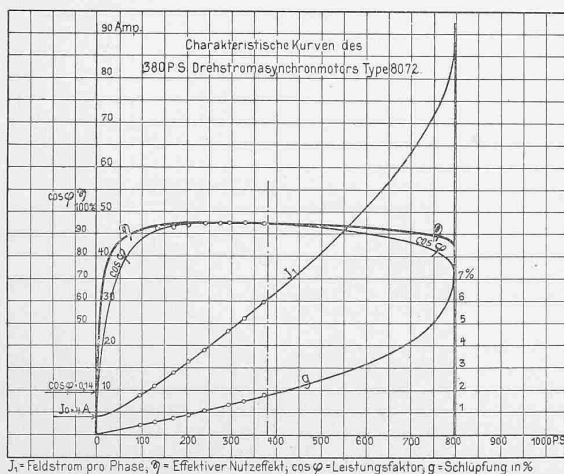
7. **Belastungsproben.** Es wurden zwei identische Umformergruppen aufeinander geschaltet und für verschiedene Belastungen cos. φ , die Schlüpfung und womöglich der Nutzeffekt bestimmt. Die bezüglichen Ergebnisse sind in den Kurvenblättern eingezeichnet. Die eingezeichneten Punkte entsprechen den beobachteten Belastungspunkten.

8. Erwärmung während 6-stündiger Vollbelastung mit 250 kw.:

Zeit	8	9	10	11	12	1	2
Gehäusetemperatur °C.	22,0	27,1	33,7	39,0	42,6	44,5	45,0
Aeusserer Temperatur °C.	17,5	17,5	20,0	21,5	23,6	25,0	26,0

Temp. nach dem Dauerlauf: Statorwicklung 65°; Aussentemp. 26°.

9. **Isolationsproben:** Es wurde eine Spannungsprobe mit 15000 V. während einer Stunde gegen Eisen gemacht. Ausserdem mit 10000 bis 12000 V. aufgedrückter Spannung bei offenem Anker.



B. Gleichstrom-Generator Typ G. 70, 250 kw, 491 Umdrehungen, 400 — 600 V.

1. Leerlaufcharakteristik.

Umdrehungen	500	500	498	498	500	496	499	500	496	490
Hauptstrom	V. 200	250	300	350	400	500	600	650	700	750
A.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nebenschluss	V. 100	121	158	187	210	280	382	475	640	750
A.	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,9	4,2	5,5	7,5	8,5

Die einfache Luftdistanz ist hierbei 13,5 — 14,5 m.

Erregung bei Leerlauf für 440 V. 2,4 Amp., für 600 V. 4,2 Amp.

Erregung bei Vollast für 440 V. 3,2 Amp., für 600 V., 5,2 Amp.

2. **Ohmsche Widerstände der Wicklungen:** Armatur: 0,013,5 Ohm ohne Kohlen, bei 15° C., 0,016 Ohm für 60° C. Feld: 90 Ohm bei 25° C., 103 Ohm bei 60° C.

3. Eisen-, Reibungs- und Ventilations-Verluste:

Die Maschine lief als Motor, separat erregt.

Umdreh.	255	330	400	500	490	385	260	365	405	445	500	500	448	350
Hauptstrom	V. 270	329	400	480	552	430	350	472	511	570	623	673	620	500
strom	A. 10	11	11	12,2	13	12,1	9	13	14	14	15	15	15	12,5
Nebenschl.	A. 3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6
kw.	2,7	3,62	4,4	5,85	7,2	5,2	3,15	6,14	7,16	8	9,4	10,8	9,35	6,28

Trägt man diese Beobachtungen graphisch in Kurven auf (siehe die

Methode in E. T. Z.), so kann man die Eisenverluste und Reibungsverluste + Ventilationsverluste von einander trennen.

Die totalen Reibungs- und Ventilationsverluste bei 491 Umdrehungen ergeben sich zu 2,7 kw, die Verluste im Eisen, durch Reibung und Ventilation, bei 440 V. also für die Erregung von 2,4 Amp. zu 4,9 kw, bei 600 V., für die Erregung von 4,2 Amp. zu 7,7 kw; somit Eisenverluste für 440 V. 2,2 kw, für 600 V. 5,0 kw. Die Reibungsverluste am Kollektor können mittelst des Kurvenblattes angenähert rechnerisch ermittelt werden. Nach unseren Beobachtungen stimmen jene Daten mit der Erfahrung ziemlich gut überein.

Die Umfangsgeschwindigkeit des Kollektors beträgt 14,15 mm/sek. Dieser entspricht bei einem Reibungskoeffizienten von 0,2 und bei einem spez. Druck von 160 Gramm per cm², ein Verlust von 0,85 kw.

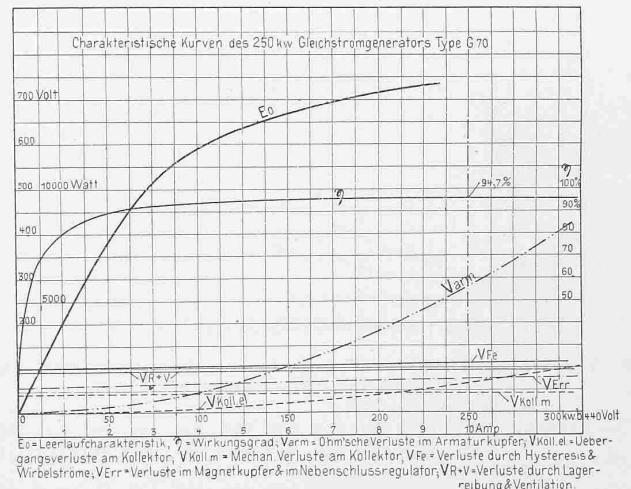
4. **Die Uebergangsverluste am Kollektor** sind nach den Daten des Kurvenblattes rund 6 W. per cm² Uebergangsfläche; hierbei sind auf den 4 Bürstenstiften je 10 Kohlen von 5,28 cm² Uebergangsquerschnitt und der totale Uebergangsquerschnitt ist 212 cm². Die Uebergangsverluste betragen somit $212 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 1,27$ kw.

5. Zusammenstellung der Einzelverluste und des Nutzeffektes:

bei Vollast für:		440 Volt	600 Volt
Ohmsche Verluste im Armaturkupfer	(V. Ar.)	5,4 kw	2,9 kw
Uebergangsverluste am Kollektor	(V. K. el.)	1,3 »	0,9 »
Mechanische Verluste am Kollektor	(V. K. m)	0,85 »	0,85 »
Verluste im Ankereisen	(V. Fe.)	2,2 »	5,0 »
» » Magnetkupfer und im Regul.	(V. Er.)	1,4 »	3,2 »
» durch Lagerreibung u. Ventilation (V. R. u. V.)		1,85 »	1,85 »
Totalverlust bei Vollast (V. t.)		13,0 kw	14,7 kw

Nutzeffekt bei Vollast $\eta = \frac{250}{263} = 94,9$ %; $\frac{250}{264,7} = 94,5$ %.

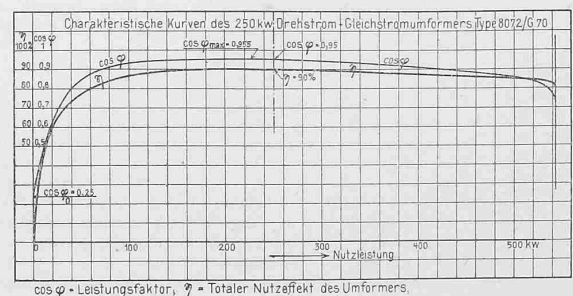
440 Volt		600 Volt	
1/2 Last	1/2 Last	1/2 Last	1/4 Last
V. Ar. = 1,35 kw	0,35 kw	0,75 kw	0,19 kw
V. K. el. = 0,4 »	0,15 »	0,3 »	0,08 »
V. K. m. = 0,85 »	0,85 »	0,85 »	0,85 »
V. Fe. = 2,2 »	2,2 »	5,0 »	5,0 »
V. Er. = 1,2 »	1,1 »	2,85 »	2,68 »
V. R. und V. = 1,85 »	1,85 »	1,85 »	1,85 »
V. t. = 7,85 kw	6,5 kw	11,6 kw	10,65 kw
$\eta = \frac{125}{132,85} = 94,1$ %	$\frac{62,5}{69} = 90,5$ %	$\frac{125}{136,6} = 91,5$ %	$\frac{62,5}{73,15} = 85,5$ %



6. Temperaturmessung.

1. Der Generator wurde während 6 Stunden belastet mit 435 V. 578 A. = 251,5 kw bei 481 Umdreh., 3,3 Amp. Erreg. — Die am Schluss gemessenen Temperaturen waren: Zimmer 27° C., Anker 50°, Feldspulen 48°, Kollektor 61°.

2. Eine weitere Dauerprobe wurde bei 600 V. Spannung gemacht. Die Belastung war: 600 V. · 398 Amp. = 238,8 kw 500 Umdrehungen; Erreg. im Nebenschluss 4,8 Amp. Nach 10-stündigem Betrieb waren die Temperaturen: Zimmer 19,5° C., Anker 42°, Feldspulen 46°, Kollektor 37,5° C.



IV. Versuchsbericht

über die mit der 65 kw Motor-Generator-Gruppe Typ 3065/N. N. IXa, für das Gaswerk Stockholm vorgenommenen Probemessungen.

A. Motor. Umdrehungszahl 490 in der Minute.

1. Leerlaufmessungen. Man erhielt bei losgekuppeltem Gleichstromgenerator die folgenden Messergebnisse:

Perioden	25,3	25,2	25,3	25,0	25,2	25,3
Prim. Spannung am Weston-Instr. V.	3100	3850	5150	5920	6970	8200
Stromstärke pro Phase Amp.	1,0	1,30	1,75	2,10	2,65	3,45

Totale primäre Watt { Ablesung 1,33 1,54 1,82 2,24 2,87 3,78
kw 1,33 1,54 1,82 2,24 2,87 3,78

Leerlaufverlust 2,3 kw. — Leerstrom bei 25 Perioden, 2,13 Amp.

2. Messung der Uebersetzung: Perioden 25,3, Primärspannung 6000 Volt, Sekundärspannung 190 Volt.

3. Widerstandsmessungen: Prim. Widerstand p. Phase 17/2 = 8,6 Ohm; Sekund. Widerstand p. Phase 0,015/2 = 0,0075 Ohm.

4. Kurzschlussversuch bei langsam laufendem Rotor:

Perioden	25,3	25,3	25,4	25,4	25,3	25,2
Volt	258	465	675	940	1120	1400
Amp.	2,2	4,1	6,1	8,5	10,1	12,3

Scheinbarer Streuungskoeffizient $\sigma = 0,038$; $\cos \varphi$ max. = 0,935 (nach Diagramm).

5. Nutzeffekt des Motors bei Vollast.

Leerverluste 2,3 kw

Primäre Joulesche Verluste: $8^2 \cdot 3 \cdot 8,6$ 1,65 »

Sekundäre Joulesche Verluste ($8 \cdot 6000/190$)² · 3 · 0,0075 1,43 »

Gesamtverluste 5,38 kw

$\eta = 71,6/77,0 = 0,93$ %.

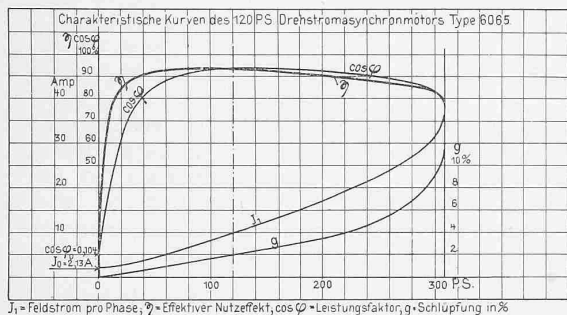
6. Schlüpfung bei Vollast: $s = 1,43/73 = 1,96$ % (angenähert).

7. Erwärmung bei Dauerlauf mit 8000 Volt:

Zeit	1	2	3	4	5	5 3/4
Eisentemperatur	22	31,3	38,8	42	43,2	44,2
Aussentemperatur	19	20,5	22	23	23,5	23,5

Bei 9 Stunden Vollbelastung mit angekuppeltem zugehörigem Gleichstromgenerator fand man bei 22,5 ° C. Aussentemp. 53 ° C. Eisentemp.

8. Isolationsproben. Es wurden Spannungsproben mit 15000 V. gegen Eisen und mit 10000 — 12000 V. Eigenspannung bei 50 Perioden vorgenommen.

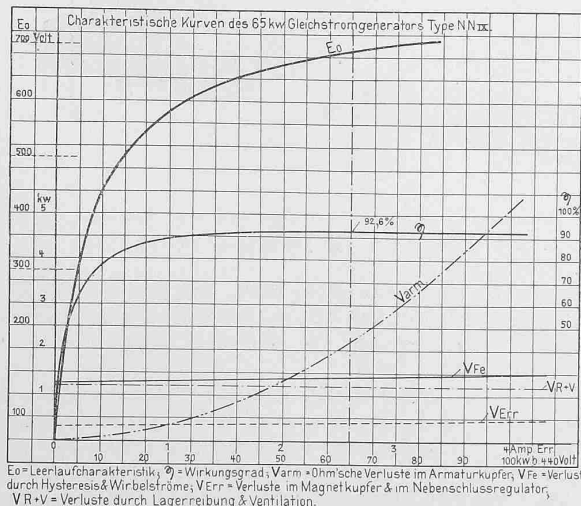


B. Gleichstrom-Generator Typ N. N. IXa, 65 kw, 440 — 600 V., 148 — 108 Amp., 490 Umdrehungen.

1. Leerlaufcharakteristik:

Umdrehungen	493	491	501	498	492	494	491	495	492	489
Hauptstrom { V.	308	418	500	552	600	638	658	688	698	700
A.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nebenschluss { V.	105	148	194	234	300	374	462	592	685	700
A.	0,2	0,35	0,55	0,8	1,12	1,5	1,9	2,5	3,0	3,1

Erregung bei Leerlauf für 440 V. 0,4 Amp., für 600 V. 1,12 Amp.,
» » Vollast » 440 V. 0,65 » » 600 V. 1,4 »



2. Ohmsche Widerstände der Wicklungen:

Armatur: 0,011 Ohm bei 60 ° C. einschl. Uebergangswiderstand.

Feld: 250 Ohm bei 20 ° C., 290 Ohm bei 60 ° C. gemessen.

3. Eisen-, Reibungs- und Ventilations-Verluste:

Die Gruppe war von der Drehstromseite angetrieben worden. Der Generator war separat erregt.

Umdreh.	← Motor →	← Generator →	Nutzeff.	Bemerk.				
	Volt.	Amp.	kw	Volt	Amp.	Amp.-Neb.-Schl.	η	
495	6000	1,9	2,65	0	0	0	—	Bürsten liegen auf.
500	6020	2,0	4,05	442	0	0,7	—	
493	6000	2,02	6,15	600	0	1,3	—	
513	6000	2,65	17,45	470	27	0,75	72,7	
502	6010	4,55	39,7	440	75	0,78	83,2	
500	6070	6,05	55,5	438	108	0,8	85,2	
492	6100	8,4	79,7	445	150	0,9	83,7	
491	5930	8,22	75,3	600	107	1,48	85,3	
490	6060	9,75	91,5	598	127	1,58	83,1	
486	6070	9,42	88,55	435	170	0,95	83,5	

Eisenverluste für 440 V. 4,05 — 2,65 = 1,4 kw; für 600 V. 6,15 — 2,65 = 3,5 kw. Der Verlust durch Reibung und Ventilation ist etwa 1,2 kw.

4. Zusammenstellung der Einzelverluste und des Nutzeffektes.

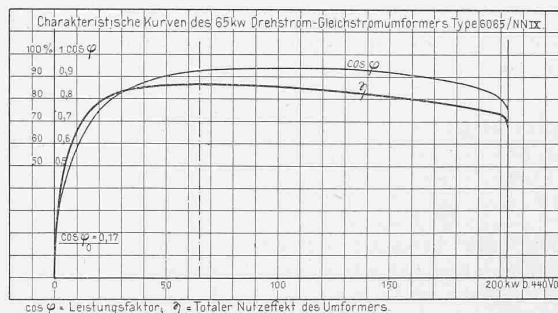
Bei Vollast für:	440 Volt	600 Volt
Ohmsche Verluste im Armaturkäufer { (V. Ar.)	2,4 kw	1,3 kw
Uebergangsverluste am Kollektor {	—	—
Verluste im Ankereisen (V. Fe.)	1,4 »	3,5 »
» » Magnetkäufer und im Regul. (V. Er.)	0,3 »	0,85 »
» durch Reibung und Ventilation (V. R. u. V.)	1,2 »	1,2 »

Totalverluste bei Vollast (V. t.) 5,3 kw 6,85 kw
Nutzeffekt $\eta = 65/70,3 = 92,5$ %; $65/71,85 = 90,4$ %.

	1/2 Last	1/4 Last	1/2 Last	1/4 Last
V. Ar.	0,6 kw	0,15 kw	0,33 kw	0,08 kw
V. Fe.	1,4 »	1,4 »	3,5 »	3,5 »
V. Er.	0,25 »	0,2 »	0,75 »	0,72 »
V. R. u. V.	1,2 »	1,2 »	1,2 »	1,2 »
V. t.	3,45 kw	2,95 kw	5,78 kw	5,5 kw
$\eta = \frac{32,5}{35,95} = 90,3$ %;	$\frac{16,25}{19,2} = 84,2$ %;	$\frac{32,5}{38,28} = 84,7$ %;	$\frac{16,25}{21,75} = 74,4$ %.	

5. Temperaturmessung:

Nach 4 1/2-stündigem Dauerbetrieb mit 535 Volt · 83 Amp. 471 Umdrehungen und 1,2 Amp. Erregung, waren die Temperaturen:
Zimmer 23 ° C., Anker 48 ° C., Kollektor 42 ° C., Spulen 36 ° C.



$\pm 0,5$ % ist daher die direkte Messung des Wirkungsgrades stets mit Fehlerquellen verbunden, die das Resultat um wenigstens ± 2 % einstellen können. Dagegen sind die Werte, welche man aus den Einzelverlusten und den Streuungskoeffizienten berechnet, bei den relativ sehr hohen Wirkungsgraden und Leistungsfaktoren einem Fehler von 2 % nur dann unterworfen, wenn die Messung der Einzelverlusten mit Fehlern von etwa 20 % behaftet waren. Wir geben daher in den vorstehenden Zusammenstellungen vor allem Einzelverluste und die aus diesen Verlusten berechneten Wirkungsgrade, ferner die aus Magnetisierungsstrom und Kurzschlussstrom bestimmten Streuungskoeffizienten und die daraus berechneten Phasenverschiebungen an. Dabei haben wir offenbar bei Drehstrommotoren und Gleichstrommaschinen diejenigen Verluste vernachlässigt, welche bei der Vollbelastung infolge der durch die stromführenden Leiter hervorgerufenen Wirbelströme und Feldverzerrungen entstehen. Dass diese zusätzlichen Verluste sehr klein sein müssen, haben wir aus den direkten Messungen und den Messungen bei Kurzschluss der Maschinen entnehmen können. Es ist also in den Kurvenblättern der Seiten 164 bis 167 der Wirkungsgrad durch die Berechnung aus den Einzelverlusten zu definieren.

Bei einigen Drehstrommotoren wurden die Messungen mit verschiedenen Lufträumen zwischen Stator- und Rotoreisen ausgeführt, indem bei den ersten Versuchen das Rotoreisen am Umfang unbearbeitet gelassen wurde und dadurch die Luftdistanz kleiner war als bei der definitiven Ausführung mit abgedrehtem Rotorzylinder. Aus diesem Umstand rührt eine kleine Differenz in den Angaben eines Kurvenblattes auf Seite 164 und dem zugehörigen Text her.

Die Verluste in den Kommutatoren wurden nach den von Obergeringenieur Dettmar in der Elektrotechnischen Zeit-

Saint-Fiacre“ in le Faouet bei Quimperlé, Département Quimper, herausgegriffen (Abb. 1).

Hier ist der Turmbau dreiteilig; der mittlere Teil dient als Glockenturm, während die Seitentürme durch eine Galerie mit dem Hauptturm verbunden, in Kriegsgefahr von der Besatzung benutzt wurden. Solch dreiteilige Türme sind oft über der Fassade errichtet, oft auch über der Hauptschiff vom Chore trennenden Mauer, wie an der Kirche von *Penmarch* und an der Kirche von *Tronoan* bei *Saint-Guénolé*. Nicht selten finden sich auch seitlich angebaute Türme, die jetzt aber meist halb abgetragen sind, wie erzählt wird, auf Befehl der Könige von Frankreich, die so dem aufrührerischen Volke die befestigten Zufluchtsstätten nahmen.

Im Innern des Landes findet man vielfach kleinere gotische Kirchen mit Befestigungstürmen und einem später angebauten mächtigen Renaissance-Turm wie bei der Kirche von *Pleyben* bei *Châteaulin*, an die noch später eine Sakristei in barocken Formen angegliedert wurde (siehe Tafel zu Nr. 13). Einen ähnlichen Turm hat auch die Kirche von *Saint-Thégonnec* bei Morlaix, die ausserdem durch ihre geradezu phantastische Architektur auffällt. Die Unruhe der Linien wird aber gemildert durch die ernste und dunkle Tönung des Bauwerkes; es legt sich die ganze schwermütige Färbung der Bretagne auch über diese Denkmäler und lässt sie trotz der übermütigen Formen ehrwürdig und düster erscheinen. Namentlich bei Regenwetter bieten sie mit den vielen, in die Luft ragenden Kreuzen

der „Calvaires“ ein unheimliches aber ergreifendes Bild. Die „Calvaires“ oder „Golgathas“, bestehen bei kleinen Kapellen aus einem einzelnen oder drei einfachen Kreuzen, sind aber auf den Friedhöfen der grossen Kirchen reichste ausgebildet. Die ganze Kreuzigung ist hier dargestellt in übereinander angeordneten Reihen mit mehr oder weniger künstlerisch ausgeführten Figurengruppen. Es gibt nichts malerischeres als diese „Calvaires“ inmitten der

Motor-Generator-Gruppen des Elektrizitätswerkes Stockholm.
Von der Maschinenfabrik Oerlikon.

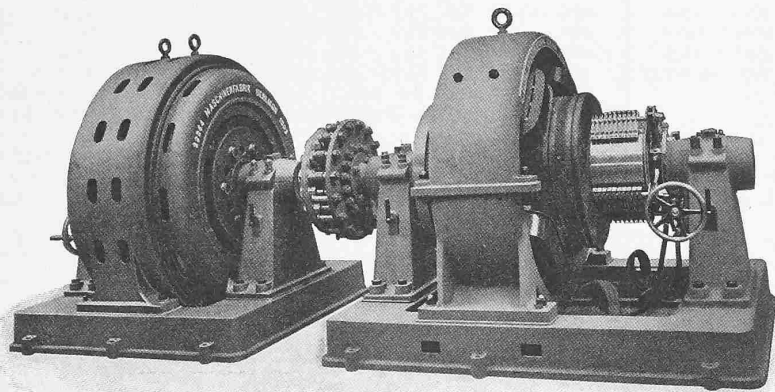


Abb. 3 250 kw Dynamo Typ G. 70, 440—600 Volt, 570—417 Ampère, gekuppelt mit 280 kw Drehstrommotor Typ 8072, 6000 Volt 25 Cycles.

schrift vom Jahr 1900, Seite 429, veröffentlichten Angaben berechnet, die wir bei wiederholten Messungen an unsern eigenen Kollektoren und mit unsern eigenen Kohlenbürsten im allgemeinen vollkommen bestätigt gefunden haben. Die Ergebnisse der Untersuchungen mit den vier Gruppen sind je in den Versuchs-Berichten und den Kurventafeln der Seiten 164 bis 167 enthalten.

Wanderungen durch die Bretagne.

Von Architekt *Adolf Tüchle* jun. in Bern.
(Mit einer Tafel.)

II. (Schluss.)

Dem die Bretagne durchstreifenden Architekten fallen vor allem die zahlreichen Kirchen auf, die über das ganze Land zerstreut sind. Interessant ist an ihnen allerdings meist nur das Aeussere, das Innere erscheint fast stets mit jenem modernen Kram verdorben, den man an der Place St-Sulpice in Paris kaufen kann, mit all jenen Bouquets und allzu farbigen Heiligenbildern, oft auch mit dem naiven Werke eines ländlichen Farbenkünstlers. Am bemerkenswertesten sind die Türme, die alle bis zum Knauf aus Stein, unten sehr einfach, nach oben aber reicher gegliedert und mit Galerien und Ecktürmchen geziert sind.

Man kann diese Türme in Glocken- und Befestigungstürme einteilen. Die erstern finden sich über die ganze innere Bretagne zerstreut, die letzteren liegen mehr an der Küste und dienten nebst einer um die Kirche geführten niedern Mauer zum Schutz der Bevölkerung gegen Angriffe eines Feindes, der meist nur flüchtige Raubzüge, nie ernste Belagerungen unternahm. Das erklärt das Vorhandensein von befestigten kleinen Kirchen mit zierlicher spätgotischer, oft auch Renaissance-Architektur, die ein energisch vorgehender Feind leicht hätte bezwingen können. Als Beispiel für viele sei die „Chapelle

Motor-Generator-Gruppen des Elektrizitätswerkes Stockholm.

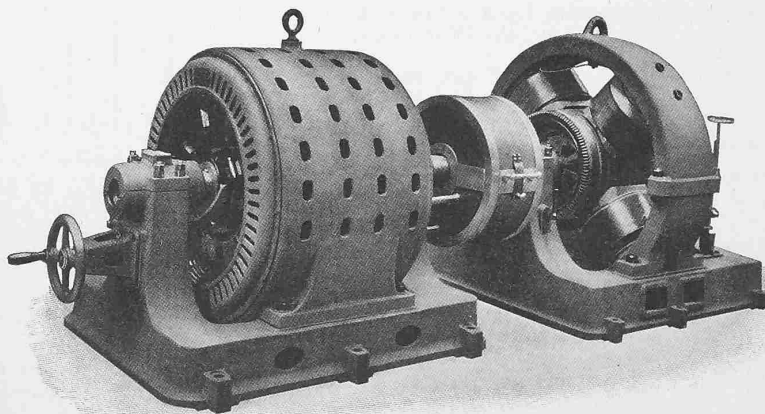


Abb. 4. 65 kw Dynamo Typ IX., 440—600 Volt, 148—109 Ampère, gekuppelt mit 100 P. S. Drehstrommotor Typ 3065, 6000 Volt 25 Cycles.

Friedhöfe, in denen das wilde Meer, das fern an der Küste brüllt und aufschlägt, gleichfalls gewütet und die einfachen Grabplatten und Kreuze wie Schifflein durcheinander geworfen zu haben scheint.

All' diese interessanten Bauten, mit denen ich meine Skizzenbücher füllte, standen aber selten an der Bahnlinie, sondern abseits, sodass ich oft stundenlang zu Fuss gehen musste, da die Post, die sog. Courriers, meistens nur alle drei Tage von den Stationen zu kleinern Ortschaften fahren.