Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 41 (1950)

Heft: 23

Rubrik: Mitteilungen SEV

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: 03.12.2025

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

$$R_0 = R_e \tag{5}$$

Eine hier nicht dargestellte Rechnung zeigt, dass es sich tatsächlich um ein Maximum handelt. Für eine optimale Leistung am Energierichtungsrelais muss also der Parallelwiderstand R_0 gleich dem Erdübergangswiderstand R_e sein.

Damit scheint auf den ersten Blick nicht viel gewonnen, denn der Erdübergangswiderstand kann ja alle möglichen Werte annehmen. Beachtet man aber, dass nach Gl. (4) für kleines R_e P_0 ohnehin grosse Werte annimmt, also schon günstige Bedingungen vorliegen, dann braucht auf den Fall R_e klein keine Rücksicht genommen zu werden. Es ist also danach zu trachten, R_0 dann gleich R_e zu machen, wenn wegen grossen Erdübergangswiderstandes R_e nur noch eine kleine Leistung P_0 zur Verfügung steht. Das heisst, R_0 ist dann gleich R_e zu machen, wenn die Ansprechleistung P_a vom Erdschlussrichtungsrelais gerade noch erreicht wird. Es gilt dann:

$$P_a = U_0^2 \frac{R_0}{(R_0 + R_e)^2}$$

und da $R_0 = R_e$ zu setzen ist, wird

$$P_a = U_0^2 \frac{R_0}{4 R_0^2} = \frac{U_0^2}{4 R_0}$$

Der günstigste Wert für den Ohmschen Widerstand R_0 beim Strahlennetz ergibt sich dann zu:

$$\underline{R_0 = \frac{U_0^2}{4 P_a}} \tag{6}$$

3. Bestimmung des Ohmschen Widerstandes R_0 beim vermaschten Netz

Hier gelten grundsätzlich die gleichen Überlegungen, nur ist nach Fig. 2 zu beachten, dass die der defekten Leitung zugeordneten zwei Relais sicher ansprechen müssen. Jedes Richtungsrelais erhält jetzt nur noch den halben Strom, so dass gilt:

$$P_0 = \frac{I_0}{2} U_{r0} \qquad \text{oder}$$

$$P_0 = \frac{R_0 U_0^2}{2 (R_0 + R_e)^2} \tag{7}$$

Man findet leicht, dass auch hier P_0 stets ein Maximum wird für

$$R_0 = R_e$$

Setzt man auch wieder die minimale Ansprechleistung P_a bei $R_0 = R_e$ ein, so erhält man aber jetzt für

$$\underline{R_0 = \frac{U_0^2}{8 P_a}} \tag{8}$$

Das heisst, R_0 darf nur noch halb so gross sein wie beim Strahlennetz. Es folgt daraus weiter, dass damit nur noch halb so grosse Erdschluss-Übergangswiderstände erfasst werden können.

Beispiel

Der Parallelwiderstand zur Löschspule in einem 50-kV-Maschennetz ist zu bestimmen. Die sekundärseitig anzuschliessenden wattmetrischen Erdschluss-Richtungsrelais sind für eine Nennspannung von 110 V und 5 A dimensioniert. Sie sprechen bei 1 % der Nennleistung an und sind an Spannungswandler $\frac{50\,000}{\sqrt{3}}$ /110 V und an Stromwandler 100/5A angeschlossen. Die minimale Ansprechleistung P_a, auf die Primärseite bezogen, beträgt also:

$$P_a = \frac{50\,000}{\sqrt{3}} \cdot 100 \cdot \frac{1}{100} = 28\,900 \text{ W}$$

Der Parallelwiderstand wird daher:

$$R_0 = \frac{U_0^2}{8 P_a} = \frac{28\,900^2}{8 \cdot 28\,900} = 3\,600\ \Omega$$

Mit der Erdschluss-Richtungsanzeige im soeben behandelten Beispiel könnten also Erdschlüsse mit Übergangswiderständen bis 3600 Ω erfasst werden.

Adresse des Autors:
F. Schär, Elektrotechniker, Schöngrundstrasse 63, Olten (SO).

Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

Ein neues Hochfrequenz-Telephon-System für elektrische Bahnen [1])

621.395.44:625.2

Die telephonische Verbindung vom fahrenden Zug aus ist ein Problem, mit dem sich Nachrichtentechniker und Bahngesellschaften seit vielen Jahren beschäftigen. Es dürfte wenig bekannt sein, dass schon um 1880 Versuche mit Niederfrequenzübertragung, allerdings ohne Erfolg, gemacht wurden. 1925 wurde in Deutschland unseres Wissens erstmals eine Hochfrequenz-Anlage in Schnellzügen auf der Strecke Hamburg—Berlin installiert, wobei auf den Wagen Antennen gespannt wurden, welche die Kopplung mit den die Bahnlinie begleitenden Telephonleitungen herstellten. Darüber, wie sich diese Anlage bewährte, ist uns nichts bekannt. Das gleiche System wurde später auch in den USA mehrfach verwendet. In den letzten Jahren wurden, ebenfalls in den USA, verschiedene Kurzwellengeräte entwickelt, welche die Verbindung zwischen Luxusschnellzügen und dem öffentlichen Telephonnetz ermöglichen.

Alle diese Versuche und die im Dienst stehenden Anlagen dienten dem privaten Verkehr. Dagegen sind die drei z. Z. in der Schweiz installierten Anlagen für die Bedürfnisse des Bahndienstes reserviert. Die eine ist die im letzten Winter durch die Presse bekannt gewordene Rangierfunkanlage im Bahnhof Luzern [2]), die mit Kurzwellengeräten arbeitet. Zwei weitere Diensttelephone wurden in diesem Sommer durch die Hasler A.-G. auf den Strecken La Chaux-de-Fonds—Les Ponts-de-Martel und Le Locle—Les Brenets dem Betrieb übergeben.

[1]) siehe auch Bull. SEV Bd. 41(1950), Nr. 19, S. 724...725.

[2]) siehe Bull. SEV Bd. 41(1950), Nr. 6, S. 222...224.

Deren Aufbau und Arbeitsweise soll kurz beschrieben werden.

Wir sehen heute prinzipiell 4 Möglichkeiten der Nachrichtenübertragung vom fahrenden Zug aus:

1. Kurzwellenverbindung mit einer oder mehreren festen Netzleitstationen.

Fig. 1
Hochfrequenz-Telephonapparat im Führerstand des Triebwagens

2. Mittel- oder Langwellenverbindung über längs dem Bahntrasse verlaufende Antennensysteme.

3. Übertragung von Sprech- oder Hochfrequenzströmen über die Schienen und Trag- oder Zugseile von Bergbahnen. Diese Möglichkeiten sind eo ipso beschränkt.

Lösung 2 ist für die Verhältnisse in der Schweiz ungeeignet, da bei uns mehr und mehr Telephon- und andere Nachrichtenleitungen in Kabel verlegt werden und somit eigene Antennensysteme gebaut werden müssten.

Die Trägerfrequenzabteilung der Hasler A.-G., Bern, hat deshalb für elektrische Bahnen die vierte Lösung entwickelt.

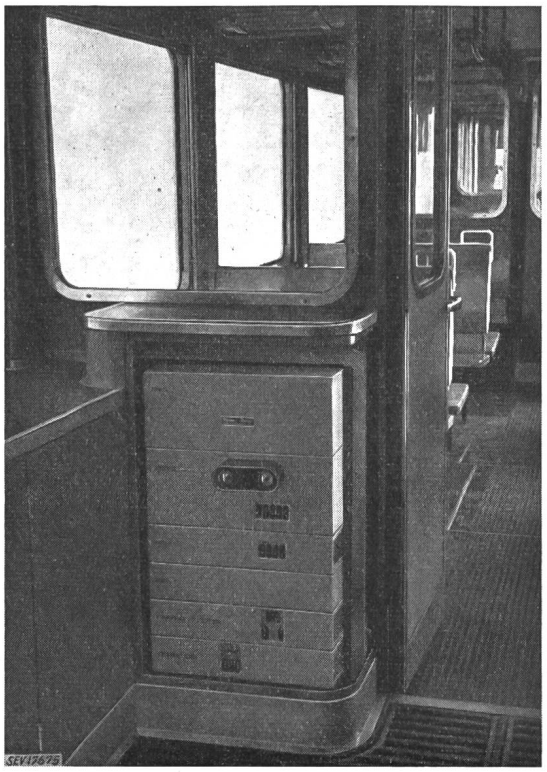


Fig. 2
Die Hochfrequenz-Anlage in einem Triebwagen der Neuenburger Bahnen

Als Übertragungsleitung für die modulierten Hochfrequenzströme dient die mechanisch sehr stabile und auch elektrisch oft sehr geeignete Fahrleitung. Die Übertragung wird damit unabhängig von der Bodengestaltung und in weitem Masse auch von der Witterung. Die telephonische Verbindung zwischen den Bahnhöfen (oder beliebigen anderen Stellen) längs der betreffenden Linie unter sich, den Zügen unter sich und mit den Bahnhöfen ist damit ohne weiteres möglich. Die Höhe der Fahrdrahtspannung und die Stromart (Gleich- oder Wechselstrom) beeinflussen das Übertragungsprinzip nicht, sondern nur die erforderlichen Sicherheitsmassnahmen.

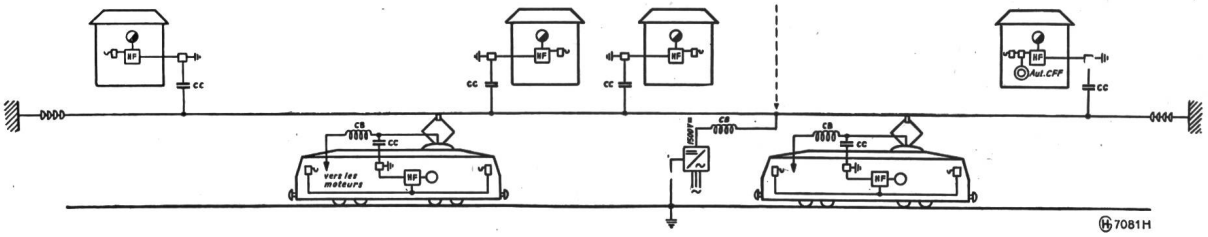


Fig. 3
Übersichtsschema der Diensttelephon-Anlage der Linie Ponts-de-Martel—La Chaux-de-Fonds

CB Sperrdrosselspule
CC Kopplungskondensator
Hochfrequenz-Station
Umformergruppe
Netzgleichrichter
zur Speisung der Hochfrequenz-Station
Schutzübertrager

4. Übertragung von Trägerströmen (mit Langwellen) über den Fahrdraht.

Lösung 1 lässt sich häufig wegen der Ausbreitungsschwierigkeiten der Kurzwellen in coupiertem Gelände nur schwer realisieren.

Nach diesem Prinzip werden die mit den Sprachfrequenzen modulierten Hochfrequenzströme über den Stromabnehmer der Lokomotive auf den Fahrdraht geleitet. Ein Kopplungskondensator, dessen Widerstand für Hochfrequenz klein, für Niederfrequenz und Gleichstrom sehr gross ist, ermöglicht die gefahrlose Ankopplung der Schwachstromgeräte an das Hochspannungsnetz. Zu weiterer Sicherung sind Schutzübertrager und Überspannungsableiter eingebaut. Der Empfänger ist über den gleichen Kondensator mit dem Fahrdraht verbunden. Er ist mit einer Fadingausgleichschaltung versehen, damit die Lautstärke der Gespräche auch bei wechsel-

Fig. 4
Hochfrequenz-Telephonapparate für Gespräche über den Fahrdraht

dem Abstand vom Sender konstant bleibt. In gleicher Weise werden auch die festen Stationen mittels eines hochspannungssicheren Kondensators an die Fahrleitung angekoppelt.

In vielen Fällen, besonders bei Gleichstrombetrieb, stellen Motoren, Speisetransformatoren oder Gleichrichter für die Hochfrequenzenergie praktisch Kurzschlüsse dar. Ausserdem können sie erhebliche Störspannungen erzeugen. Sie werden daher mit Drosselspulen und Ableitkondensatoren abgeblockt. Die Rufsignale werden mittels aufmodulierter Tonfrequenzen übertragen. Es ist auf diese Weise möglich, beliebige Impulsserien für automatische Wahl oder auch einfache Morsezeichen zu übermitteln und einen oder zugleich mehrere Teilnehmer aufzurufen.

Um den uneingeschränkten Gegensprechverkehr zu ermöglichen, werden für Sende- und Empfangsrichtung zwei verschiedene Frequenzen (zwischen 20 und 150 kHz) verwendet. So wird beispielsweise der rufende Teilnehmer 120 kHz aussenden, der antwortende 80 kHz. In einem Netz mit mehr als 2 Stationen wird durch automatische Umschaltung der Filter und Sendefrequenzen dafür gesorgt, dass alle Stationen in der Ruhelage auf Empfang für eine bestimmte Frequenz (z. B. 120 kHz) geschaltet sind. Soll nun ein Anruf erfolgen, so schaltet sich die rufende Station automatisch auf die Sendefrequenz 120 kHz und Empfangsfrequenz 80 kHz um, während in allen anderen Stationen diese Umschaltung verhindert ist. In einem solchen auf Wellenwechsel eingestellten Netz kann daher jede Station mit jeder anderen in Verbindung treten. Allerdings darf nur eine Verbindung gleichzeitig hergestellt werden, da sich sonst das bekannte Interferenzpfeifen störend bemerkbar macht, wenn die Trägerfrequenzen nicht synchronisiert sind.

Die Anlage La Chaux-de-Fonds—Les Ponts-de-Martel umfasst 4 feste Stationen in Les Ponts-de-Martel, La Sagne, La Sagne-Eglise, La Chaux-de-Fonds und 3 Triebwagen. Die Strecke ist ca. 16 km lang und wird mit 1500 V Gleichstrom betrieben. Die Trägerfrequenzen sind 80 und 120 kHz. In La Chaux-de-Fonds ist die Hochfrequenz-Anlage an den SBB-Automaten angeschlossen, so dass Verbindungen mit allen Dienstanschlüssen des Bahnhofs hergestellt werden können. Die Vermittlung erfolgt manuell für den Ruf von HF-Teilnehmer zu SBB-Anschlüssen, während die Verbindung in umgekehrter Richtung automatisch hergestellt wird.

Da die Hochfrequenz-Anlage nur wenige Teilnehmer aufweist (einen in jeder Station), wurde auf die automatische selektive Wahl verzichtet und das einfache System der auf allen Stationen gleichzeitig ertönenden Morsesignale beibehalten, das auch sonst häufig für Streckentelephone verwendet wird. Dagegen konnten durch Verwendung verschiedener Ruffrequenzen die Rufzeichen für feste und mobile Stationen getrennt werden, dass die Lokomotivführer nicht durch Signale gestört werden, die nicht für sie bestimmt sind.

Die zweite dem Betrieb übergebene Anlage ist auf der Strecke Le Locle—Les Brenets installiert. Sie umfasst nur 2 feste und 2 mobile Stationen, ist aber im übrigen identisch aufgebaut.

Beide Anlagen haben sich im Betrieb sehr gut bewährt und bieten eine Dienstverbindung, die in Bezug auf Verständlichkeit und Geräuschfreiheit wesentlich besser ist, als die alte Drahttelephonanlage. Durch diesen ersten Erfolg ermutigt, hat die Hasler A.-G. bereits neue Versuchsgeräte entwickelt, die auf dem Einseitenbandprinzip beruhen. Die erzielte bessere Ausnützung des HF-Senders und die geringere Empfindlichkeit auf Phasenverzerrungen erwecken die Hoffnung, dass damit in absehbarer Zeit auch Anlagen für Vollbahnstrecken gebaut werden können. Bis ein regelmässiger Telephonverkehr vom Schnellzug aus dem reisenden Publikum offen ist, werden aber noch viele Versuche nötig sein. Das Interesse an der Sache ist da, und so wird auch einmal die Lösung der Aufgabe gefunden werden. *B. Lauterburg*

Miscellanea

In memoriam

Giovanni Giorgi †. Le professeur Giovanni Giorgi, l'éminent savant et électrotechnicien, est décédé le 19 août 1950, alors qu'il prenait un bain à la plage de Castiglioncello.

Giovanni Giorgi était né à Lucca le 27 novembre 1871. Il avait terminé avec honneur ses études universitaires à Rome en 1893. Dès le début de sa carrière Giorgi s'est occupé de nombreux problèmes techniques et, en particulier, de l'étude et des projets des premières usines hydro-électriques, de lignes de transport et d'installations de traction électrique. Il se passionna également pour certains problèmes de physique théorique, de mécanique rationnelle et, en particulier, d'électricité et de magnétisme, contribuant par des études originales publiées dans les revues techniques, au développement de théories fondamentales qui ouvrirent la voie à de nouveaux progrès.

Il n'est pas possible, dans cette brève évocation, de rappeler l'œuvre entière du professeur Giorgi, qui comporte en effet de plus de 350 mémoires et relations, sur des sujets techniques et scientifiques les plus divers.

Les contributions les plus importantes de Giorgi concernent la théorie de l'électricité et du magnétisme, la métrologie, la mise en équation rigoureuse de l'étude des régimes variables dans les systèmes linéaires. Giorgi a, en outre, donné une orientation nouvelle à l'enseignement de l'électrotechnique.

Une série de mémoires, publiés de 1894 à 1900, avaient pour objet les bases de la théorie de l'électricité et du

Fortsetzung auf Seite 852

Energiestatistik

der Elektrizitätswerke der allgemeinen Elektrizitätsversorgung

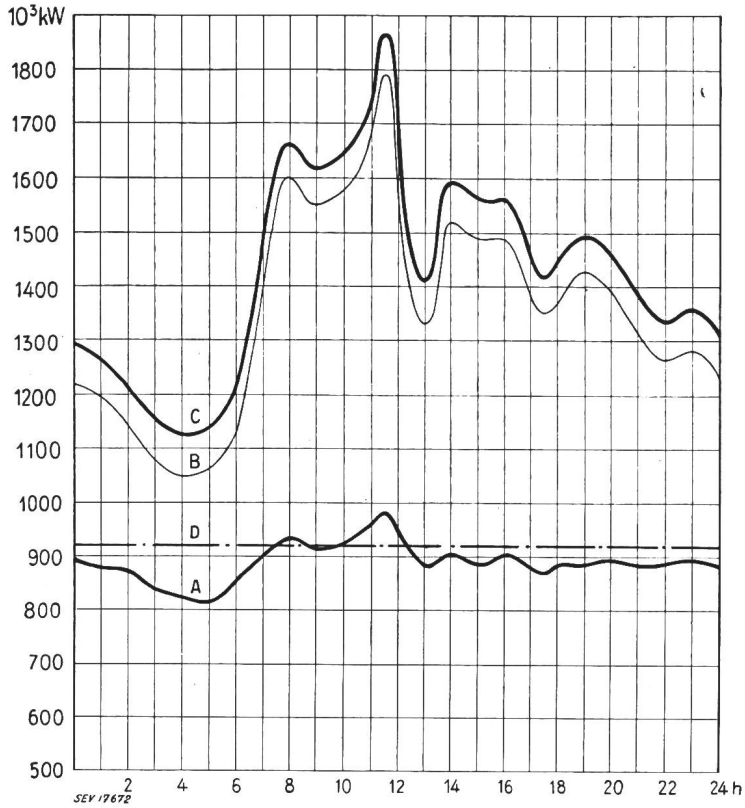
Bearbeitet vom eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Die Statistik umfasst die Energieerzeugung aller Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte, die über Erzeugungsanlagen von mehr als 300 kW verfügen. Sie kann praktisch genommen als Statistik *aller* Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte gelten, denn die Erzeugung der nicht berücksichtigten Werke beträgt nur ca. 0,5 % der Gesamterzeugung. Nicht inbegriffen ist die Erzeugung der Schweizerischen Bundesbahnen für Bahnbetrieb und der Industriekraftwerke für den eigenen Bedarf. Die Energiestatistik dieser Unternehmungen erscheint jährlich einmal in dieser Zeitschrift.

Monat	Energieerzeugung und Bezug											Speicherung				Energieausfuhr	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Bezug		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung			
	1948/49	1949/50	1948/49	1949/50	1948/49	1949/50	1948/49	1949/50	1948/49	1949/50		1948/49	1949/50	1948/49	1949/50	1948/49	1949/50
	in Millionen kWh										%	in Millionen kWh					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober	646	600	10	22	33	37	15	17	704	676	– 4,0	985	844	–129	–123	23	30
November...	600	534	21	33	21	28	26	55	668	650	– 2,7	807	722	–178	–122	22	22
Dezember ...	617	551	23	28	14	29	28	63	682	671	– 1,6	520	609	–287	–113	23	26
Januar	544	564	24	21	19	31	15	50	602	666	+10,6	324	406	–196	–203	19	21
Februar.....	437	501	33	13	18	32	13	44	501	590	+17,8	179	291	–145	–115	18	19
März	473	597	22	4	23	28	13	29	531	658	+24,1	110	186	– 69	–105	17	22
April	608	620	2	2	31	27	7	12	648	661	+ 2,0	216	172	+106	– 14	29	33
Mai	727	745	3	2	37	46	2	4	769	797	+ 3,6	291	434	+ 75	+262	53	81
Juni.....	730	805	1	2	48	50	4	4	783	861	+10,0	506	799	+215	+365	76	119
Juli	702	865	2	1	52	51	5	4	761	921	+21,0	688	1073	+182	+274	85	170
August	623	889	2	1	53	52	2	4	680	946	+39,1	883	1179	+195	+106	51	176
September ..	637	900	2	1	52	40	5	5	696	946	+35,9	967[4]	1192[4]	+ 84	+ 13	54	166
Okt.-März...	3317	3347	133	121	128	185	110	258	3688	3911	+ 6,1					122	140
April-Sept. ..	4027	4824	12	9	273	266	25	33	4337	5132	+18,3					348	745
Jahr.....	7344	8171	145	130	401	451	135	291	8025	9043	+12,7					470	885

Monat	Verwendung der Energie im Inland																
	Haushalt und Gewerbe		Industrie		Chemische, metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel [1])		Bahnen		Verluste und Verbrauch der Speicherpumpen [2])		Inlandverbrauch inkl. Verluste				
													ohne Elektrokessel und Speicherpump.		Veränderung gegen Vorjahr [3])	mit Elektrokessel und Speicherpump.	
	1948/49	1949/50	1948/49	1949/50	1949/48	1949/50	1948/49	1949/50	1948/49	1949/50	1948/49	1949/50	1948/49	1949/50	%	1948/49	1949/50
	in Millionen kWh																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober	287	281	127	122	93	87	26	13	43	47	105	96	651	629	– 3,4	681	646
November...	292	293	126	122	75	60	8	7	46	51	99	95	635	616	– 3,0	646	628
Dezember ...	309	307	129	118	67	60	3	5	53	62	98	93	655	635	– 3,1	659	645
Januar	280	314	109	116	50	54	3	5	55	63	86	93	578	639	+10,6	583	645
Februar.....	229	269	96	105	38	48	3	6	48	56	69	87	479	560	+16,9	483	571
März	240	296	98	115	43	64	6	14	48	54	79	93	505	616	+22,0 *)	514	636
April	246	277	101	104	82	85	56	21	37	47	97	94	548	596	+ 8,8	619	628
Mai	266	267	109	110	112	100	86	91	31	40	112	108	615	604	– 1,8	716	716
Juni.....	239	250	106	114	108	100	106	126	32	35	116	117	579	593	+ 2,4	707	742
Juli	246	256	110	115	111	109	57	120	34	36	118	115	598	612	+ 2,3	676	751
August	254	265	113	121	100	109	19	118	36	35	107	122	595	637	+ 7,1	629	770
September ..	257	281	115	123	97	106	22	114	39	39	112 (17)	117 (10)	603	656	+ 8,8	642	780
Okt.-März...	1637	1760	685	698	366	373	49	50	293	333	536 (14)	557 (26)	3503	3695	+ 5,5	3566	3771
April-Sept. ..	1508	1596	654	687	610	609	346	590	209	232	662 (105)	673 (99)	3538	3698	+ 4,5	3989	4387
Jahr.....	3145	3356	1339	1385	976	982	395	640	502	565	1198 (119)	1230 (125)	7041	7393	+ 5,0	7555	8158

[1]) D. h. Kessel mit Elektrodenheizung.
[2]) Die in Klammern gesetzten Zahlen geben den Verbrauch für den Antrieb von Speicherpumpen an.
[3]) Kolonne 15 gegenüber Kolonne 14.
[4]) Energieinhalt bei vollen Speicherbecken: Sept. 1949 = 1170 Mill. kWh; Sept. 1950 = 1310 Mill. kWh.
*) Im I. Quartal des Vorjahres war der Verbrauch stark eingeschränkt.



Tagesdiagramme der beanspruchten Leistungen,

Mittwoch, den 13. September 1950

Legende:

1. Mögliche Leistungen: 10^3 kW

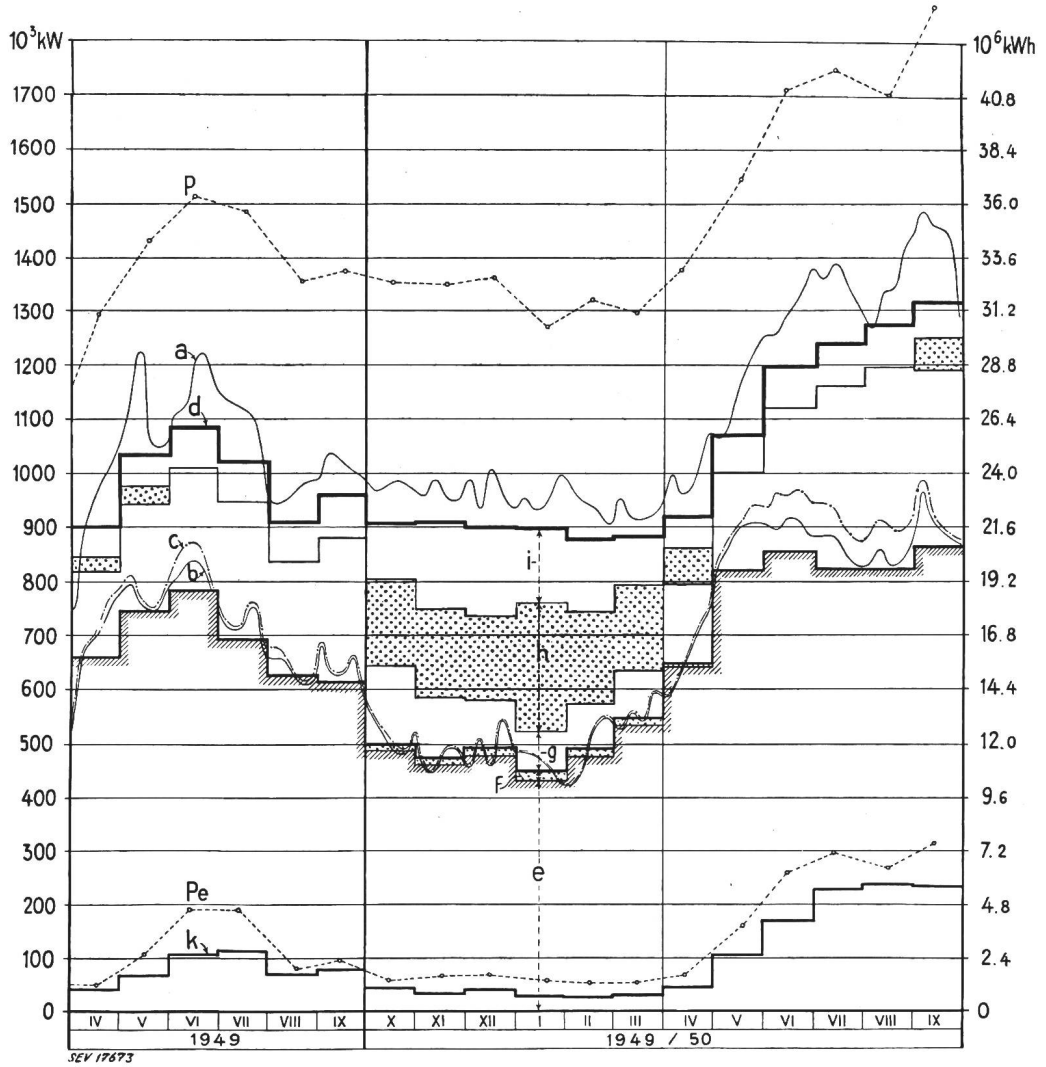
Laufwerke auf Grund der Zuflüsse (O—D) . .	921
Saisonspeicherwerke bei voller Leistungsabgabe (bei maximaler Seehöhe)	1010
Total mögliche hydraulische Leistungen . . .	1931
Reserve in thermischen Anlagen	155

2. Wirklich aufgetretene Leistungen:

O—A Laufwerke (inkl. Werke mit Tages- und Wochenspeicher).
A—B Saisonspeicherwerke.
B—C Thermische Werke, Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken und Einfuhr.

3. Energieerzeugung: 10^6 kWh

Laufwerke	21,6
Saisonspeicherwerke	11,6
Thermische Werke	0
Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken und Einfuhr	1,8
Total, Mittwoch, den 13. September 1950 . . .	35,0
Total, Samstag, den 16. September 1950 . . .	30,0
Total, Sonntag, den 17 September 1950 . . .	21,5



Mittwoch- und

Monatserzeugung

Legende:

1. Höchstleistungen:
(je am mittleren Mittwoch jedes Monates)
P des Gesamtbetriebes
P_e der Energieausfuhr.

2. Mittwocherzeugung:
(Durchschnittl. Leistung bzw. Energiemenge)
a insgesamt;
b in Laufwerken wirklich;
c in Laufwerken möglich gewesen.

3. Monatserzeugung:
(Durchschnittl. Monatsleistung bzw. durchschnittl. tägl. Energiemenge)
d insgesamt;
e in Laufwerken aus natürl. Zuflüssen;
f in Laufwerken aus Speicherwasser;
g in Speicherwerken aus Zuflüssen;
h in Speicherwerken aus Speicherwasser;
i in thermischen Kraftwerken und Bezug aus Bahn- und Industriewerken und Einfuhr;
k Energieausfuhr;
d-k Inlandverbrauch.

Zahlen aus der schweizerischen Wirtschaft

(Auszüge aus «Die Volkswirtschaft» und aus «Monatsbericht Schweizerische Nationalbank»)

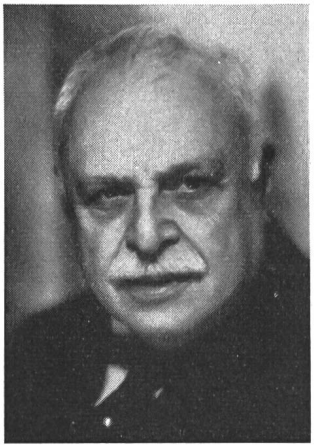
Nr.		September 1949	September 1950
1.	Import . . . . . (Januar-September) . . . . . Export . . . . . (Januar-September)	10^6 Fr.	
		285,9	453,4
		(2808,0)	(3027,4)
		311,0	379,8
		(2496,3)	(2643,0)
2.	Arbeitsmarkt: Zahl der Stellensuchenden		5 948	3 545
3.	Lebenskostenindex*)	Aug. 1939 = 100	162	160
	Grosshandelsindex*)	Aug. 1939 = 100	203	209
	Detailpreise*): (Landesmittel) (August 1939 = 100)			
	Elektrische Beleuchtungsenergie Rp./kWh.		33 (92)	32 (89)
	Elektr. Kochenergie Rp./kWh		6,5 (100)	6,5 (100)
	Gas Rp./m³		28 (117)	28 (117)
	Gaskoks Fr./100 kg. . .		17,32 (223)	14,72(189)
4.	Zahl der Wohnungen in den zum Bau bewilligten Gebäuden in 33 Städten		1247	1410
	(Januar-September)		(11 321)	(12 690
5.	Offizieller Diskontsatz . . %		1,50	1,50
6.	Nationalbank (Ultimo)			
	Notenumlauf . . .	10^6 Fr.	4371	4351
	Täglich fällige Verbindlichkeiten	10^6 Fr.	1671	2130
	Goldbestand und Golddevisen	10^6 Fr.	6346	6468
	Deckung des Notenumlaufes und der täglich fälligen Verbindlichkeiten durch Gold	%	101,91	94,28
7.	Börsenindex (am 25. d. Mts.)			
	Obligationen		103	106
	Aktien		238	259
	Industrieaktien		334	367
8.	Zahl der Konkurse		45	36
	(Januar-September)		(451)	(428)
	Zahl der Nachlassverträge . .		5	15
	(Januar-September)		(103)	(187)
9.	Fremdenverkehr		August 1949	August 1950
	Bettenbesetzung in % nach den *vorhandenen* Betten . .		63,9	56,9
10.	Betriebseinnahmen der SBB *allein*		August 1949	August 1950
	aus Güterverkehr .	in 1000 Fr.	27 685	31 896
	(Januar-August) . .	in 1000 Fr.	(199 056)	(202 959)
	aus Personenverkehr	in 1000 Fr.	30 048	26 387
	(Januar-August) . .	in 1000 Fr.	(192 013)	(182 795)

*) Entsprechend der Revision der Landesindexermittlung durch das Volkswirtschaftsdepartement ist die Basis Juni 1914 = 100 fallen gelassen und durch die Basis August 1939 = 100 ersetzt worden.

magnétisme. Giorgi a résumé en 1903, dans une magistrale communication, les méthodes fondamentales de l'étude et de la représentation des courants sinusoïdaux, dont la clarté exceptionnelle, et la conception moderne sont telles, que les développements qu'ils comportent pourraient figurer dans les plus récents traités d'électrotechnique théorique.

D'autres mémoires, caractérisés par l'originalité et la clarté propres à Giorgi, ont pour objet les fondements de la théorie de l'électricité, les principes de la théorie électronique, les concepts fondamentaux de masse, de temps et de mouvement, à l'étude desquels il a consacré de remarquables travaux.

La contribution de Giorgi à la métrologie est universellement connue: on lui doit l'établissement du système d'unités de mesures, aujourd'hui partout adopté. Ce système fut proposé par Giorgi dans un mémoire publié en 1901 dans les «Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana» et présenté, trois ans après, au Congrès International de Saint-Louis. Par la suite, de nombreux travaux publiés par Giorgi, en Italie et à l'étranger, mirent mieux en évidence les réels avantages de ce nouveau système. La décision prise dans le domaine international, d'utiliser le système d'unités Giorgi, est relativement récente: elle a été prise par la Commission Electrotechnique Internationale peu de temps avant le déchaînement de la seconde guerre mondiale. Malgré cette interruption des relations scientifiques entre les nations, son adoption a cependant fait de notables progrès. L'Association Suisse des Electriciens a récemment invité les techniciens à employer le nouveau système d'unités, auquel le Bulletin de l'ASE a consacré une étude très intéressante [1]). D'autres publications relatives aux avantages du système Giorgi ont paru dans les revues techniques les plus importantes de tous les pays, et dans les publications d'entreprises industrielles, notamment dans la Revue Technique Philips.



Giovanni Giorgi
1871—1950

Il est peut-être moins connu que Giorgi avait associé à l'institution du nouveau système d'unités de mesures, les nouvelles bases de l'exposition de la théorie de l'électricité et du magnétisme; elles apparaissent dans les cours lithographiés de physique mathématique professés par lui à l'Université de Cagliari et dans d'autres publications, parmi lesquelles la plus importante est celle qu'il présenta à l'Académie d'Italie en avril 1937.

Selon ce nouveau point de vue, l'enseignement de l'électrophysique ne se fonde plus sur les expériences classiques auxquelles se réfèrent les traités de physique, mais part de grandeurs concrètes et conduit rapidement, avec une clarté sans égal, aux développements qui intéressent le plus directement aussi bien la théorie que les applications. Cette forme d'exposition nouvelle a déjà été adoptée par divers auteurs, aussi bien en Italie qu'à l'étranger.

La mort a frappé le professeur Giorgi alors qu'il parachevait un traité d'électrotechnique générale, conçu selon ce plan, et dont l'auteur de cette note a pu connaître de nombreux chapitres, au cours de la révision de l'ouvrage. Il est à souhaiter que cette œuvre de Giorgi, même si elle reste malheureusement incomplète, puisse être rapidement éditée: elle ne manquera pas de susciter le plus vif intérêt parmi les électrotechniciens.

Un autre groupe de travaux de Giorgi se rapporte à la théorie des régimes variables, dans les systèmes physiques linéaires et, en particulier, des phénomènes transitoires dans les réseaux électriques. Il faut rappeler à ce propos que Giorgi fut le premier à donner une forme rigoureuse à la théorie du calcul opératoire, dû à l'intuition et au génie de Heavyside, qui avait déjà employé cette méthode de calcul dans son traité bien connu «Electromagnetic Theory» sans en donner toutefois la théorie et sans en indiquer les limites d'application. Les travaux de Giorgi à ce sujet datent de 1903...1905. Ses magistrales publications ont été regrettablement ignorées aussi bien en Italie qu'à l'étranger, car, à cette époque, le développement de l'électrotechnique ne rendait

[1]) voir Bull. ASE t. 40(1949), nº 15, p. 461...474.

pas encore utile un emploi assez généralisé de méthodes de calcul de cette espèce. D'autre part, les «Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana» étaient à ce moment une publication relativement peu diffusée et, pour cette raison, comme a pu justement observer André Blondel, même si les articles publiés par Giorgi figurent dans la bibliographie de presque tous les ouvrages publiés sur le calcul opératoire, beaucoup de leurs auteurs ne connaissent guère ces travaux de Giorgi sur l'étude des régimes variables.

Les mémoires fondamentaux de Giorgi sur le calcul opératoire conservent encore aujourd'hui une fraîcheur et un caractère d'actualité tels, que leur consultation reste du plus grand intérêt pour qui entreprend des études dans ce domaine.

Parmi les publications Giorgi, postérieures à cette première période, il faut mentionner particulièrement la communication qu'il fit le 16 août 1924 au Congrès International des Mathématiciens à Toronto (Canada), intitulée «The functional dependance of physical variables».

Dans un autre travail fondamental, publié en 1928 dans les «Annali del Circolo Matematico di Palermo», Giorgi a appliqué les procédés qu'il enseignait du calcul opératoire, à l'étude plus générale des phénomènes de propagation dans les systèmes linéaires et a fourni l'expression de l'intégrale générale de l'équation de propagation à une dimension.

On doit à Giorgi d'importants travaux originaux sur de nombreux problèmes d'analyse et de physique mathématique. Ces travaux intéressent les champs vectoriels, la propagation des ondes dans les milieux à absorption sélective, les modes de déformation de l'espace, des questions sur la relativité, des problèmes relatifs à la théorie des couleurs, la théorie des fonctions de variables complexes, des problèmes de physique nucléaire et de nombreux autres sujets.

La plupart de ses ouvrages parmi lesquels le plus remarquable est son traité de mécanique rationnelle, témoignent par leur clarté et leur originalité, de la contribution considérable de Giorgi à l'enseignement.

Giorgi était en rapport avec les savants les plus réputés. Il eut avec eux de nombreux échanges de vue sur les questions les plus ardues de physique mathématique et d'électrotechnique théorique. Il serait trop long d'énumérer ici les académies et les sociétés scientifiques du monde entier dont il faisait partie et ce serait offenser sa modestie que de citer les nombreux prix, récompenses et témoignages qu'il reçut aussi bien en Italie qu'à l'étranger.

La culture du professeur Giorgi était très vaste et dépassait le domaine des sciences exactes. Il écrivait et parlait couramment le français, l'anglais et l'allemand. Il aimait la peinture, se délectait des études de géographie, d'astronomie et de géophysique. Son style était d'une élégance et en même temps d'une simplicité si rares que sa collaboration était sollicitée avec insistance par de nombreux périodiques, même non scientifiques.

Avec Giorgi disparaît non seulement un savant de la plus grande valeur, mais aussi un homme aimable, simple, lucide et plein de bonté.

Profondément touchés par sa perte douloureuse, il nous semble que ces notes ne peuvent mieux se clore qu'en répétant les paroles qu'il prononça lui-même en commémorant le grand physicien Orso Mario Corbino:

«Quel vide a laissé en nous sa disparition! Et cependant l'âme se soulève en pensant que ses œuvres continuent et perpétuent son esprit et sa tradition.

Honneur à sa mémoire.» *A. M. Angelini*

Persönliches und Firmen

(Mitteilungen aus dem Leserkreis sind stets erwünscht)

Elektrizitätswerk Winterthur. Zum neuen Direktor des Elektrizitätswerkes und der Verkehrsbetriebe der Stadt Winterthur wählte der Stadtrat an Stelle des in die Privatwirtschaft übergetretenen W. Werdenberg Dipl. Ing. *W. Pfaehler*, Mitglied des SEV seit 1941, bisher Gruppenchef im Studienbüro der Maschinenfabrik Oerlikon.

Prof. Dr. M. Strutt, Ordinarius für theoretische Elektrotechnik und Vorstand des Elektrotechnischen Institutes der ETH, wurde aus Anlass ihrer 125-Jahr-Feier von der *Technischen Hochschule Karlsruhe* zum Dr.-Ing. ehrenhalber ernannt, «in Anerkennung seiner besonderen Leistungen auf dem Gebiet der Technik und der Physik der hohen und höchsten Frequenzen».

Prof. Dr. phil. Harald Schering 70 Jahre alt. Am 25. November 1950 kann Prof. Dr. H. Schering in voller Tätigkeit an der Technischen Hochschule Hannover seinen 70. Geburtstag feiern.

Harald Schering, in Göttingen geboren, studierte Physik und promovierte 1904 zum Dr. phil. Von 1905 bis 1927 war er an der Physikalisch-technischen Reichsanstalt in Berlin-Charlottenburg tätig, wo er mit seinen Mitarbeitern u. a. Normal-Luftkondensatoren und Pressgaskondensatoren, Wechselstromnormalwiderstände für grosse Spannungen und Ströme, sowie das Nadelvibrationsgalvanometer für 50 Hz entwickelte. Besonders bekannt geworden unter den von Schering entwickelten Brückenschaltungen ist die Hochspannungsbrücke zur Messung von Kapazität und Verlustwinkel, die seinen Namen in alle Welt getragen hat.

1927 wurde Schering als Ordinarius für Grundlagen der Elektrotechnik und Hochspannungstechnik an die Technische Hochschule Hannover berufen, wo er heute noch wirkt und die Freude erlebt, dass der schon 1938 begonnene Hochspannungsneubau der Vollendung entgegengeht.

Kleine Mitteilungen

Übergang auf Normalspannung in Biel. Der Tagespresse entnehmen wir, dass der Gemeinderat von Biel dem Stadtrat eine Vorlage unterbreitet hat über die Einführung des genormten Verteilsystems für Dreiphasen-Wechselstrom 3 × 220/380 V auf dem ganzen Stadtgebiet. Die Kosten, die aus den nötigen Änderungen entstehen, werden in der Vorlage auf 8,4 Mill. Franken geschätzt und auf einen Zeitraum von 10 Jahren verteilt. Der Gemeinderat ist der Auffassung, dass die aus der Einführung der Normalspannung erwachsenden Vorteile eine sofortige Inangriffnahme der Arbeiten rechtfertigt, auch dann, wenn die Geldmittel auf dem Anleihenswege aufzubringen wären. Der Bieler Stadtrat hat der Vorlage zugestimmt, so dass diese den Stimmbürgern unterbreitet werden kann.

Kolloquium für Ingenieure über moderne Probleme der theoretischen und angewandten Elektrotechnik. In diesem Kolloquium, das unter Leitung von Prof. Dr. M. Strutt jeden Montag *punkt* 17.00...18.00 Uhr im Hörsaal 15c des Physikgebäudes der ETH, Gloriastrasse 35, Zürich 6, stattfindet, folgen die Vorträge:

Dr. L. *Rohde* (Rohde und Schwarz, München): Grenzen der Genauigkeit von Zeit- und Frequenzmessungen, mit Anwendungen (Montag, 20. Nov. 1950).

F. *Tschappu*, dipl. Ing. (Landis & Gyr, A.-G., Zug): Rotatrol-Verstärker (Montag, 4. Dez. 1950).

Dr. W. *Kleinsteuber* (Pintsch A.-G., Konstanz): Probleme und praktische Ausführungen elektronischer Steuerungen von Gleichstrommotoren (Montag, 18. Dez. 1950).

Literatur — Bibliographie

621.396 *Nr. 10 605*

Le mémento de l'étudiant radioélectricien à l'usage des radiotechniciens et des candidats aux divers examens d'opérateur radio. Par *L. Péricone*. Paris, Dunod, 1949; 8°, XIV, 262 p., 327 fig. — Prix: broché fr. f. 780.—.

Cet ouvrage s'adresse en premier lieu aux candidats des écoles de métier, aux radioélectriciens et aux opérateurs radio. Le niveau ne correspond en général pas à celui d'un technicien diplômé de nos écoles.

Le contenu est divisé en quatre parties, à savoir: électrotechnique, radiotechnique, la pratique du récepteur, compléments au cours d'opérateurs.

La première partie est une revue des notions et des lois de l'électrotechnique et des machines électriques. Il est dommage que l'auteur ne base pas son mémento strictement sur un seul système d'unités. Généralement les unités pratiques sont utilisées, mais dans le chapitre sur l'électro-magnétisme il est fait usage de la manière de voir du système électro-

magnétique absolu. Ce chapitre commence par la notion des pôles magnétiques et les unités employées pour les grandeurs magnétiques sont toujours celles du système absolu. Par contre les notions perméabilité magnétique et constante diélectrique ne sont pas introduites en mesure du rôle qu'elles jouent dans le système pratique.

La présentation de nombreuses formules sous une forme qu'on appelle pratique nécessite chaque fois la mention des unités avec lesquelles les grandeurs doivent y être introduites. Comme de juste cette légende est donnée pour chaque expression contenant un facteur qui n'est pas sans dimension. On peut pourtant éviter cet embarras en ne donnant par principe que des formules basées sur les unités fondamentales. Ceci se rapporte également aux expressions qui contiennent des grandeurs magnétiques, où il n'y a que le facteur 4π qui intervient inévitablement. Les formules ne contenant alors pas de coefficients numériques, l'étudiant aura d'autant moins de peine à les conserver. Je ne veux pas dire que les formules dites pratiques ne puissent pas être utiles pour certains cas de calculs de routine, mais il me semble qu'elles devraient être distinctement distanciées des formules de base.

En ce qui concerne les schémas l'auteur fait très bien de les condenser sur les éléments essentiels pour la fonction. Quelques-uns de ces schémas gagneraient en clarté, si le point mis au châssis était indiqué.

La limite à laquelle est soumis le volume d'un ouvrage impose toujours une restriction pour le choix du contenu. Il semble toutefois qu'il aurait été justifié d'inclure certaines réalisations modernes, parfois même aux dépens de méthodes plus guère importantes aujourd'hui. Je pense p. ex. au changement de fréquence par triode-heptode, qui n'est pas mentionné. L'ouvrage contient quelques inexactitudes, p. ex. là où l'auteur prétend que dans l'alignement du circuit oscillateur et du circuit d'entrée d'un étage de changement de fréquence, commandés par un même bouton, on pouvait, en agissant sur la capacité du trimmer et du padding, arriver à la concordance idéale des courbes (on n'atteint la concordance qu'en trois points). *W. Druey*

538.3 *Nr. 10 647*

Elektrodynamik. Von *Arnold Sommerfeld.* Wiesbaden, Dietrich'sche Verlagsbuchhandlung, 1948; 8°, XVI, 368 S., 48 Fig., Tab. — Vorlesungen über theoretische Physik, Bd. 3 — Preis: geb. DM 28.—.

Auch diese in Buchform erschienenen Vorlesungen des bekannten Forschers und Lehrers zeichnen sich, wie alle aus seiner Feder stammenden Lehrbücher, durch die mit wissenschaftlicher Strenge verbundene Lebendigkeit und Klarheit der Darstellung aus. Der erste Teil beginnt mit einer kurzen biographischen Schilderung, die den bedeutendsten Begründern der Elektrodynamik, von Faraday bis Hertz, gewidmet ist. An die Spitze des eigentlichen Lehrstoffes wird die axiomatische Grundlegung der Maxwellschen Theorie gestellt, aus welcher sich Elektro- und Magnetostatik als Spezialfälle ergeben. Der zweite Teil bringt die Ableitung der verschiedenartigen elektrischen Erscheinungen aus den Maxwellschen Gleichungen. Hinsichtlich ihrer mathematischen Formulierung treten uns diese Probleme zumeist als Randwertaufgaben entgegen. Zahlreiche, sorgfältig ausgewählte Beispiele bereichern diesen Abschnitt. In der dornenvollen Frage des Maßsystems wird überall konsequent zugunsten des technischen Systems, dem sich die von Giorgi eingeführten mechanischen Einheiten beigesellen, Stellung genommen. So grosse Vorteile auch dieses Maßsystem für die praktischen Bedürfnisse der Elektrotechnik haben mag, seine Verwendung in der Atomphysik ist unseres Erachtens weder zweckmässig noch bequem. Im dritten und vierten Teil kommen schliesslich die Theorien der Relativität und die Lorentzsche Elektronentheorie zum Wort. Die Behandlung dieser Disziplinen zeichnet sich besonders durch die Geschlossenheit und Prägnanz der Darstellung aus. Die Relativitätstheorie bringt in formal-mathematischer Hinsicht die höchsten in diesem Buche an den Leser gestellten Anforderungen. Sie geht wiederum aus von den Maxwellschen Gleichungen und ihrer Invarianz gegenüber einer Lorentz-Transformation. Es folgt die Einführung des Viererpotentials sowie der Sechservektoren für Strom und Erregung, der sich eine allgemeine Behandlung der Gruppe der Lorentz-Transformationen anschliesst. Auf dieser Grundlage lässt sich nun der Lorentzsche Kraftansatz der Elektronentheorie streng und eindeutig, ohne Zuhilfenahme irgendwelcher heuristischer Postulate, herleiten. Mit der Abänderung der klassischen Mechanik in einer dem Relativitätsprinzip genügenden Weise und ihrer Verschmelzung mit der Lorentzschen Theorie durch das Prinzip der kleinsten Wirkung werden die Grundlagen der Elektronentheorie zu ihrem Abschluss gebracht. Als letzte Ergänzung und Erweiterung verbleibt noch die von Minkowski (1908) ausgearbeitete Elektrodynamik bewegter Körper. Ein kurzer, elementar gehaltener Abriss der allgemeinen Relativitätstheorie beschliesst das ausgezeichnete Buch. *H. Wäffler*

53 : 165 *Nr. 523 009*

Physik und Erfahrung. Von *Bertrand Russell.* Zürich, Rascher, 1948; 8°, 53 S. — Preis: brosch. Fr. 2.35.

Ludwig Paneth gibt eine gute Übersetzung eines Vortrages, in dem *Russell* die Frage untersucht, wie weit die Lehren der Physik wahr sind, und wie weit diese Wahrheit durch das, was *Russell* «Erfahrung» nennt, erkannt und kontrolliert werden kann. Der Autor stellt fest, dass der Schluss von den Wahrnehmungen zu den physikalischen Objekten nicht exakt sein kann, und dass Wissenschaft deshalb weitgehend ein System von Kunstgriffen zur Überwindung dieses Mangels an Exaktheit ist. *Hn.*

Prüfzeichen und Prüfberichte des SEV

I. Qualitätszeichen

B. Für Schalter, Steckkontakte, Schmelzsicherungen, Verbindungsdosen, Kleintransformatoren, Lampenfassungen, Kondensatoren

Für isolierte Leiter

Schalter

Ab 1. Oktober 1950.

Spälti Söhne & Co., Zürich.

Fabrikmarke:

Dreipolige Druckknopfschalter für 500 V, 10 A.
Ausführung: Kontakte aus Silber.

a) Für trockene Räume:
Typ 30-A-10: Schaltelemente allein, ohne Gehäuse oder Frontplatte.
Typ 31-A-10: Einbau-Schalter, mit Frontplatte aus Blech.
Typ 35-A-10: Aufbau-Schalter, mit Gehäuse aus Isolierpreßstoff.

b) Für trockene oder nasse Räume:
Typ 34-A-10: Aufbau-Schalter mit Gehäuse aus Blech.

Ab 15. Oktober 1950.

Fr. Ghielmetti & Cie. A.-G., Solothurn.

Fabrikmarke:

Schalter für 500 V, 6 A ~.
Ausführung: Schalter mit Tastkontakten aus Silber, Gehäuse aus Leichtmetallguss.
Verwendung: in nassen Räumen, zum Anbau an Motoren.
Typ HMGW: zweipoliger Anlaßschalter für Einphasenmotoren mit Hilfsphase.

H. Amberg & Co., Fabrik elektrischer Apparate, Zürich.

Fabrikmarke: Firmenschild

Kastenschalter für 15 A, 500 V.
Verwendung: für Aufbau in nassen Räumen.

Typ 3946: Regulierschalter für Waschherde mit 4 Regulierstufen. Schalter mit 6 Sicherungen und Signallampe. Gehäuse aus Guss.

Verbindungsdosen

Ab 1. Oktober 1950.

Carl Maier & Cie., Schaffhausen.

Fabrikmarke: CMC

Einpolige Reihenklemmen für 500 V, 6 und 16 mm².
Ausführung: Isolierkörper aus Steatit, für Befestigung auf Profilschiene.

Ab 15. Oktober 1950.

A. Roesch & Co., Koblenz.

Fabrikmarke: ◇

Verbindungsdosen für 380 V.
Verwendung: für Aufputzmontage in trockenen Räumen.
Ausführung: Sockel aus Steatit, Kappen aus braunem oder weissem Isolierpreßstoff.

	U-förmig für 1 mm²	quadratisch für 1 mm²	U-formig für 2,5 mm²
mit 3 Anschlussklemmen Typ MKR	Nr. 1931,....w	Nr. 1971,....w	Nr. 1951,....w
mit 4 Anschlussklemmen Typ MKR	Nr. 1932,....w	Nr. 1972,....w	Nr. 1952,....w
mit 3 Anschlussklemmen Typ KKR	Nr. 1933,....w	Nr. 1973,....w	Nr. 1953,....w
mit 4 Anschlussklemmen Typ KKR	Nr. 1934,....w	Nr. 1974,....w	Nr. 1954,....w
mit 3 Anschlussklemmen Typ MtK	Nr. 1935,....w	Nr. 1975,....w	Nr. 1955,....w
mit 4 Anschlussklemmen Typ MtK	Nr. 1936,....w	Nr. 1976,....w	Nr. 1956,....w
mit 3 Anschlussklemmen Typ MKK	Nr. 1937,....w	Nr. 1977,....w	Nr. 1957,....w
mit 4 Anschlussklemmen Typ MKK	Nr. 1938,....w	Nr. 1978,....w	Nr. 1958,....w

Isolierte Leiter

Ab 1. Oktober 1950.

Siemens-Elektrizitätserzeugnisse A.-G., Zürich.

Vertretung der Siemens-Schuckertwerke A.-G., Erlangen (Deutschland), Kabelwerk Neustadt-Coburg.

Firmenkennfaden: rot-weiss-grün-weiss bedruckt.

Gummiaderschnur Cu-Gd (GDn) 2 × 0,75 mm², flexibler Zweileiter mit Gummiisolation.

Ab 15. Oktober 1950.

Suhner & Co., Herisau.

Firmenkennfaden: braun-schwarz bedruckt.

Hochspannungskabel für Leuchtröhrenanlagen, zulässig bis zu einer max. Leerlaufspannung von 10 kV, Typ Tv H, 7 mm ⌀ zweischichtig, Litze 1,5 mm² Cu-Querschnitt, mit zweischichtiger Isolation auf Polyäthylen-Polyvinylchloridbasis.

Steckkontakte

Ab 15. Oktober 1950.

Electro-Mica A.-G., Mollis.

Fabrikmarke: Ⓐ

Stecker 2 P + E für 10 A, 380 V ~.
Verwendung: in trockenen Räumen.
Ausführung: Steckerkörper aus schwarzem Isolierpreßstoff.
Nr. 2440: Typ 4, Normblatt SNV 24 512.

III. Radioschutzzeichen des SEV

Auf Grund der bestandenen Annahmeprüfung gemäss § 5 des «Reglements zur Erteilung des Rechts zur Führung des Radioschutzzeichens des SEV» [vgl. Bull. SEV Bd. 25 (1934), Nr. 23, S. 635...639, u. Nr. 26, S. 778] wurde das Recht zur Führung des SEV-Radioschutzzeichens erteilt:

Ab 15. Oktober 1950.

Turmix A.-G., Muntelier (FR).

Fabrikmarke:

Mischmaschinen.
Typ B, 220 V, 50 Hz, 330 W.
Typ C, 220 V, 50 Hz, 420 W.

Rudolf Schmidlin & Co. A.-G., Sissach.

Fabrikmarke: SIX MADUN

Blocher «Six Madun».
Mod. BL 4. Spannung 220 V. Leistung 300 W.

IV. Prüfberichte

[siehe Bull. SEV Bd. 29(1938), Nr. 16, S. 449.]

Gültig bis Ende September 1953.

P. Nr. 1342.

Gegenstand: **Explosionssichere Fluoreszenzlampen-Armatur**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 24 830 vom 22. September 1950.
Auftraggeber: Huco, Gebr. Huser & Co., Münchwilen (TG).

—

Aufschriften:
auf der Armatur:

HUCO

auf dem Vorschaltgerät:

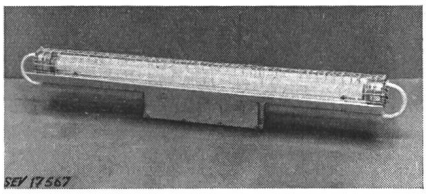
Elektroapparatebau Ennenda
Fr. Knobel
Typ 220 RO t Ka

auf dem Kondensator:

Fribourg Condensateur
FHC 6400
Betriebsspannung 220 V
50/3 60 °C

Beschreibung:

Freistrahlende Fluoreszenzröhren-Armatur mit einer Röhre, für Verwendung in explosionsgefährlichen Räumen. Die Röhre ist durch ein Drahtgitter gegen mechanische Beschädigung geschützt und durch eine Antikorrodalhülse gegen Lockern gesichert. Vorschaltgerät mit Wicklung und Thermo-



starter in Blechgehäuse vergossen. Sämtliche Anschlüsse verlötet. Verwendung: in explosionsgefährlichen Räumen.

P. Nr. 1343.

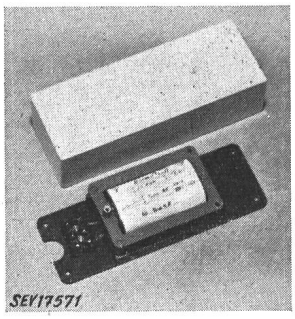
Gegenstand: **Vorschaltgerät**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 25 392 vom 2. Okt. 1950.
Auftraggeber: F. Gehrig & Co., Ballwil (LU).

—

Aufschriften:

F. Gehrig + Co.
Ballwil (Luz)
Type AK
25 Watt 220 V 0,285 A 50 ~ No. 1025P



Beschreibung:

Vorschaltgerät für 25 W-Fluoreszenzlampen, gemäss Abbildung, ohne Temperatursicherung und ohne Starter. Wicklung aus emailliertem Kupferdraht. Grundplatte aus Hartpapier, Deckel aus Aluminiumblech. Klemmen auf braunem Isolierpreßstoff montiert.

Das Vorschaltgerät hat die Prüfung in Anlehnung an die «Kleintransformatoren-Vorschriften» (Publ. Nr. 149) bestanden. Verwendung: in trockenen und zeitweilig feuchten Räumen.

Apparate in dieser Ausführung tragen das Qualitätszeichen des SEV; sie werden periodisch nachgeprüft.

Gültig bis Ende September 1953.

P. Nr. 1344.

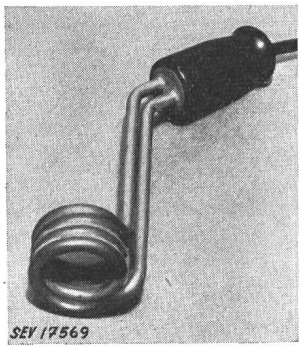
Gegenstand: **Tauchsieder**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 23 207b vom 27. September 1950.
Auftraggeber: Ultratherme S. A., Wallstrasse 11, Basel.

—

Aufschriften:

ULTRA
V 220 W 1000



Beschreibung:

Tauchsieder gemäss Abbildung. Heizstab mit Kupfermantel von 9 mm Durchmesser, schraubenförmig gebogen. Handgriff aus Isoliermaterial. Anschlussklemmen im Griff montiert. Zuleitung dreiadrige Doppelschlauchschnur mit 2 P + E-Stecker. Gewicht mit Zuleitung und Stecker 700 g.

Der Tauchsieder hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden.

P. Nr. 1345.

Gegenstand: **Heizkissen**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 25 437 vom 4. Oktober 1950.
Auftraggeber: Jura Elektroapparate-Fabriken, L. Henzirohs A.-G., Niederbuchsiten.

—

Aufschriften:

Jura
RECORD
V ~ 220 W 80 No. 01

Beschreibung:

Heizkissen von 28 × 38 cm Grösse. Heizschnur mit Asbestisolation auf die Aussenseite zweier aufeinanderliegender Tücher genäht. Darüber je eine vernähte Hülle aus gummiertem Gewebe und Flanell. Zwei Temperaturregler mit gemeinsamem Metallgehäuse auf allen Betriebsstufen in Serie eingeschaltet. Zuleitung Rundschnur mit Stecker und Regulierschalter.

Das Heizkissen entspricht den «Anforderungen an elektrische Heizkissen» (Publ. Nr. 127) und dem «Radioschutzzeichen-Reglement» (Publ. Nr. 117).

Gültig bis Ende September 1953.

P. Nr. 1346.

Gegenstand: **Waschmaschine**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 24 744 vom 26. September 1950.
Auftraggeber: Gebr. Wyss, Waschmaschinenfabrik, Büron (LU).

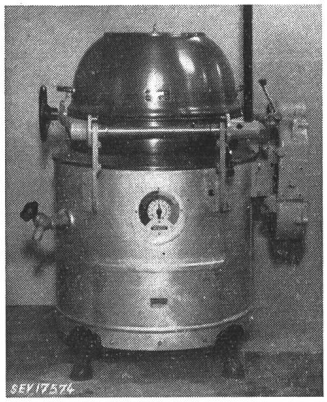
—

Aufschriften:

Wyss
Gebrüder Wyss Büron/Luz.
Waschmaschinenfabrik
ETHA
Scherer & Hanselmann
Elektrische Heizungen
Olten
Typ GR1 V 3 × 380 Dat. 2.50 W 7500

auf dem Motor:

D Mot. No. 36823 Lo
Type KDWn 075 ⅓ PS int.
△Y 235/400 V 1,9/1,1 A
920 T/min 50 Per.



Beschreibung:

Waschmaschine gemäss Abbildung, mit elektrischer Heizung und Antrieb durch Drehstrom-Kurzschlussankermotor. Schiff mit vier horizontal eintauchenden Heizstäben. Strahlungsheizung aussen am Kessel. Temperaturregler eingebaut. Dieser betätigt einen Fernschalter für die Heizung. Die Waschvorrichtung besteht aus einer Trommel, welche Drehbewegungen in wechselnder Richtung ausführt. Anschlussklemmen auf keramischem Material montiert. Handgriffe isoliert.

Die Waschmaschine hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden. Verwendung: in nassen Räumen.

P. Nr. 1347.

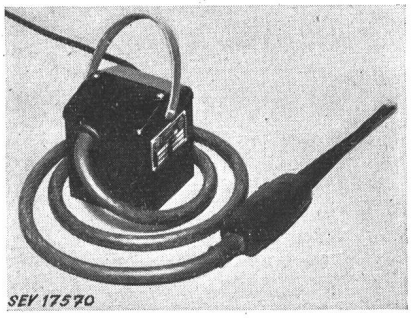
Gegenstand: **Harzgallenbrenner**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 25 415 vom 28. September 1950.
Auftraggeber: Elektro-Apparatebau, Fr. Knobel & Co., Ennenda.
Aufschriften:

Elektro-Apparatebau Ennenda
Fr. Knobel & Co.
1 Phas. 50 ~ 2 b
Typ 220 EL 2 Ausfg. S No. 205298
U_1 220 V N 100 VA

Beschreibung:

Apparat gemäss Abbildung, zum Ausbrennen von Harzgallen, bestehend aus einem Transformator und einem Bren-



ner mit Glühband für direkte Heizung mit hoher Stromstärke. Glühband an kräftigen Zuleitungen mit Handgriff

aus Isolierpreßstoff befestigt. Mehradriger, gummiisolierter Leiter zwischen Transformator und Brenner. Druckkontakt für Primärstromkreis im Handgriff. Zuleitung zweiadrige Rundschnur mit Stecker, fest angeschlossen.

Der Apparat hat die Prüfung in Anlehnung an die «Kleintransformatoren-Vorschriften» (Publ. Nr. 149) bestanden. Verwendung: in trockenen Räumen.

Apparate in dieser Ausführung tragen das Qualitätszeichen des SEV; sie werden periodisch nachgeprüft.

Gültig bis Ende Oktober 1953.

P. Nr. 1348.

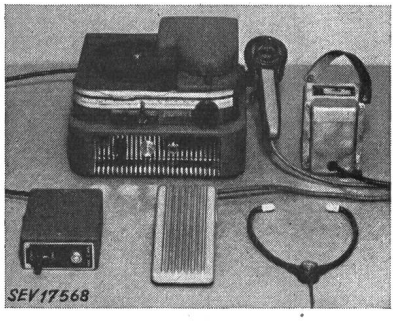
Gegenstand: **Diktierapparat**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 24 814 vom 6. Oktober 1950.

Auftraggeber: Westrex Company, Viaduktstrasse 60, Basel.

Aufschriften:

GRAY
AUDOGRAPH (UL)
R
110—120 Volts 50 Cycle A. C. 85 VA
Serial No: 125511
The Gray Manufacturing Co., Hartfort, Conn.
Made in U. S. A.



Beschreibung:

Apparat gemäss Abbildung, zum Registrieren von direkt oder telephonisch übermittelten Gesprächen auf Plasticfolien und zur Wiedergabe derselben. Verstärker mit Netztransformator mit getrennten Wicklungen. Einphasen-Kurzschlussankermotor für das Triebwerk. Trockengleichrichter für die Steuerspannung. Vorgeschalteter Transformator mit getrennten Wicklungen für 110...220 V Primär- und 110 V Sekundärspannung. Je eine Kleinsicherung im Primär- und Sekundärstromkreis des Netztransformators. Handmikrophon mit eingebautem Schalter, Gabelkopfhörer und Fußschalter. Eingangsübertrager für Telephon in separatem Blechgehäuse.

Der Apparat entspricht den «Vorschriften für Apparate der Fernmeldetechnik» (Publ. Nr. 172).

Gültig bis Ende September 1953.

P. Nr. 1349.

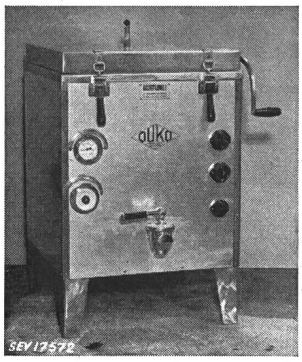
Gegenstand: **Kochapparat**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 25 076a vom 28. September 1950.

Auftraggeber: Schmutz & Bähler A.-G., Thormannmätteliweg, Bern.

Aufschriften:

DUKO
Ernst Koch Dulliken
Schmutz & Bähler AG
Apparate- und Behälterbau
Bern, Thormannmätteliweg 83
Nr. 1101 3 Ph. kW 10,3 380 V



Beschreibung:

Kochapparat gemäss Abbildung, für Verwendung in Metzgereien und dergleichen. Wärmeisolierter Behälter aus rostfreiem Stahl mit Boden- und Seitenheizung. Regulierschalter, Temperaturregler, Schaltschütz, Signallampe und Zeigerthermometer eingebaut. Spannvorrichtung und Sicherheitsventil am Deckel. Zuleitung vieradrige Gummiaderschnur, durch Stopfbüchse eingeführt. Alle Handgriffe isoliert.

Der Kochapparat hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden. Verwendung: in nassen Räumen.

Vereinsnachrichten

Die an dieser Stelle erscheinenden Artikel sind, soweit sie nicht anderweitig gezeichnet sind.
offizielle Mitteilungen der Organe des SEV und VSE

Totenliste

Am 17. Juli 1950 starb in Solothurn im Alter von 67 Jahren *Hugo Gyulai*, Betriebsleiter der Elektra Bucheggberg, Mitglied des SEV seit 1943. Wir entbieten den Angehörigen und der Elektra Bucheggberg unser herzliches Beileid.

Am 14. Oktober 1950 starb auf einer Reise infolge Herzschlag in Paris *Hans Ast* im Alter von 48 Jahren. Wir sprechen der Trauerfamilie und der Spinnerei an der Lorze, Baar, Kollektivmitglied des SEV und VSE, deren technischer Direktor er war, unser herzliches Beileid aus.

Am 19. Oktober 1950 starb in Zürich im Alter von 72 Jahren *Hans Schütze-Wildner*, Seniorchef und Mitinhaber der Firma Schütze & Co., Zürich, Kollektivmitglied des SEV. Wir sprechen der Trauerfamilie und der Firma Schütze & Co. unser herzliches Beileid aus.

Am 31. Oktober 1950 starb in Winterthur während seiner Lehrtätigkeit, im Alter von 54 Jahren, Professor *Walter Frick*, Lehrer für Elektrotechnik am Technikum Winterthur, Mitglied des SEV seit 1927. Wir sprechen der Trauerfamilie und dem Technikum Winterthur unser herzliches Beileid aus.

Vortragsreihe über Licht und Beleuchtungstechnik an der ETH

Organisiert vom Schweizerischen Beleuchtungs-Komitee

Im Rahmen des elektrotechnischen Kolloquiums hat, wie wir bereits mitteilten [1]), am 20. Oktober 1950 am Elektrotechnischen Institut der ETH eine *Vortragsreihe über Licht- und Beleuchtungstechnik* begonnen.

Die Vorträge finden jeden *Freitag von 17.15 bis 19 Uhr* im *Hörsaal 15c des Physikgebäudes* der ETH, Gloriastrasse 35, Zürich 6, statt.

Es finden weiter folgende Vorträge statt:

17. November 1950, Prof. Dr. *H. König:* Licht-Messtechnik (2. Teil).

[1]) siehe Bull. SEV Bd. 41(1950), Nr. 21, S. 816.

24. November 1950, Dipl. Ing. *A. Stern:* Theorie der Lichterzeugung; Gasentladungen.

1. und 8. Dezember 1950, Dipl. Ing. *J. Guanter* und *H. Kessler:* Lampen.

15. Dezember 1950, *E. Frey:* Leuchten und lichttechnische Baustoffe.

Nach Neujahr werden in der angegebenen Reihenfolge die weiteren Vorträge gehalten; die Daten werden später mitgeteilt.

2 Doppelstunden, Prof. *R. Spieser:* Beleuchtungstechnik.

1 Doppelstunde, *M. Roesgen:* Verkehrsbeleuchtung (in französischer Sprache).

2 Doppelstunden, Prof. *R. Spieser:* Beleuchtungskunst.

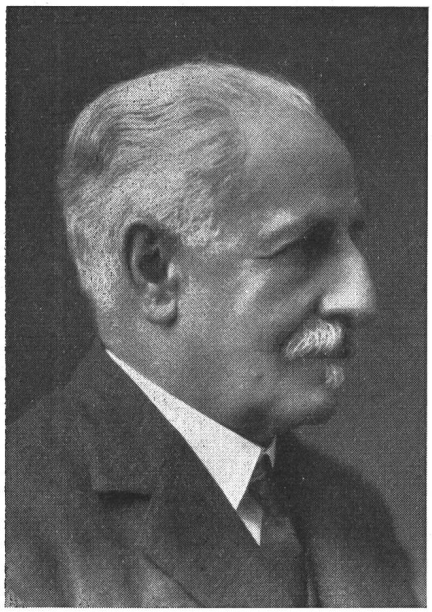
1 Doppelstunde (ein Architekt): Architektur und Licht.

1 Doppelstunde, Dipl. Ing. *E. Bitterli:* Beleuchtungshygiene.

Dr. h. c. Emil Bitterli 90 Jahre alt

Am 20. November 1950 feiert Dr. h. c. Emil Bitterli, Bern, Mitgründer und Ehrenmitglied des SEV, bei guter Gesundheit seinen 90. Geburtstag.

Dr. Bitterli, der letzte Überlebende der Gründergeneration des SEV (1889), studierte am eidgenössischen Polytechnikum Mathematik, interessierte sich für Elektrotechnik und wurde 1887 Ingenieur und dann Direktor der Zürcher Telephongesellschaft, aus der s. Zt. so viele Pioniere der schweizerischen Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft hervorgegangen sind. Von 1894...1911 war er Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon und ab 1911 Direktor, ab 1919 Administrateur-délégué der Cie Générale d'Electricité in Paris. Dieser bedeutendsten französischen Gesellschaft ihrer Art leistete er grosse Dienste, indem er ihren Geschäftsbereich auf den fabrikatorischen Sektor ausdehnte.



1911 wurde der Jubilar zum Ehrenmitglied des SEV ernannt; 1930 verlieh ihm die Eidgenössische Technische Hochschule den Titel eines Ehrendoktors der technischen Wissenschaften «en reconnaissance de son admirable activité comme ingénieur et administrateur».

Wir erinnern uns in grosser Dankbarkeit aller Förderung, die Dr. Bitterli Zeit seines langen, glücklichen Lebens dem SEV und seinen Institutionen angedeihen liess. Die Fachwelt verehrt in ihm einen erfolgreichen Pionier der Elektrotechnik, der für sein Land grosse Ehre einlegte. Wir alle, die ihm so viel verdanken, gedenken des frohmütigen und warmherzigen Menschen an seinem 90. Geburtstag in herzlicher Verbundenheit.

Fachkollegium 2/14 des CES

Elektrische Maschinen und Transformatoren

Das Fachkollegium 2/14 hielt am 20. Oktober 1950 in Zürich unter dem Vorsitz von Professor E. Dünner seine 28. Sitzung ab.

Dr. O. Hess, A.-G. Brown, Boveri & Cie., orientierte über die CIGRE-Tagung, Gruppe «Elektrische Maschinen» und H. Schneider, Maschinenfabrik Oerlikon, über die Sitzung des CIGRE-Studien-Komitees «Transformatoren», Paris 1950.

Im Anschluss an die Veröffentlichung der Leitsätze über die Anwendung von grossen Wechselstromkondensatoren für die Verbesserung des Leistungsfaktors von Niederspannungsanlagen (Publikation Nr. 185 des SEV) übernahm es Ch. Jean-Richard, im Bulletin des SEV einen Artikel zu bringen über die Ausrüstung von Werkzeugmaschinen mit Kondensatoren, um die Blindleistung der Antriebmotoren zu kompensieren. Es wurde ferner in Aussicht genommen, die Werkzeugmaschinenfabrikanten durch Zirkular auf die Nützlichkeit dieser Massnahme aufmerksam zu machen.

Das Comité d'Action der CEI beschloss im Juli 1950 in Paris mit allen gegen die Stimme der Schweiz, Dimensionsnormen für elektrische Motoren aufzustellen. Die Arbeiten sollen nun im November 1950 in London beginnen. Das FK 2/14 beschloss, sich an dieser Sitzung vertreten zu lassen, mit dem Ziel, zu verhindern, dass Normen geschaffen werden, welche die Entwicklung hemmen könnten. Ferner wird sich das FK 2/14 an der gleichzeitig stattfindenden CEI-Sitzung über die Abstufung der Leistung von Turbo-Generatoren vertreten lassen.

Das FK nahm einen Bericht über die Arbeiten seines Unterkomitees «Lack» entgegen. Es besteht das Bedürfnis nach einer Isolationsklasse für höhere Grenzerwärmung. Es ist zur Zeit in Aussicht genommen, zwei neue Isolationsklassen zu schaffen, nämlich eine Klasse H mit einer zulässigen Erwärmung von 125 °C und eine Klasse F mit einer zulässigen Erwärmung von 100...105 °C.

Es wurde beschlossen, die Dokumente 14 (Secrétariat) 4, 5 und 6 durch das Unterkomitee «Transformatoren» unter Berücksichtigung der Richtlinien des FK 28 diskutieren zu lassen.

Im Laufe der nächsten Monate soll eine Sitzung einberufen werden, um den auftragsgemäss von F. Buchmüller, Direktor des eidg. Amtes für Mass und Gewicht, aufgestellten Vorschlag zu einer Norm über Magnetblechprüfungen zu behandeln.

Fachkollegium 28 des CES

Koordination der Isolationen

Unterkomitee für die Koordination der Isolationen der Niederspannungsanlagen

Das UK Niederspannungsanlagen hielt am 31. Oktober 1950 in Olten unter dem Vorsitz von Direktor H. Wüger, Präsident, seine 3. Sitzung ab. Prof. Dr. K. Berger, Versuchsleiter der Forschungskommission des SEV und VSE für Hochspannungsfragen (FKH), hielt zur Einführung einen Vortrag über «charakteristische Erscheinungen bei Stoßspannungen und Stoßströmen», der den Unterkomitee-Mitgliedern einen anschaulichen Begriff vom Wesen der Stoßspannungen vermittelte. Am Nachmittag begaben sich die Teilnehmer an der Sitzung in die Versuchsstation der FKH nach Gösgen, wo sie einigen Experimenten mit hohen Stoßspannungen und -strömen beiwohnten, welche den Vortrag von Prof. Berger ergänzten.

Die Traktandenliste der 2. Sitzung wurde hierauf weiter behandelt; es wurden die Gruppen der Hauptsicherungen, der Zähler usw. und der Schalter besprochen.

Dabei wurde beschlossen, dass sich das Unterkomitee bei der vorzunehmenden Koordinierung der Niederspannungsapparate vorläufig auf die fest angeschlossenen Geräte beschränken wird; eine Ausdehnung auf die beweglichen Apparate soll aber im Auge behalten und von Fall zu Fall geprüft werden.

Die nächste Sitzung wird am 29. November 1950 in Zürich stattfinden; die Weiterbehandlung der Traktandenliste der 2. Sitzung soll dannzumal wesentlich gefördert werden.

Anmeldungen zur Mitgliedschaft des SEV

Seit 29. Juli 1950 gingen beim Sekretariat des SEV folgende Anmeldungen ein:

a) als Kollektivmitglied:

Société des Forces Motrices du Châtelot, c/o Schweiz. Elektrizitäts- und Verkehrsgesellschaft, Malzgasse 32, Basel.
Metallwaren A.-G., Schweisswerk und Stahlbau, Buchs (SG).
A. Heiniger & Cie. A.-G., Ostermundigen-Bern.
Elektrizitätswerk Wels A.-G., Stelzhamerstr. 27, Wels (Oesterreich).
Huldreich Büchi, Waisenhausstr. 4, Zürich.
Peter Manz, Elektrokabel, Schubertstr. 19, Zürich.

b) als Einzelmitglied:

Baumgartner Andreas, Elektroingenieur ETH, Benkenstr. 46, Basel.
Blamberg Ernst, Dr.-Ing., Camille Bauer A.-G., Dornacherstr. 18, Basel.
Buchler Norbert, dipl. Elektro-Ing. ETH, 80, Avenue Pasteur, Luxembourg.
Buser Jacques, Elektrotechniker, Mühlebachstr. 18, Richterswil.
Büsser Josef, Fernmeldetechniker, Elfenweg 3, Zürich 38.
Fuhrer Arthur, Elektrotechniker, Luzernerring 113, Basel.
Grupp Hans, dipl. Elektrotechniker, Kloosweg 59, Biel.
Haury Jean-Ernest, ingénieur, 48, chemin du Village, Lausanne.
Hoesen Fritz, Elektro-Ing., Av. Feruao Magathais 1224, Porto (Port.).
Knoepfel H. Haini, dipl. Ing., 13130 Forest Hills Av., East Cleveland (Ohio) USA.
Meierhofer Walter, Elektroingenieur ETH, Griesernweg 14, Zürich 37.
Pirker Alois, Elektroingenieur, St. Anton (Tirol, Oesterreich),
Poisat Henri, ing. él. ETH, professeur, Av. de Champel 13, Genève.
Rüegg W., Dienstchef, Generaldirektion PTT, Speichergasse 6, Bern.
Rusterholz A. A., Dr. sc. nat. ETH, Gladbachstr. 114, Zürich.
Schmied René, dipl. Elektro-Ing. ETH, Universitätstr. 16, Zürich 6.
Schwenkhagen Hans-Fritz, Prof. Dr. Ing., Leiter der Technischen Akademie Bergisch-Land, Rubensstr. 4, Wuppertal-Vohwinkel (Dld.).
Studer Otto, Elektrotechniker, Lichtensteig.

c) als Jungmitglied:

Bühler Hansruedi, stud. el. tech., Balderstr. 38, Bern.
Grubenmann Josef, stud. el. tech., Rinkenbach, Appenzell
Heimgartner Hans, stud. el. tech., Drusbergstr. 1, Erlenbach.
Hiltbrunner Hans, stud. el. tech., Haldenstr. 14, Burgdorf.
Lüdi Armin, stud. el. tech., Jungfraustr. 34, Burgdorf.
Möckli Ernst, stud. el. tech., Weissenbühlweg 29d, Bern.
Pouly Jean, étudiant, Tirage 4, Pully Lausanne.
Schulz Jürg, stud. el. tech., Munzachstr. 11, Liestal.
Züblí Fritz, stud. el. tech., Uetlibergstr. 123, Zürich 45.

Abschluss der Liste: 1. November 1950.

Unfallverhütungsplakate

Auf Wunsch aus Werkskreisen hat der VSE in Aussicht genommen, eine Reihe von Plakaten zur Verhütung von Unfällen und Störungen herauszugeben.

Ein erstes Plakat betreffend die Verhütung von Störungen beim Baumfällen liegt nun vor (siehe Figur).

Das oben abgebildete zweifarbige Plakat im Format 23,2 × 34,3 cm kann in zwei Ausführungen, zum Aufkleben oder zum Aufhängen bzw. Aufstellen, bezogen werden. Es eignet sich zur Abgabe zwecks Aufstellung in Eisenwarenhandlungen, in den Lokalen landwirtschaftlicher Genossenschaften usw., sowie zum Anschlag in Molkereien, an Sennhütten, an offiziellen Anschlagstellen, bei Bahnstationen und Haltestellen öffentlicher Verkehrsmittel, an Transformatorenstationen usw.

Französischer Text:

Prévenez les accidents et les dérangements en avertissant à temps le Service de l'électricité qui vous conseillera et vous aidera gratuitement.

Italienischer Text:

Evitate gli incidenti ed i disturbi durante il taglio d'alberi avvertendo in tempo l'Azienda elettrica che vi consiglierà ed aiuterà gratuitamente.

Bestellungen sind an das Sekretariat des VSE, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, zu richten, welches auch über die Preise orientiert. Den interessierten Werken werden auch gerne Muster-Texte für Zeitungsinserate abgegeben.

Regeln für elektrische Maschinen

Der Vorstand des SEV veröffentlicht im folgenden den Entwurf zu neuen Regeln für elektrische Maschinen. Diese neuen Regeln sollen die Publikationen Nr. 108 und 108a ersetzen, soweit diese Publikationen sich auf rotierende Maschinen beziehen. Der Entwurf wurde vom CES genehmigt. Er ist das Werk des Fachkollegiums 2 des CES [1]).

Der Vorstand lädt die Mitglieder ein, diesen Entwurf zu prüfen und Bemerkungen bis zum *31. De-*

[1]) Zur Zeit der Aufstellung dieser Regeln setzte sich das FK 2 folgendermassen zusammen:

H. Abegg, Oberingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden.
W. Bänninger, Ingenieur, Sekretär des CES, Zürich.
F. Christen, Ingenieur der Elektro-Watt A.-G., Zürich.
E. Dünner, Professor an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich.
E. Eglin, Ingénieur der S. A. des Ateliers de Sécheron, Genf.
Dr. *E. Juillard*, Professor an der Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne, Lausanne.
J. Kristen, Direktions-Adjunkt der Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich 50.
Dr.-Ing. *M. Krondl*, Chef des Studienbureau der Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich 50.
M. Landolt, Professor am Technikum Winterthur, Winterthur.
H. Marty, Direktor der Bernischen Kraftwerke A.-G., Bern.
A. Métraux, Vizedirektor der Emil Haefely & Co. A.-G., Basel.
H. Schiller, Oberingenieur der Motor-Columbus A.-G., Baden.
E. Schneebeli, Ingenieur der Materialprüfanstalt des SEV, Zürich.
J. Wettler, Sektionschef für Kraftwerksbetrieb der Abteilung Kraftwerke der Schweizerischen Bundesbahnen, Bern.
W. Zobrist, Betriebsingenieur der Nordostschweizerischen Kraftwerke A.-G., Baden.

Den Vorsitz führte *E. Dünner*, Professor an der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich, das Protokoll *H. Abegg*, Oberingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden.

Die **Detailarbeit** wurde von einem **Unterkomitee** geleistet, dem, unter dem Vorsitz von Prof. *E. Dünner H. Abegg, W. Bänninger*, Dr. *M. Krondl* (Maschinenfabrik Oerlikon) und Dr. *W. Wanger* (A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden) angehörten, und das nach Massgabe der Bedürfnisse weitere Spezialisten beizog. Für die Bearbeitung des Kapitels «Wirkungsgrad und Verluste» lieferten die Firmen Brown, Boveri & Cie. und Maschinenfabrik Oerlikon die nötigen Unterlagen, auch solche experimenteller Natur, und zwar Brown Boveri für die Synchronmaschinen, die Maschinenfabrik Oerlikon für die Induktionsmaschinen.

zember 1950 in doppelter Ausfertigung dem Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, einzureichen. Sollten keine Bemerkungen eingehen, so würde der Vorstand annehmen, die Mitglieder seien mit dem Entwurf einverstanden, und er würde dann über die Inkraftsetzung beschliessen.

Entwurf

Regeln für elektrische Maschinen

Inhalt

Vorwort

A. Einleitung

1. Zweck
2. Geltungsbereich
   a) Höhe des Aufstellungsortes
   b) Temperatur des Kühlmittels
   c) Kurvenform der Primärspannung
   d) Symmetrie der Mehrphasensysteme
3. Buchstabensymbole und Zeichen

B. Definitionen

10. Maschinenarten
11. Bestandteile
12. Nennbetrieb
13. Spannung und Strom
    a) Allgemeines
    b) Symmetrie
    c) Sinusform von Spannungskurven
    d) Spannung und Strom bei Drehstrommaschinen (Dreiphasenmaschinen)
    e) Spannung und Strom bei Zweiphasenmaschinen
14. Arbeitsart
15. Leistung
    a) Scheinleistung
    b) Blindleistung
    c) Wirkleistung und mechanische Leistung
    d) Nennleistung eines Generators
    e) Nennleistung eines Motors
    f) Abgegebene Leistung
    g) Aufgenommene Leistung
16. Leistungsfaktor
17. Wirkungsgrad
18. Erregung
    a) Selbsterregung
    b) Eigenerregung
    c) Fremderregung
19. Drehmomente
    a) Anzugsmoment eines Motors
    b) Durchzugsmoment eines Motors
    c) Intrittfallmoment eines Synchronmotors
    d) Kippmoment eines Motors
20. Kühlungs- und Ventilationsarten
    a) Selbstkühlung
    b) Eigenventilation
    c) Fremdventilation
    d) Indirekte Wasserkühlung
    e) Direkte Wasserkühlung
21. Drehzahlverhalten
    a) Motoren mit gleichbleibender Drehzahl
    b) Motoren mit fast gleichbleibender Drehzahl
    c) Motoren mit stark veränderlicher Drehzahl
22. Drehzahländerung

C. Genormte Werte

30. Frequenzen
31. Spannungen
32. Drehzahlen
33. Leistungsfaktoren

D. Nennbetriebsarten

40. Einteilung
41. Dauernennbetrieb
42. Kurzzeitiger Nennbetrieb
43. Aussetzender Nennbetrieb
44. Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung

E. Schutzarten

F. Allgemeine Bestimmungen über die Prüfung

70. Prüfungen
71. Bürstenstellung

G. Erwärmung

80. Definition des Begriffes Erwärmung
81. Dauer des Erwärmungsversuches
    a) Maschinen für Dauernennbetrieb
    b) Maschinen für kurzzeitigen Nennbetrieb
    c) Maschinen für aussetzenden Nennbetrieb und Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung
82. Temperaturmessmethoden
    a) Thermometermethode
    b) Widerstandsmethode
    c) Methode der eingebetteten Temperaturanzeiger
83. Anwendung der einzelnen Methoden zur Messung der Wicklungstemperatur
84. Temperatur des Kühlmittels
85. Messung der Temperatur des Kühlmittels während des Versuches
86. Korrektur für Messungen, die erst nach Stillsetzung der Maschine gemacht werden
87. Anfangswiderstand
88. Tabelle der Grenzerwärmungen
89. Wicklungen für mehr als 11 000 V
90. Kommutatoren und Schleifringe
91. Maschinen für höhere Kühllufttemperaturen als 40 °C und höhere Kühlwassertemperaturen als 25 °C
92. Wärmebeständigkeitsklassen der Isoliermaterialien
93. Klasse 0
94. Klasse A
95. Klasse B
96. Klasse C
97. Klasse D
98. Isolationen, welche aus verschiedenen Stoffen aufgebaut sind

H. Isolierfestigkeit

100. Spannungsprüfungen

J. Wirkungsgrad und Verluste

110. Allgemeines
111. Wirkungsgradbestimmung durch Messung der aufgenommenen und abgegebenen Leistung (Ausführungsregeln)
112. Wirkungsgradbestimmung nach der kalorimetrischen Methode (Ausführungsregeln)
    a) Luft als Kühlmittel
    b) Flüssige Kühlmittel

113. Wirkungsgradbestimmung nach der Rückarbeitsmethode
114. Wirkungsgradbestimmung nach der Einzelverlustmethode
A. Leerverluste
B. Erregungsverluste
C. Lastverluste

I. Bestimmung der Einzelverluste bei Synchronmaschinen
120. Bestimmung der Leerverluste bei Synchronmaschinen
121. Bestimmung der Erregungsverluste bei Synchronmaschinen
122. Bestimmung der Lastverluste bei Synchronmaschinen
a) Stromwärmeverluste
b) Zusatzverluste
123. Ausführungsregeln zur Bestimmung der Eisen-, mechanischen und Zusatzverluste bei Synchronmaschinen
a) Messung im Leerlauf als Motor
b) Messung im Auslauf
c) Messung mit geeichtem Hilfsmotor
d) Messung mit der Pendelmaschine
e) Kalorimetrische Bestimmung

II. Bestimmung der Einzelverluste bei Mehrphasen-Induktionsmaschinen
124. Bestimmung der Leerverluste bei Mehrphasen-Induktionsmaschinen
125. Bestimmung der Lastverluste bei Mehrphasen-Induktionsmaschinen
a) Belastung bei Nennspannung
b) Belastung bei reduzierter Spannung
c) Kreisdiagramm

K. Spannung und Spannungsänderung
140. Spannungsbereich
141. Definitionen
a) Luftspaltspannung
b) Ankerstreuspannung
c) Spannungsänderung
142. Sinusform von Spannungskurven
143. Bestimmung der Ankerstreuspannung
a) Nach der Methode von Fischer-Hinnen mit dem Potier-Dreieck
b) Aus der Reaktanzmessung bei ausgebautem Rotor
c) Aus der Reaktanzmessung bei stillstehendem Rotor
144. Bestimmung der Spannungsänderung und des Erregerstromes
a) Direkte Methode
b) Indirekte Methode

L. Kurzschluss
150. Allgemeines
151. Definitionen
a) Stosskurzschlußstrom
b) Gleichstromglied des Anfangskurzschlußstromes
c) Wechselstromglied (Effektivwert) des Anfangskurzschlußstromes
d) Dauerkurzschlußstrom
152. Kurzschlussprobe

M. Überlastung
160. Allgemeines
161. Das Kippmoment von Induktionsmaschinen

N. Anlauf
170 Definitionen
a) Anlaufstrom
b) Rotorstillstandsspannung
171. Durchzugsmoment
172. Bestimmung der Anlaufcharakteristiken

O. Mechanische Versuche und Vorschriften
180. Drehsinn
181. Maschinen für beide Drehrichtungen
182. Schleuderprüfung

P. Kommutation

Q. Klemmen
190. Anordnung der Klemmen in einer Ebene parallel zur Achsrichtung
191. Anordnung der Klemmen in einer Ebene senkrecht zur Achsrichtung
192. Ausnahmefälle
193. Erdungsklemme

R. Toleranzen und Garantien
200. Definition
201. Anwendung

S. Ursprungszeichen und Schilder
210. Ursprungszeichen
211. Leistungsschild
212. Mehrfache Stempelungen

Vorwort

Auf 1. Mai 1934 trat die erste Auflage der Regeln für elektrische Maschinen in Kraft (Publikation Nr. 108). Sie entsprachen wörtlich der Publikation 34 der Commission Electrotechnique Internationale (1930). Auf 1. Januar 1940 traten einige materielle Änderungen und Ergänzungen in Kraft (Publikation Nr. 108a), welche die neuen Beschlüsse der CEI berücksichtigten. Diese Regeln (Publikation Nr. 108 und 108a) enthielten im wesentlichen nur diejenigen Bestimmungen, welche die Lebensdauer der Maschinen zum Gegenstand haben, nämlich die Erwärmung und die dielektrische Festigkeit. Es bestand jedoch von Anfang an das Bedürfnis, die Regeln so auszugestalten, dass sie erlauben, die Maschinen nach allen Richtungen zu beurteilen, namentlich durch Bestimmungen über die Ermittlung des Wirkungsgrades, die Schleuderprobe u. dgl. Da die CEI diese Teile der Regeln noch nicht behandelte, war das Fachkollegium 2 des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees (CES), das hiefür zuständig ist, gezwungen, selbständig vorzugehen, immerhin unter ständiger Berücksichtigung der wichtigen nationalen Regeln anderer Länder (Amerika, Deutschland, England, Frankreich usw.).

Soweit Regeln der CEI bestehen, wurden diese materiell vollständig übernommen, wobei auch möglichst der gleiche Wortlaut benützt wurde. Der vorliegende Entwurf unterscheidet sich also von den Publikationen Nr. 108 und 108a im wesentlichen nur dadurch, dass er viel vollständiger ist.

Im einzelnen bestehen für besondere Maschinenarten noch einige wenige Lücken. Beispielsweise fehlen Bestimmungen über die Einzelverlustmethode bei der Wirkungsgradbestimmung an Gleichstrommaschinen; auch die Kommutation ist noch nicht behandelt. Die wenigen Lücken sollen später geschlossen werden.

Die Publikationen 108 und 108a behandelten auch die Transformatoren. Der vorliegende Entwurf beschränkt sich auf rotierende Maschinen. Besondere Regeln für Transformatoren sind in Vorbereitung; die neuen Transformatorenregeln werden in ähnlicher Weise vollständig sein, wie die

vorliegenden Maschinenregeln. Bis die neuen Transformatorenregeln vorliegen, gelten für Transformatoren noch die Publikationen Nr. 108 und 108a.

In Zweifelsfällen gilt der deutsche Text, ausser wenn der französische Text genau mit dem französischen Text der CEI (Fascicule 34) übereinstimmt.

Bemerkung: Mit der Inkraftsetzung des vorliegenden Entwurfes wird wahrscheinlich die Publikation Nr. 108b, Ausnahmebestimmungen, ausser Kraft gesetzt.

—

A. Einleitung

1. Zweck

Diese Regeln haben den Zweck, die in Bestellungen von elektrischen Maschinen festzusetzenden Betriebsdaten und Garantien auf eine einheitliche Grundlage zu stellen und die Methoden zu deren Überprüfung zu definieren.

2. Geltungsbereich

Diese Regeln gelten ohne Einschränkung durch Spannung oder Leistung für Maschinen und Maschinensätze, soweit besondere Vorschriften oder Regeln nichts anderes bestimmen.

Ausgenommen von diesen Regeln sind für Bahn- und andere Fahrzeuge bestimmte Maschinen.

Da, wo einzelne Bestimmungen nur für Synchron- oder nur für Induktionsmaschinen gelten, ist dies ausdrücklich angegeben.

Es wird vorausgesetzt, dass die Maschinen unter folgenden Bedingungen arbeiten:

a) *Höhe des Aufstellungsortes.* Fehlen besondere Vereinbarungen, so wird angenommen, dass die Höhe, in welcher die Maschine gebraucht werden soll, nicht mehr als 1000 m ü. M. beträgt. Ist die Maschine für grössere Höhen bestimmt, so sind besondere Vereinbarungen zu treffen.

Für Niederspannungsmaschinen bis 100 kW gilt jedoch als maximale Höhe des Aufstellungsortes der Maschine 1500 m ü. M., ohne dass besondere Vereinbarungen zu treffen sind.

b) *Temperatur des Kühlmittels.* Fehlen besondere Vereinbarungen, so wird angenommen, dass die Temperatur der umgebenden Luft 40 °C oder die Temperatur des Kühlwassers 25 °C nicht übersteigt.

Für Maschinen, welche für Orte bestimmt sind, an denen die Maximaltemperatur der Kühlluft 40 °C oder die Maximaltemperatur des Kühlwassers 25 °C überschreitet, gilt Ziff. 91.

Bemerkung:

Den Maschinen sollen im Betrieb keine Belastungen, welche die Nennlast überschreiten, oder Betriebsbedingungen, welche von den Nennbedingungen abweichen, zugemutet werden, es sei denn, man habe sich vergewissert, dass sie diesen Bedingungen genügen können.

c) *Kurvenform der Primärspannung.* Fehlen besondere Vereinbarungen, so wird angenommen, dass die Maschine an Netze von praktisch sinusförmiger Spannung angeschlossen wird (s. Ziff. 13).

d) *Symmetrie der Mehrphasensysteme.* Fehlen besondere Vereinbarungen, so wird angenommen, dass alle in den Maschinen auftretenden Mehrphasensysteme von Strom und Spannung praktisch symmetrisch sind (s. Ziff. 13).

3. Buchstabensymbole und Zeichen

Die verwendeten Buchstabensymbole und Zeichen sind in der SEV-Publikation Nr. 192 df, Regeln und Leitsätze für Buchstabensymbole und Zeichen, festgelegt.

B. Definitionen

10. Maschinenarten

Synchronmaschinen sind Wechselstrommaschinen, bei denen die Frequenz der induzierten Spannungen und die Drehzahl in einem konstanten Verhältnis stehen.

Turbomaschinen sind durch Dampf- oder Gasturbinen angetriebene Wechselstromgeneratoren mit zylindrischem Rotor, ferner alle anderen Wechselstrommaschinen gleichartiger Konstruktion mit grosser Drehzahl.

Asynchronmaschinen sind Wechselstrommaschinen, deren Drehzahl kein festes Verhältnis zur Netzfrequenz hat und sich mit der Last ändert.

Induktionsmaschinen sind asynchrone Wechselstrommaschinen ohne Kommutator, in welchen nur ein Teil (normalerweise der Stator) an das Netz angeschlossen ist, während der andere Teil (normalerweise der Rotor) Strom durch elektromagnetische Induktion erhält. Statt «Induktionsmotor» benützt man oft den Ausdruck «Asynchronmotor».

Käfig(anker)motoren sind Induktionsmotoren, deren Rotorwicklung aus Stäben besteht, die an den Enden durch Ringe kurzgeschlossen sind.

Motoren mit gewickeltem Rotor sind Induktionsmotoren, deren mehrphasige Rotorwicklung entweder an Schleifringe («**Schleifring(anker)motor**») oder an die Klemmen eines Zentrifugalanlassers («**Motor mit Zentrifugalanlasser**») angeschlossen ist.

11. Bestandteile

Stator ist der feststehende, **Rotor**, der umlaufende Teil der Maschine. **Anker** ist der Teil der Maschine, in dessen Wicklungen durch Umlauf in einem magnetischen Felde oder durch Umlauf eines magnetischen Feldes elektrische Spannungen erzeugt werden. **Erregerwicklung** ist der Teil der Maschine, in dem der das magnetische Feld erzeugende Gleichstrom fliesst.

12. Nennbetrieb

Der Nennbetrieb einer elektrischen Maschine ist bestimmt durch die Betriebsart (s. Ziff. 40) und die Betriebsgrössen, die ihm der Hersteller zuspricht, nämlich durch die Nennbetriebsart und durch die Nennwerte von Leistung, Drehzahl, Spannung, Strom, Frequenz, Leistungsfaktor, Kühlmitteltemperatur usw., nach den Angaben auf dem Leistungsschild.

13. Spannung und Strom

a) Allgemeines

Spannungs- und Stromangaben bei Wechselstrom bedeuten Effektivwerte, sofern nichts anderes angegeben ist.

Der Begriff Wechselstrom umfasst sowohl Einphasenstrom, als auch Mehrphasenstrom.

b) Symmetrie

Ein Mehrphasensystem gilt als praktisch symmetrisch, wenn das gegenlaufende und das Nullsystem nicht mehr als 5 % vom mitlaufenden System betragen.

Bei praktisch symmetrischen Mehrphasensystemen ist der arithmetische Mittelwert der in Betracht kommenden Grössen massgebend.

c) Sinusform von Spannungskurven

Eine Spannung gilt als praktisch sinusförmig, wenn keiner ihrer Momentanwerte vom Momentanwert gleicher Phase der Grundwelle (1. Harmonische) um mehr als 5 % des Grundwellenscheitelwertes abweicht.

Bemerkung:

Zur Bestimmung der Grundwelle einer Spannungskurve gibt es verschiedene Methoden. Z. B. kann sie mit elektrischen Siebkreisen herausgesiebt werden, oder sie lässt sich mit einem harmonischen Analysator aus der oszillographisch aufgenommenen Spannungskurve ermitteln. Wertet man die Grundwelle nach einer graphisch-

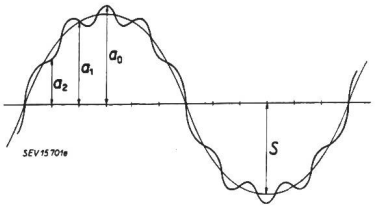


Fig. 1
Sinusform von Spannungskurven

analytischen Methode aus der oszillographisch aufgenommenen Spannungskurve aus, so sind mindestens 12 Punkte einer Periode dieser Spannungskurve zu benutzen. Für Kurven, die in allen Viertelperioden symmetrisch sind,

findet man den Scheitelwert der Grundwelle aus der Formel

$$S = \frac{a_0 + \sqrt{3}\, a_1 + a_2}{3}$$

wo a_0 der in der Symmetrielinie liegende, a_1 und a_2 benachbarte Augenblickswerte sind, die von dem erstgenannten um $^1/_{12}$ und $^2/_{12}$ der Periode entfernt liegen (Fig. 1).

d) Spannung und Strom bei Drehstrommaschinen (Dreiphasenmaschinen)

Die **verkettete Spannung** oder kurz **Spannung** ist die Spannung von Hauptklemme zu Hauptklemme.

Die **Sternspannung** ist die Spannung vom (eventuell nur gedachten) Sternpunkt zu einer Hauptklemme.

Unter **Strom** wird derjenige Strom der Maschine verstanden, welcher durch eine Klemme fliesst; bei mehreren Klemmen pro Pol ist er gleich dem Summenstrom.

e) Spannung und Strom bei Zweiphasenmaschinen

Die **Spannung** ist die an einer einphasigen Wicklung liegende Spannung. Der **Strom** ist der in einer einphasigen Wicklung fliessende Strom.

14. Arbeitsart

Ein **Generator** ist eine rotierende Maschine, die mechanische Leistung in elektrische Leistung umwandelt.

Ein **Motor** ist eine rotierende Maschine, die elektrische Leistung in mechanische Leistung umwandelt.

Ein **Phasenschieber** (Blindleistungsmaschine) ist eine rotierende Maschine, die vorwiegend Blindleistung abgibt oder aufnimmt.

Ein **Umformer** ist eine rotierende Maschine oder ein Maschinensatz zur Umwandlung elektrischer Leistung in elektrische Leistung anderen Stromsystems, anderer Spannung oder anderer Frequenz.

15. Leistung

a) Die **Scheinleistung einer Einphasenmaschine** ist das Produkt aus Spannung und Strom.

Die **Scheinleistung einer Mehrphasenmaschine** mit praktisch symmetrischen Spannungen und Strömen ist das Produkt aus Spannung, Strom und Phasenfaktor (bei Drehstrom gleich $\sqrt{3}$). Dabei sind die arithmetischen Mittelwerte der Spannungen und Ströme aus den verschiedenen Phasen einzusetzen.

Als Einheiten der Scheinleistung werden das Voltampère (VA), das Kilovoltampère (kVA) oder das Megavoltampère (MVA) benützt.

b) Die **Blindleistung** einer Einphasenmaschine oder einer Mehrphasenmaschine mit praktisch symmetrischen Spannungen und Strömen ist dem absoluten Betrage nach definiert durch die Formel

$$\text{Blindleistung} = \sqrt{\text{Scheinleistung}^2 - \text{Wirkleistung}^2}$$

Im weiteren wird als Sprachgebrauch festgelegt, dass eine übererregte Synchronmaschine wie ein Kondensator Blindleistung abgibt, während eine untererregte Synchronmaschine wie eine Drosselspule Blindleistung aufnimmt.

Als Einheiten der Blindleistung werden das Var (Var), das Kilovar (kVar) und das Megavar (MVar) benützt.

Erläuterung: Die Ausdrücke «kapazitive Blindleistung» und «induktive Blindleistung» sollen nicht verwendet werden, dagegen «abgegebene Blindleistung» und «aufgenommene Blindleistung» nach der gegebenen Definition. Nach ihr gibt es nur *eine* Art Blindleistung.

c) Als Einheiten der **Wirkleistung** und der **mechanischen Leistung** werden das Watt (W), das Kilowatt (kW) und das Megawatt (MW) benützt.

Bemerkung:

In der Praxis braucht man für die mechanische Leistung noch oft die Pferdestärke (1 PS = 0,736 kW); die Commission Electrotechnique Internationale empfiehlt jedoch ausschliesslich das Watt und seine dezimalen Vielfachen.

d) Die **Nennleistung** eines **Synchron-Generators** ist die *Schein*leistung, die Nennleistung eines **Induktions-Generators** ist die *Wirk*leistung, beides an den Klemmen bei Nennbetrieb.

e) Die **Nennleistung** eines **Motors** ist die bei Nennbetrieb an der Welle abgegebene mechanische Leistung.

f) Die **abgegebene Leistung** ist bei Generatoren die an den Klemmen abgegebene Wirkleistung, bei Motoren die an der Welle abgegebene mechanische Leistung und bei Umformern die an den Sekundärklemmen abgegebene Wirkleistung.

g) Die **aufgenommene Leistung** ist bei Generatoren die an der Welle aufgenommene mechanische Leistung, bei Motoren die an den Klemmen und bei Umformern die an den Primärklemmen aufgenommene Wirkleistung.

16. Leistungsfaktor

Der **Leistungsfaktor** ($\cos\varphi$) ist bei praktisch sinusförmigen Spannungen und Strömen gleich dem Quotienten aus Wirkleistung und Scheinleistung.

17. Wirkungsgrad

Der **Wirkungsgrad** η einer Maschine oder eines Maschinensatzes ist das Verhältnis von abgegebener Leistung zu aufgenommener Leistung.

18. Erregung

a) **Selbsterregung** einer Maschine ist Erregung durch einen von ihr selbst erzeugten Strom oder Erregung aus dem Netz, an das ihr Anker angeschlossen ist.

b) **Eigenerregung** einer Maschine ist Erregung durch eine mit ihr gekuppelte Erregermaschine, die nur diesem Zwecke dient.

c) **Fremderregung** einer Maschine ist Erregung durch eine andere als die unter a) und b) genannten Stromquellen.

19. Drehmomente

a) **Anzugsmoment eines Motors** ist das kleinste stationäre Drehmoment, das er im Stillstand in allen möglichen Rotorstellungen entwickelt, wenn er mit Nennspannung bei Nennfrequenz gespeist wird.

b) **Durchzugsmoment eines Motors** ist das kleinste von ihm während der Beschleunigungsperiode vom Stillstand bis zu voller Nenndrehzahl entwickelte Drehmoment, wenn er mit Nennspannung bei Nennfrequenz gespeist wird.

c) **Intrittfallmoment eines Synchronmotors** ist das höchste konstante Lastdrehmoment, unter welchem er die gekuppelten Schwungmassen bei Nennspanung und Nennfrequenz in Tritt zieht, wenn die Erregung eingeschaltet wird.

d) **Kippmoment eines Motors** ist das grösste Drehmoment, das er bei Nennspannung und Nennfrequenz bei langsamer Zunahme des Lastdrehmomentes entwickeln kann, ohne zum Stillstand zu kommen oder die Drehzahl plötzlich zu ändern.

Erläuterungen:

Bei diesen Definitionen ist vorausgesetzt, dass die Maschinen mit den zum ordnungsmässigen Anlauf oder Betrieb nötigen Apparaten zusammengeschaltet sind.

Zu a) und b):

Kommt bei einem Synchronmotor nur vor, wenn er für asynchronen Anlauf vorgesehen ist.

Zu c):

Die Drehzahl, auf welche ein Motor im unerregten Zustand seine Last bringen kann, ist von dem für diese erforderlichen Drehmoment abhängig. Ob dann der Motor seine Last von dieser Drehzahl aus in Tritt ziehen kann, hängt vom Massenträgheitsmoment der drehenden Teile ab. Das Intrittfallmoment ist deshalb je nach der Grösse des Massenträgheitsmomentes verschieden.

20. Kühlungs- und Ventilationsarten

a) **Selbstkühlung:** Die Kühlluft wird durch die rotierenden Teile der Maschine ohne Zuhilfenahme eines Ventilators bewegt.

b) **Eigenventilation:** Die Kühlluft wird durch einen am Rotor angebrachten oder von ihm angetriebenen Ventilator bewegt.

c) **Fremdventilation:** Die Kühlluft wird durch mit separaten Antriebsmotoren angetriebene Ventilatoren bewegt.

d) **Indirekte Wasserkühlung:** Die Kühlluft (oder ein anderes geeignetes Kühlmedium) wird in einem geschlossenen Kreislauf bewegt und in einem ausserhalb der Maschine liegenden Kühler durch fliessendes Wasser gekühlt.

e) **Direkte Wasserkühlung:** Die Maschine wird unmittelbar durch fliessendes Wasser gekühlt.

Bemerkung:

Eine Maschine, bei der nur die Lager wassergekühlt sind, fällt nicht in diese Gruppe.

21. Drehzahlverhalten

Nach der Abhängigkeit der Drehzahl von der abgegebenen Leistung werden unterschieden:

a) Motoren mit **gleichbleibender** Drehzahl. Die Drehzahl ist von der abgegebenen Leistung unabhängig (z. B. Synchronmotoren).

b) Motoren mit **fast gleichbleibender** Drehzahl (Nebenschlussverhalten). Die Drehzahl ändert sich nur wenig mit der abgegebenen Leistung (z. B. Nebenschluss- und Induktionsmotoren).

c) Motoren mit **stark veränderlicher** Drehzahl (Reihenschlussverhalten). Die Drehzahl steigt bei Entlastung stark an (z. B. Reihenschluss- und Repulsionsmotoren).

Bemerkung:

Zwischen Gruppe a) und b) gibt es Zwischenstufen, z. B. Motoren mit Doppelschlusswicklung, Nebenschlussmotoren sehr kleiner Leistung und Repulsionsmotoren mit Dämpferwicklung.

22. Drehzahländerung

Drehzahländerung eines Motors ist die Drehzahlerhöhung bei Übergang von Nennbetrieb auf Leerlauf, wenn Spannung und Frequenz ungeändert bleiben.

C. Genormte Werte

30. Frequenzen

Genormte Nennfrequenzen sind 50 und 16⅔ Hz.

31. Spannungen

Als genormte Nennspannungen gelten für Motoren die in der SEV-Publikation Nr. 159, Genormte Werte für Spannungen, Frequenzen und Ströme, Ziff. 21 (Kolonne «Anlagen, Erzeuger und Verbraucher»), Ziff. 24 (Kolonne «Anlagen und Verbraucher») und Ziff. 27 (Kolonne «Nennspannung U_n») angeführten Werte; für Generatoren und Phasenschieber gelten durchwegs 5 % höhere Spannungen.

32. Drehzahlen

Die genormten Polzahlen und Synchron-Drehzahlen für Wechselstrommaschinen von 50 Hz sind in Tabelle I angegeben.

Tabelle I

Polzahl	Drehzahl U./min	Polzahl	Drehzahl U./min
2	3000	(28)	(214²/₇)
4	1500	32	187½
6	1000	(36)	(166⅔)
8	750	40	150
10	600	48	125
12	500	(56)	(107¹/₇)
16	375	64	93¾
20	300	(72)	(83⅓)
24	250	80	75

( ) Die eingeklammerten Werte sind nach Möglichkeit zu vermeiden.

Für Gleichstrommaschinen gelten so weit als möglich die gleichen Drehzahlen.

33. Leistungsfaktoren

(Nur für Synchronmaschinen)

Als genormte Leistungsfaktoren für Synchrongeneratoren gelten:

1,0 0,8 0,7

Sofern nichts anderes angegeben ist, wird vorausgesetzt, dass der Nennleistungsfaktor

bei Synchrongeneratoren 0,8
bei Synchronmotoren 1,0

beträgt.

Bemerkung:

Die Werte 0,7 und 0,8 gelten für übererregten Betrieb des Generators.

D. Nennbetriebsarten

40. Einteilung

Es werden unterschieden:

a) der Dauernennbetrieb
b) der kurzzeitige Nennbetrieb
c) der aussetzende Nennbetrieb
d) der Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung.

Die Nennbetriebsart muss auf dem Leistungsschild angegeben werden, wobei die Abkürzungen nach Tabelle II zu verwenden sind. Fehlt eine Angabe, so wird angenommen, die Maschine sei für Dauernennbetrieb nach Ziff. 41 bestimmt.

Tabelle II

	Nennbetriebsart	Kurzzeichen
a	Dauernennbetrieb	DB
b	kurzzeitiger Nennbetrieb	KB
c	aussetzender Nennbetrieb	AB
d	Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung	DAB
	zu c: Relative Einschaltdauer	ED
	zu d: Relative Belastungsdauer	

41. Dauernennbetrieb

Der Dauernennbetrieb ist der Betrieb, welcher beim Versuch unter Nennleistung und den andern Nennbedingungen während unbegrenzter Dauer aufrecht erhalten werden kann, ohne dass die im Kapitel G festgesetzten Grenzerwärmungen überschritten werden. Es gelten ferner alle andern anwendbaren Vorschriften der vorliegenden Regeln.

42. Kurzzeitiger Nennbetrieb

Der kurzzeitige Nennbetrieb ist der Betrieb, welcher beim Versuch unter Nennleistung und den anderen Nennbedingungen, ausgehend von kalter Maschine, während der für ihn vorgeschriebenen Dauer aufrecht erhalten werden kann, ohne dass die im Kapitel G festgesetzten Grenzerwärmungen um mehr als 10 °C überschritten werden. Die zu vereinbarende Betriebsdauer ist so kurz, dass die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird; genormte Werte sind 10, 30, 60 und 90 Minuten.

43. Aussetzender Nennbetrieb

Der aussetzende Nennbetrieb ist der Betrieb, welcher beim Versuch unter Nennleistung und unter den anderen Nennbedingungen in regelmässigem Spiel von Belastung und Entlastung während unbegrenzter Dauer aufrecht erhalten werden kann, ohne dass nach Ablauf der Hälfte der letzten Belastungsdauer die im Kapitel G festgesetzten Grenzerwärmungen überschritten werden und ohne dass am Ende der letzten Belastungsdauer diese Grenzerwärmungen um mehr als 10°C überschritten werden. Während der Entlastung ist die Maschine vom Netz abgeschaltet und spannungslos. Fehlen besondere Vereinbarungen, so beträgt die Spieldauer beim Versuch 10 Minuten. Die relative Einschaltdauer, d. h. das Verhältnis von Einschaltdauer zur Spieldauer, ist zu vereinbaren; genormte Werte der relativen Einschaltdauer sind 15, 25, 40 und 60 %.

44. Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung

Der Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung entspricht dem aussetzenden Nennbetrieb nach Ziff. 43, wenn die Maschine im regelmässigen Spiel während der Entlastungsperiode unter Spannung bleibt. Die relative Belastungsdauer, d. h. das Verhältnis von Belastungsdauer zu Spieldauer, ist zu vereinbaren; genormte Werte der relativen Belastungsdauer sind 15, 25, 40 und 60 %.

Bemerkung zu Ziff. 42...44:

Praktisch sind die Betriebsarten sowohl in der Belastungshöhe, als auch in der Spieldauer und deren Aufteilung meist unregelmässig. Die Betriebsdauer (bei KB) oder die Spieldauer und relative Einschaltdauer (bei AB) oder relative Belastungsdauer (bei DAB), die der Wahl der

Nennbetriebsart und damit dem Versuch zugrunde zu legen sind, müssen aus einer genügend langen Betriebsperiode ermittelt werden, wobei Beschleunigungs- und Bremsarbeiten gebührend zu berücksichtigen sind. Es wird vorausgesetzt, dass die wirklichen Belastungsverhältnisse während der totalen Betriebsdauer keine höheren Erwärmungen hervorrufen als die vorgeschriebenen Grenzerwärmungen, deren Einhaltung durch den Versuch bei Nennleistung und bei der Nennbetriebsart festgestellt wird.

E. Schutzarten

(Dieses Kapitel wird später behandelt)

F. Allgemeine Bestimmungen über die Prüfung

70. Prüfungen

Die Prüfungen nach diesen Regeln sind, wenn immer möglich, in den Werkstätten des Herstellers an der neuen, trockenen, betriebsfertig eingelaufenen Maschine vorzunehmen; Prüfungen an anderen Orten sind dann zulässig, wenn auch dort die Gewähr für die richtige Messung und Beachtung der Vorschriften gegeben ist.

Maschinen sind mit ihren Ventilationsvorrichtungen zu prüfen.

Die Schutzart der Maschine darf für die Erwärmungsprüfung nicht geändert werden.

71. Bürstenstellung

Die Bestimmungen über die Prüfung von Maschinen gelten unter der Annahme, dass sich bei Maschinen mit fester Bürstenstellung die Bürsten in der für Nennbetrieb vorgeschriebenen Stellung befinden und ihre Stellung auch während der Prüfung unverändert bleibt.

G. Erwärmung

80. Definition des Begriffes Erwärmung

Die Erwärmung eines Maschinenteils ist bei den Betriebsarten Dauernennbetrieb (DB), aussetzender Nennbetrieb (AB) und Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung (DAB) der Unterschied zwischen seiner Temperatur und der des zutretenden Kühlmittels; bei der Betriebsart kurzzeitiger Nennbetrieb (KB) ist sie der Unterschied seiner Temperatur am Ende und bei Beginn der Prüfung (s. auch Ziff. 88).

81. Dauer des Erwärmungsversuches

a) Maschinen für Dauernennbetrieb

Bei Maschinen für Dauernennbetrieb wird der Erwärmungsversuch so lange fortgesetzt, bis festgestellt werden kann, dass die höchste Erwärmung die in Tabelle III festgesetzten Grenzen auch dann nicht überschreiten würde, wenn der Versuch bis zur Erreichung des Beharrungszustandes fortgesetzt würde. Wenn möglich werden die Temperaturen

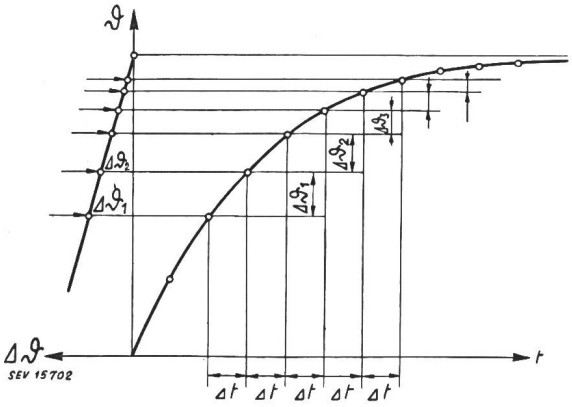


Fig 2

Methode zur Bestimmung der Enderwärmung bei Maschinen für Dauerbetrieb

ϑ Erwärmung; $\Delta\vartheta$ Erwärmungszunahme
t Zeit; Δt Zeitintervalle

während des Laufes und nach Stillsetzung gemessen. Der Erwärmungsversuch kann als beendigt angesehen werden, wenn die Erwärmung pro Stunde um nicht mehr als 2 °C zunimmt. Er kann bei warmer oder kalter Maschine begonnen werden.

Bemerkung:

Zur Bestimmung der Enderwärmung wird die in Fig. 2 angedeutete Methode empfohlen.

In Fig. 2 wird die Erwärmung ausnahmsweise mit ϑ statt mit $\Delta\vartheta$ bezeichnet.

b) Maschinen für kurzzeitigen Nennbetrieb

Bei Maschinen für kurzzeitigen Nennbetrieb entspricht die Versuchsdauer dem kurzzeitigen Nennbetrieb nach Angabe des Leistungsschildes. Bei Versuchsbeginn muss die Maschinentemperatur praktisch gleich der Umgebungstemperatur sein («kalte Maschine»).

c) Maschinen für aussetzenden Nennbetrieb und Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung

Bei Maschinen für aussetzenden Nennbetrieb und für Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung wird der Erwärmungsversuch so lange fortgesetzt, bis festgestellt werden kann, dass die in Tabelle III angegebene Grenzerwärmung bei Fortsetzen des Versuches bis zum Erreichen des Beharrungszustandes nicht überschritten würde. Der Erwärmungsversuch kann als beendigt angesehen werden, wenn die Erwärmung pro Stunde um nicht mehr als 2 °C zunimmt. Er kann bei warmer oder kalter Maschine begonnen werden.

82. Temperaturmessmethoden

Zur Bestimmung der Temperatur der Wicklungen und der anderen Teile sind drei Methoden zulässig:

a) Thermometermethode
b) Widerstandsmethode
c) Methode der eingebetteten Temperaturanzeiger

a) Thermometermethode

Die Temperatur wird mit Thermometern gemessen, die auf den zugänglichen Oberflächen der betriebsfertigen Maschine angebracht werden. Der Ausdruck «Thermometer» umfasst neben den Ausdehnungsthermometern (mit Alkohol- oder Quecksilberfüllung) auch die nicht eingebauten Thermoelemente und Widerstandsthermometer.

An Stellen, wo veränderliche oder umlaufende Magnetfelder vorhanden sind, sind als Ausdehnungsthermometer solche mit Alkoholfüllung zu verwenden. Thermometer mit Quecksilberfüllung zeigen unter solchen Einflüssen nicht zuverlässig.

In allen Fällen muss für möglichst gute Wärmeübertragung von der Meßstelle auf das Thermometer und für geringste störende Wärmeableitung von der Meßstelle gesorgt werden. Die Meßstelle darf vom Kühlmittel nicht bestrichen werden. Bei Messung von Oberflächentemperaturen sind daher Meßstelle und Thermometer gemeinsam mit einem schlechten Wärmeleiter zu bedecken.

b) Widerstandsmethode

Die Erwärmung $\Delta\vartheta$ der Wicklungen wird aus der Widerstandszunahme dieser Wicklungen nach den folgenden Formeln bestimmt:

Kupferwicklung

$$\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1}(235 + \vartheta_1) + \vartheta_1 - \vartheta_a$$

Aluminiumwicklung

$$\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1}(230 + \vartheta_1) + \vartheta_1 - \vartheta_a$$

Dabei bedeuten:

ϑ_2 Wicklungstemperatur am Ende des Versuches in °C
ϑ_a Temperatur des Kühlmittels am Ende des Versuches in °C
ϑ_1 Temperatur der (kalten) Wicklung, im Augenblick der Messung des Anfangswiderstandes in °C
R_2 Wicklungswiderstand am Ende des Versuches
R_1 Anfangswiderstand der (kalten) Wicklung.

c) Methode der eingebetteten Temperaturanzeiger

α) Allgemeines

Unter «eingebetteten Temperaturanzeigern» werden Widerstandsthermometer oder Thermoelemente verstanden, die während der Fabrikation der Maschine an Stellen eingebaut werden, die nachher nicht mehr zugänglich sind.

Es werden mindestens sechs Temperaturanzeiger in die Maschine eingebaut; diese müssen über den Umfang gut verteilt sein und sich an den in axialer Richtung voraussichtlich wärmsten Stellen der Nuten befinden. Jeder Temperaturanzeiger muss mit der Fläche, deren Temperatur gemessen werden soll, innigen Kontakt haben und gegen den Einfluss der Kühlluft wirksam geschützt sein. Es gilt der höchste angezeigte Wert.

β) Eine Spulenseite pro Nute

Wenn die Wicklung nur eine Spulenseite pro Nute besitzt, so muss jeder Temperaturanzeiger entweder im Nutengrund zwischen Spulenisolation und Nutauskleidung, oder zwischen Spulenisolation und Nutenkeil angebracht werden.

γ) Zwei Spulenseiten pro Nute

Wenn die Wicklung aus zwei Spulenseiten pro Nute besteht, so müssen die Temperaturanzeiger im Innern der Nute zwischen den Spulenisolationen angebracht werden.

δ) Mehr als zwei Spulenseiten pro Nute

Wenn die Wicklung aus mehr als zwei Spulenseiten pro Nute besteht, so muss jeder Temperaturanzeiger zwischen den voraussichtlich wärmsten Spulenisolationen angebracht werden.

83. Anwendung der einzelnen Methoden zur Messung der Wicklungstemperatur

(s. Ziff. 88, Abs. 4)

Die *Thermometermethode* ist in denjenigen Fällen anwendbar, in denen weder die Methode der eingebetteten Temperaturanzeiger, noch die Widerstandsmethode anwendbar ist, ferner in folgenden Fällen:

a) Wenn die Widerstandsmethode nicht anwendbar ist, z. B. bei Wendepolwicklungen und Kompensationswicklungen und allgemein bei Wicklungen mit kleinem Widerstand, besonders, wenn der Widerstand der Lötstellen und der Verbindungen einen wesentlichen Teil des Totalwiderstandes ausmacht.

b) Bei bewegten oder ruhenden einlagigen Wicklungen.

c) Wenn es sich um Versuche in einer Reihe ähnlicher Maschinen handelt, soll die Thermometermethode allein angewendet werden, auch wenn die Anwendung der Widerstandsmethode möglich wäre.

Die *Widerstandsmethode* ist im allgemeinen bei allen Erregerwicklungen und bei Ankerwicklungen der Maschinen, für welche keine eingebetteten Temperaturanzeiger vorgesehen sind, anzuwenden. Die Widerstandsmethode wird bei Statorwicklungen von grossen Maschinen nicht als zweckmässig erachtet.

Die *Methode der eingebetteten Temperaturanzeiger* wird angewendet bei Wechselstrom-Statorwicklungen der Turbomaschinen mit einer Nennleistung von 5000 kVA oder mehr, bei Maschinen mit ausgeprägten Polen und bei Induktionsmaschinen mit einer Nennleistung von 5000 kVA oder mehr oder mit einer Statoreisenlänge von 1 m oder mehr.

84. Temperatur des Kühlmittels

Als Temperatur des Kühlmittels gilt:

a) bei Maschinen, die die Kühlluft dem Maschinenraum entnehmen, die Temperatur der umgebenden Luft;

b) bei Maschinen, denen die Kühlluft aus einem Raum unterhalb des Maschinenbodens oder durch besondere Leitungen zuströmt, die Temperatur der in die Maschine eintretenden Luft, gemessen an der Eintrittsstelle in die Maschine;

c) bei Maschinen mit indirekter Wasserkühlung die Temperatur des in den Kühler eintretenden Kühlwassers;

d) bei Maschinen mit direkter Wasserkühlung die Temperatur des in die Maschine eintretenden Kühlwassers, gemessen an der Eintrittsstelle in die Maschine.

Der Erwärmungsversuch der Maschine kann bei irgend einer Temperatur der Kühlluft zwischen 10 und 40 °C auf jeder Meereshöhe unter 1000 m ü. M. (siehe Ziffer 2) und bei jedem auf dieser Meereshöhe auftretenden Barometerstand durchgeführt werden, ohne dass die Messresultate zu korrigieren sind.

Bei direkter oder indirekter Wasserkühlung kann der Versuch bei jeder Temperatur des Kühlwassers unter 25 °C durchgeführt werden, ohne dass die Messresultate zu korrigieren sind. Werden bei Maschineneinheiten mit indirekter Wasserkühlung Maschine und Kühlaggregat von verschiedenen Herstellern geliefert, so ist die Temperaturdifferenz zwischen der den Kühler verlassenden Luft und dem ihm zuströmenden Kühlwasser zu vereinbaren.

Bemerkung:

Grundsätzlich ist zu bemerken, dass eine tiefe Kühlmitteltemperatur die Lebensdauer der Maschine erhöht und daher anzustreben ist.

85. Messung der Temperatur des Kühlmittels während des Versuches

a) Die Temperatur der Umgebungsluft wird mit mehreren Thermometern gemessen, welche in halber Höhe der Maschine in einem Abstand von 1...2 m von ihr angebracht werden. Sie dürfen weder Wärmestrahlungen noch Luftströmungen ausgesetzt sein.

b) Die Temperatur der Kühlluft, die aus einem Raum unterhalb des Maschinenbodens oder durch besondere Leitungen der Maschine zuströmt, wird durch mehrere Thermometer gemessen, die gleichmässig über den Eintritts-Querschnitt verteilt sind. Die Luftgeschwindigkeit soll über dem Eintritts-Querschnitt möglichst gleich sein.

c) Die Temperatur des Kühlwassers wird durch 2 mit ihren Messkolben in das Kühlwasser eintauchende Thermometer bestimmt.

Als Temperatur des Kühlmittels gilt der Mittelwert der in gleichen Zeitintervallen während des letzten Viertels der Versuchsdauer erfolgten Thermometerablesungen.

Zur Vermeidung der Fehler, welche dadurch entstehen können, dass die Temperatur der grossen Maschinen nur langsam den Temperaturänderungen des Kühlmittels folgt, sind alle zweckmässigen Vorkehren zu treffen, um diese Temperaturänderungen und die dadurch verursachten Fehler zu vermindern.

86. Korrektur für Messungen, die erst nach Stillsetzung der Maschine gemacht werden

Wird die Temperatur nicht während des Laufes gemessen, so hat die Messung möglichst rasch nach dem Stillsetzen zu erfolgen. Ist vom Augenblick des Ausschaltens bis zu den Messungen soviel Zeit verstrichen, dass eine merkliche Abkühlung anzunehmen ist, so ist eine Abkühlungskurve aufzunehmen und auf den Augenblick des Ausschaltens zu extrapolieren.

87. Anfangswiderstand

Es ist darauf zu achten, dass bei der Messung des Anfangswiderstandes alle Teile der Wicklung die gleiche Temperatur haben. Um das zu erreichen, soll die Wicklungstemperatur möglichst gleich der Umgebungstemperatur sein. Die Anfangstemperatur ϑ_1 der Wicklung ist mit Thermometer direkt an der Wicklung zu messen.

88. Tabelle der Grenzerwärmungen

Tabelle III gibt die zulässigen Grenzerwärmungen für Maschinen bei Nennbetrieb (mit Ausnahme derjenigen nach Abs. 2 und 3 dieser Ziffer), die mit Isolierstoffen Klasse A, B und D nach Ziffer 92 isoliert sind, bei einer Kühlluft-temperatur von höchstens 40 °C.

Für Isolierstoffe Klasse 0 sind die zulässigen Grenzerwärmungen um 15 °C niedriger als diejenigen, welche für Isolierstoffe Klasse A vorgesehen sind.

Bemerkung:

Für Isolation Klasse C wurde noch keine Grenzerwärmung festgelegt; die zulässige Erwärmung ist nur beschränkt durch ihren Einfluss auf benachbarte Teile.

Bei direkter oder indirekter Wasserkühlung gelten bei Kühlwasser von einer Temperatur von höchstens 25 °C gegenüber Tabelle III um 10 °C erhöhte Grenzerwärmungen.

Liegt die Kühlwassertemperatur dauernd unter 25 °C und wurde darüber eine besondere Vereinbarung getroffen, so kann die Grenzerwärmung nochmals um soviel Grad erhöht

werden, als die höchste Kühlwassertemperatur 25 °C unterschreitet. Auf dem Schilde muss in diesem Falle die vereinbarte Kühlwassertemperatur angegeben werden.

Bemerkung:

Es wird ausdrücklich auf die Möglichkeit einer mechanischen Schädigung der Spulen infolge erhöhter Wärmedehnung, besonders bei grosser Eisenlänge, aufmerksam gemacht.

Es ist nicht vorgesehen, die Thermometermethode gleichzeitig mit der Widerstandsmethode anzuwenden, und die Werte der Erwärmungen nach Tabelle III für die Thermometermethode und die Widerstandsmethode dürfen nicht zur gegenseitigen Kontrolle verwendet werden. Wenn jedoch der Besteller wünscht, dass ausser den Messungen nach der Widerstandsmethode eine Thermometermessung gemacht werde, so darf die am wärmsten zugänglichen Ort mit einem Thermometer gemessene Erwärmung keinesfalls 65 °C überschreiten, wenn die Isolation der Wicklung zu Klasse A gehört, und 85 °C, wenn sie zu Klasse B oder D gehört.

89. Wicklungen für mehr als 11 000 V

Bei Wechselstromwicklungen mit einer Spulenseite pro Nute, die ganz für eine Nennspannung zwischen 11 000 V und 15 000 V isoliert sind, gelten reduzierte Werte für diejenigen Erwärmungen, welche mit Thermometern oder ausserhalb der Spulenisolation eingebauten Temperaturanzeigern ermittelt werden. Die Reduktion beträgt 1,5 °C pro 1000 V oder Bruchteil von 1000 V über 11 000 V.

Die Grenzerwärmungen von Wicklungen für mehr als 15 000 V Nennspannung sind besonders zu vereinbaren.

90. Kommutatoren und Schleifringe

Die Erwärmung von Kommutatoren und Schleifringen darf die in Art. 12 der Tabelle III gegebenen Werte überschreiten, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Grenzerwärmungen in °C Tabelle III

Art.	Maschinenteil	Isolation Klasse A				Isolation Klasse B und D			
		Thermometermethode °C	Widerstandsmethode °C	Messung mit eingebetteten Temperaturanzeigern (s. Ziff. 82c) zwischen Spulen in einer Nute °C	zwischen Spulen und Nutengrund °C	Thermometermethode °C	Widerstandsmethode °C	Messung mit eingebetteten Temperaturanzeigern (s. Ziff. 82c) zwischen Spulen in einer Nute °C	zwischen Spulen und Nutengrund °C
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	a) Wechselstromwicklungen von Turbogeneratoren mit einer Leistung von 5000 kVA und mehr b) Wechselstromwicklungen von Maschinen mit ausgeprägten Polen und von Induktionsmaschinen mit einer Leistung von 5000 kVA und mehr, oder mit einer axialen Eisenlänge von 1 m und mehr Bemerkung: Auch bei Maschinen kleinerer Leistung darf die Methode eingebetteter Temperaturanzeiger verwendet werden. Es gelten dann die unter Art. 1a und 1b angegebenen zulässigen Grenzerwärmungen	—	—	60	50[1])[2])	—	—	80	65[1])[2])
2	Wechselstromwicklungen aller Turbomaschinen kleinerer Leistung als diejenigen unter Art. 1a	50[1])	60	—	—	65[1])	80	—	—
3	Wechselstromwicklungen von Maschinen kleinerer Leistung als diejenigen unter Art. 1b und andere als die nach Art. 2	50[1])	60	—	—	65[1])	80	—	—
4	Erregerwicklungen von Turbomaschinen mit Gleichstromerregung, sowie einlagige Erregerwicklungen	—	70	—	—	—	90	—	—
5	Erregerwicklungen von Wechselstrom- und Gleichstrommaschinen mit Gleichstromerregung, mit Ausnahme derjenigen unter Art. 4 und 6	50	60	—	—	65	80	—	—
6	Erregerwicklungen mit kleinem Widerstand ein- und mehrlagig, und Kompensationswicklungen	60	60	—	—	80	80	—	—
7	Ankerwicklungen, welche mit Kommutatoren verbunden sind	50	60	—	—	65	80	—	—
8	Dauernd kurzgeschlossene isolierte Wicklungen	60	—	—	—	80	—	—	—
9	Dauernd kurzgeschlossene nicht isolierte Wicklungen	Die Erwärmung dieser Teile darf keinesfalls benachbarte Wicklungs- oder andere Teile gefährden							
10	Eisenkerne und andere Teile, nicht in Berührung mit Wicklungen								
11	Eisenteile und andere Teile, in Berührung mit Wicklungen	Gleiche Grenzerwärmungen, mit Thermometer bestimmt, wie für die eingebetteten Wicklungen nach Kolonnen 1, 4, 5 und 8. Die Korrektur nach Ziffer 89 findet hier keine Anwendung							
12	Kommutatoren und Schleifringe, offen oder gekapselt	50 (siehe Ziffer 90)							

[1]) Für Hochspannungswicklungen über 11 000 V erfolgt eine Korrektur nach Ziff. 89.
[2]) Auf Wunsch des Fabrikanten kann die Erwärmung direkt auf dem Kupfer gemessen werden, innerhalb der Spulenisolation, falls es sich um Statorwicklungen mit nur einer Spulenseite pro Nut handelt; in Kol. (8) sind auf diese Art gemessen 85 °C zulässig, in Kol. (4) 65 °C.

a) Die Erwärmungen der Isolierteile der Kommutatoren und der anstossenden Wicklungen dürfen die nach Tabelle III für die Isolierstoffe dieser Teile zulässigen Grenzen nicht übersteigen;

b) Der Fabrikant hat eine besondere Garantie zu geben, dass die höhere Temperatur der Kommutation nicht schadet;

c) Die Erwärmungen dürfen die Qualität der Lötstellen und Verbindungen nicht beeinträchtigen.

91. Maschinen für höhere Kühllufttemperaturen als 40 °C und höhere Kühlwassertemperaturen als 25 °C

Für Maschinen, welche für Orte bestimmt sind, an denen die Maximaltemperatur der Kühlluft grösser ist als die normale Bezugstemperatur von 40 °C (aber kleiner als 50 °C), werden die in Tabelle III gegebenen Grenzerwärmungen um 10 °C reduziert. Ist die Kühllufttemperatur grösser als 50 °C, so muss über die Grenzerwärmungen eine besondere Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer getroffen werden.

Ist bei Maschinen mit direkter oder indirekter Wasserkühlung die Kühlwassertemperatur grösser als 25 °C, so müssen die Grenzerwärmungen für Wasserkühlung (Ziff. 88, Abs. 2) durch besondere Vereinbarung um soviel erniedrigt werden, als die Wassertemperatur über 25 °C liegt.

92. Wärmebeständigkeitsklassen der Isoliermaterialien

Die Isoliermaterialien werden folgendermassen klassiert:

93. Klasse 0

Baumwolle, Seide, Papier, Zellwolle, Viskosekunstseide und ähnliche organische Stoffe, weder imprägniert noch unter Öl.

94. Klasse A

Baumwolle, Seide, Papier, Zellwolle, Viskosekunstseide und ähnliche organische Stoffe, imprägniert (getränkt) oder unter Öl, ferner Isolation mit Füllmasse (kompoundierte Isolation).

Bemerkung:

Ein Isolierstoff gilt als «imprägniert», wenn die Luft zwischen den Fasern durch einen geeigneten Stoff ersetzt ist, auch dann, wenn dieser Stoff nicht alle Räume zwischen den einzelnen isolierten Leitern vollständig ausfüllt. Von einem brauchbaren Imprägnierstoff wird verlangt, dass er gute Isoliereigenschaften besitze, die Fasern umhülle und sie aneinander und am Leiter haften mache; er darf infolge Verdunstung des Lösungsmittels oder infolge anderer Ursachen keine Hohlräume bilden; er darf bei Volllast unterhalb der zulässigen Grenztemperatur nicht flüssig werden; er darf sich bei dauernder Wärmeeinwirkung nicht ändern.

95. Klasse B

Bindemittel enthaltende Produkte aus Glimmer, Glasfasern, Asbest, oder ähnlichen anorganischen Stoffen. Kombinationen von Isolation Klasse B mit Isolation Klasse A, diese in kleiner Menge zum mechanischen Aufbau verwendet, gelten als Isolation Klasse B, wenn die Isolation durch die für Klasse B zulässigen Erwärmungen weder in dielektrischer, noch in mechanischer Hinsicht beeinträchtigt wird. («Beeinträchtigen» heisst, eine Veränderung hervorrufen, welche den Isolierstoff für dauernden Betrieb untauglich machen könnte.)

96. Klasse C

Glimmer ohne Bindemittel, Porzellan, Glas, Quarz und ähnliche Stoffe.

97. Klasse D

Lack für Drahtisolation; Kombinationen von Lack für Drahtisolation mit Isoliermaterial Klasse A (Baumwolle, Seide, Papier, Zellwolle, Viskosekunstseide und ähnliche organische Stoffe, imprägniert) gelten als Isolation Klasse D.

98. Isolationen, welche aus verschiedenen Stoffen aufgebaut sind

Wenn die Isolation aus verschiedenen Isolierstoffen aufgebaut ist (mit Ausnahme der unter Klasse B und D erwähnten Fälle), so darf die Erwärmung keines Isolierstoffes die für ihn vorgesehene Grenzerwärmung übersteigen.

Beispiele:

a) Wenn die verschiedenen Isolierstoffe in verschiedenen Teilen derselben Wicklung verwendet werden (z. B. in der Nute und in den Stirnteilen), so gilt als Grenzerwärmung für jeden dieser Teile die für den betreffenden Isolierstoff vorgeschriebene.

b) Wenn die Isolation irgendeines Teiles der Maschine aus Isolierstoffen verschiedener Klassen geschichtet ist (z. B. aus Isolierstoffen der Klassen A und B), so sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Wenn es möglich ist, die individuell erreichte Temperatur jeder einzelnen Schicht zu messen, so gilt für jede Schicht die Grenzerwärmung des betreffenden Isolierstoffes;

2. Wenn die Messung der Temperatur jeder einzelnen Schicht nicht möglich ist, so gilt für den betrachteten Wicklungsteil die Grenzerwärmung des Isolierstoffes mit der niedrigsten Grenze.

H. Isolierfestigkeit

100. Spannungsprüfungen

Die Spannungsprüfungen werden, wenn nichts anderes vereinbart ist, in den Werkstätten des Herstellers ausgeführt, unmittelbar nach dem Erwärmungsversuch bei einer der Normalbetriebstemperatur nahen Maschinentemperatur. Die Prüfungen dürfen auch an der kalten Maschine vorgenommen werden, falls die Maschine im warmen Zustand nicht zur Verfügung steht. Die Maschine muss vollständig ausgerüstet sein und alles Zubehör muss unter Bedingungen, die den normalen Betriebsbedingungen entsprechen, an seinem Platze sein. Die vorgeschriebene Prüfspannung darf nur bei neuen Maschinen angelegt werden; sie wird zwischen die zu prüfende Wicklung oder Phase einerseits und das Gestell, mit welchem die Blechpakete verbunden sind, und die nicht zu prüfenden Wicklungen oder Phasen anderseits gelegt.

Die Spannungsprüfungen sind nach der SEV-Publikation Nr. 173, Regeln für Spannungsprüfungen, durchzuführen. Die volle Prüfspannung wird während 1 Minute aufrechterhalten. Die Höhe der Prüfspannung ist durch Tabelle IV bestimmt.

J. Wirkungsgrad und Verluste

110. Allgemeines

Der Wirkungsgrad kann nach einer der folgenden Methoden ermittelt werden:

1. Messung der aufgenommenen und abgegebenen Leistung
2. Kalorimetrische Methode
3. Rückarbeitsmethode
4. Einzelverlustmethode

Bei Garantien für den Wirkungsgrad ist die Messmethode anzugeben. Wenn nichts anderes vereinbart ist, versteht man unter dem Wirkungsgrad den nach der Einzelverlustmethode gemessenen.

Wirkungsgradangaben beziehen sich auf den Nennbetrieb, sofern nichts anderes angegeben ist.

Voraussetzung für die Prüfungen ist, dass die Maschinen gut eingelaufen sind.

Bei allen Messmethoden sind die Stromwärmeverluste (s. Ziff. 114) auf eine Temperatur von 75 °C umzurechnen, sofern die Messung nicht bei dieser Temperatur durchgeführt wurde (Ausnahmen Ziff. 111 und 112).

Erläuterung: Unter «Stromwärmeverlusten» werden hier und im folgenden die einfachen Stromwärmeverluste, berechnet aus dem Gleichstromwiderstand, verstanden. Die zusätzlichen Stromwärmeverluste, verursacht durch Stromverdrängung, sind also nicht inbegriffen.

Die Umrechnung des mit Gleichstrom bei der Wicklungstemperatur ϑ °C ermittelten Widerstandes einer Wicklung erfolgt nach folgenden Formeln:

Für Kupferwicklungen $R = \frac{310}{235 + \vartheta} \cdot R_\vartheta$

für Aluminiumwicklungen $R = \frac{305}{230 + \vartheta} \cdot R_\vartheta$

Prüfspannungen Tabelle IV

Nr.	Gegenstand	Prüfspannung (Effektivwerte)
1	Rotierende Maschinen unter 1 kW oder 1 kVA	500 V + 2mal Nennspannung
2	Rotierende Maschinen von 1 kW oder 1 kVA bis 3 kW oder 3 kVA	1000 V + 2mal Nennspannung
3a	Rotierende Maschinen über 3 kW oder 3 kVA (siehe auch 3b)	1000 V + 2mal Nennspannung Minimum 1500 V
3b	Rotierende Maschinen von 10 000 kW oder kVA und mehr:	
	Nennspannung:	
	bis 2000 V	1000 V + 2mal Nennspannung
	über 2000 V...6000 V	2,5mal Nennspannung
	über 6000 V	3000 V + 2mal Nennspannung
4	Erregerwicklungen für Synchrongeneratoren, sofern die Erregerspannung 750 V nicht übersteigt	10mal Nenn-Erregerspannung, Minimum 1500 V Maximum 3500 V
5	Erregerwicklungen von Synchronmotoren und Einankerumformern:	
	A. Bei unmittelbarem Anlauf von der Mehrphasenseite	
	a) Wenn die Maschine für Anlauf mit kurzgeschlossenen Erregerwicklungen bestimmt oder über die Erregerstromquelle geschlossen ist [1])	10mal Nenn-Erregerspannung Minimum 1500 V
	b) Wenn die Maschine für Anlauf mit offenen und voneinander isolierten Erregerwicklungen bestimmt ist	1000 V + 10mal Nenn-Erregerspannung Minimum 1500 V
	c) Wenn die Maschine für Anlauf mit offenen, aber untereinander verbundenen Erregerwicklungen bestimmt ist	1000 V + 20mal Nenn-Erregerspannung Minimum 1500 V Maximum 8000 V
	B. Bei anderem Anlauf	
	a) Synchronmotoren mit Anwurfmotor	10mal Nenn-Erregerspannung Minimum 1500 V
	b) Einankerumformer mit Anwurfmotor oder Anlauf von der Gleichstromseite	1000 V + 2mal Nenn-Erregerspannung Minimum 1500 V
6	a) Erregermaschinen für Synchrongeneratoren und für Gleichstrommaschinen b) Erregermaschinen für Synchronmotoren oder Einankerumformer	im Studium
	c) Fremderregte Erregerwicklungen der Erregermaschinen	siehe Nr. 2 und 3a
7	Nicht ständig kurzgeschlossene Sekundärwicklungen (Rotor) der Induktionsmotoren	
	a) bei Motoren mit im Lauf nicht umkehrbarer Drehrichtung	1000 V + 2mal Maximalspannung, welche zwischen den Schleifringen auftreten könnte
	b) bei Motoren mit im Lauf umkehrbarer Drehrichtung	1000 V + 4mal Spannung zwischen den Schleifringen, die bei stillstehendem, offenem Rotor und voller Primärspannung des Stators auftritt
8	Gruppe von Maschinen und Apparaten	Wenn eine Gruppe von miteinander verbundenen neuen Apparaten, von denen jeder seine Spannungsprüfung bestanden hat, einer Spannungsprüfung unterzogen werden soll, so darf die Prüfspannung 85 % der niedrigsten der Prüfspannungen der einzelnen Apparate der Gruppe nicht übersteigen

[1]) Bemerkung zu 5 A a): Der Erregerkreis von Synchronmotoren und Einankerumformern gilt als geschlossen, wenn der äussere Widerstand nicht mehr als das 10fache des inneren beträgt.

Bei allen andern Verlusten wird keine Temperaturkorrektur angebracht. Alle Verluste in den zur Maschine allein gehörenden Hilfsgeräten — jedoch nur diese — sind bei der Ermittlung des Maschinenwirkungsgrades einzubeziehen, insbesondere:

1. die Verluste in Regel-, Vorschalt- und andern ähnlichen Widerständen, Drosselspulen, Kondensatoren und Hilfstransformatoren, die zum ordnungsgemässen Betrieb nötig sind,
2. die Verluste in der Erregermaschine bei Eigenerregung, aber nicht bei Fremderregung,
3. die Verluste in den mit der Maschine gelieferten Lagern, aber nicht in Lagern fremder Lieferung. Bei Vertikalwelle mit gemeinsamem Traglager für Generator und Antriebsmaschine werden die Verluste des Traglagers jedoch nicht eingeschlossen, sondern es sind die vom Rotorgewicht allein verursachten Traglagerverluste gesondert anzugeben,
4. der Verbrauch des Ventilators bei Eigenventilation. Der Verbrauch bei Fremdventilation sowie von fremd angetriebenen Wasser- und Ölpumpen ist nicht einzubeziehen, sondern getrennt anzugeben.

111. Wirkungsgradbestimmung durch Messung der aufgenommenen und abgegebenen Leistung

Der Wirkungsgrad wird bestimmt durch gleichzeitige Messung der aufgenommenen und der abgegebenen Leistung an der belasteten Maschine. Die elektrische Leistung wird dabei mit elektrischen Präzisionsinstrumenten, die mechanische Leistung mit einer Bremse, einer Pendelmaschine oder mit einer geeichten Hilfsmaschine gemessen.

Die Messung soll durchgeführt werden, nachdem die Enderwärmung bei Nennbetrieb so genau als möglich erreicht ist. Eine Umrechnung der Stromwärmeverluste auf 75 °C (s. Ziff. 110) ist bei diesem Verfahren bei Maschinen bis zu einer Nennleistung von 500 kW nicht vorzunehmen.

Bemerkung:

Die Wirkungsgradbestimmung aus aufgenommener und abgegebener Leistung vermeidet alle systematischen Fehler, muss jedoch sehr genau durchgeführt werden, besonders bei Maschinen mit hohem Wirkungsgrad. Die Anwendbarkeit der Methode ist auch durch die Einrichtungen des Prüfraumes begrenzt.

Ausführungsregeln

a) Bei dieser Methode ist es wichtig, dass sowohl die zu prüfende Maschine, als auch die Pendelmaschine oder die geeichte Hilfsmaschine aus ruhigen Stromquellen, d. h. von konstanter Spannung und Frequenz gespeist werden.

b) Die *elektrische Leistung* soll mit Messinstrumenten mindestens der Klasse 0,2 gemessen werden.

c) Zur mechanischen Belastung oder zum mechanischen Antrieb eignet sich am besten eine Pendelmaschine.

Um das *Drehmoment* genau messen zu können, ist auf folgendes zu achten:

Der Hebelarm und die Gewichte oder die Federwaage müssen geeicht sein.

Die Ansprechunempfindlichkeit der Pendelmaschine soll nicht grösser als 3 ‰ des Nenndrehmomentes der geprüften Maschine sein. Der Stator der Pendelmaschine soll daher Schneiden oder Kugellager kleinster Reibung haben und die Stromzuführungen sollen mit sehr flexibeln Kabeln ausgeführt werden.

Die durch die Ventilation der Pendelmaschine bedingte Korrektur kann ein für alle Mal folgendermassen bestimmt werden: Die Pendelmaschine wird als leerlaufender Motor vom Netz angetrieben. Das Gleichgewicht des Hebelarmes wird durch Auflegen von Gewicht auf der einen oder anderen Seite oder mit der Federwaage hergestellt. So wird zu jeder Drehzahl und für beide Drehrichtungen das Drehmoment K bestimmt, welches zur Korrektur der Ventilationsverluste der Pendelmaschine nötig ist. Es ist als positiv zu bezeichnen, wenn unter seiner alleinigen Wirkung sich der Stator im Sinne der Läuferdrehrichtung verstellen würde. Das wahre an der Kupplung der Pendelmaschine abgegebene Drehmoment M ist dann:

$M = M' + K$ wenn die geprüfte Maschine als Motor läuft,
$M = M' - K$ wenn die geprüfte Maschine als Generator läuft.
M' ist das aus Hebelarm und Gewicht berechnete Drehmoment,
K ist die Korrektur für die Ventilationsverluste.

d) Die *Drehzahl* muss sehr genau ermittelt werden, z. B. durch einen Drehzahlzähler mit eingebauter Stoppuhr oder durch stroboskopische Messung des Schlupfes und gleichzeitige Messung der Netzfrequenz mit einem genauen Frequenzmesser.

e) Für die *mechanische Leistung* an der Welle gilt die Gleichung

$$P = \omega M \text{ [1]}$$

oder, auf die bei der Messung verwendeten Einheiten umgerechnet

$$P = 1{,}027\ M\ \frac{n}{1000} \text{ [2]}$$

P ist die mechanische Leistung in kW
M ist das korrigierte Hebeldrehmoment in kg*m
n ist die gemessene Drehzahl pro Minute

112. Wirkungsgradbestimmung nach der kalorimetrischen Methode

Die Maschine läuft im Betriebszustand, für den der Wirkungsgrad bestimmt werden soll und die Gesamtverluste werden dadurch ermittelt, dass man die durch das Kühlmittel weggeführte Wärmeleistung misst. Dies kann auf folgende zwei Arten geschehen:

a) Man misst die Menge dividiert durch die Zeit, ferner die Erwärmung des Kühlmittels und berechnet daraus die weggeführte Verlustleistung.

[1]) Grössengleichung, in die man Giorgi-Masszahlen ohne Umrechnung einsetzen kann.

[2]) Hier und in analogen Fällen werden Masszahlengleichungen in den bei der Messung verwendeten Einheiten angeschrieben. Die Krafteinheit (kg*) wird hier durch ein Sternchen von der Masseneinheit (kg) unterschieden.

b) Man vergleicht die Erwärmung des Kühlmittels in der belasteten Maschine mit der Erwärmung des Kühlmittels durch eine zugeführte, elektrisch messbare Verlustleistung bei unveränderter Kühlmittelströmung *(vergleichende kalorimetrische Methode)*.

Bemerkung:

Die kalorimetrische Methode gestattet eine direkte Bestimmung des Wirkungsgrades auch wenn dieser sehr hoch ist. Sie ist jedoch umständlich, weil bei jedem einzelnen Messpunkt der thermische Beharrungszustand abgewartet werden muss. Bei der Verwendung von Luft als Kühlmittel müssen ausserdem besondere Luftkanäle erstellt werden. Bei kleinen Maschinen sind besondere Massnahmen erforderlich, damit die auf anderem Wege als durch das Kühlmittel abgeleitete Wärmemenge möglichst klein bleibt.

Ausführungsregeln

a) Luft als Kühlmittel

Zur Bestimmung der *Kühlluftmenge* und der *Kühllufterwärmung* wird der Eintritts- und Austrittskanal zweckmässigerweise z. B. durch Drähte oder Fäden in eine genügende Zahl gleicher Teilquerschnitte unterteilt. Weichen weder die Geschwindigkeit, noch die Kühllufterwärmung in irgend einem der Teilquerschnitte mehr als 10 % vom Mittelwert der Teilquerschnitte ab, so wird für jeden Messwert getrennt der arithmetische Mittelwert berechnet. Sind die Abweichungen der Messwerte vom Mittelwert grösser, so muss für jeden Teilquerschnitt beim Lufteintritt und -austritt die in der strömenden Luft mitgeführte Leistung nach den folgenden Formeln berechnet werden, wobei man den Energieinhalt über einem willkürlichen Bezugsniveau (z. B. Umgebungstemperatur und Strömungsgeschwindigkeit Null) in Rechnung setzt. Diese Leistungen werden sowohl über die Eintritts-, als auch über die Austritts-Teilquerschnitte summiert und die beiden Werte voneinander subtrahiert, um die totale vom Luftstrom mitgeführte Leistung zu ermitteln.

Im Interesse einer genauen Messung ist wenn irgend möglich durch geeignete Luftführung für eine weitgehend homogene Luftströmung zu sorgen.

Die *Luftgeschwindigkeit* in jedem Teilquerschnitt wird gemessen:

mit einem *Anemometer* (Flügelrad; wenn möglich vor und nach der Messung eichen) und einer Stoppuhr,

oder mit einem *Staugerät* nach Prandtl. Aus der Differenz der Drücke p_d in den beiden Rohren ergibt sich die Strömungsgeschwindigkeit:

$$v = \sqrt{\frac{2\,p_d}{\varrho}}$$

oder, auf die bei der Messung verwendeten Einheiten umgerechnet,

$$v = \sqrt{\frac{19{,}62\,p_d}{\varrho}}$$

v ist die Strömungsgeschwindigkeit in m/s
p_d ist der dynamische Staudruck in mm Wassersäule (kg*/m²)
$\varrho = 0{,}464\,\frac{p}{T}$ ist die Luftdichte in kg/m³
$T = 273\,°C + \vartheta$ ist die absolute Temperatur der Luft in °K
p ist der statische Luftdruck in mm Hg (Torr).

Der Mittelwert des dynamischen Druckes aus den Messwerten $p_{d1}, p_{d2} \ldots p_{dn}$ wird bestimmt nach der Formel:

$$p_{d\,med} = \left(\frac{\sqrt{p_{d1}} + \sqrt{p_{d2}} + \ldots \sqrt{p_{dn}}}{n}\right)^2$$

Der *Kühlluftstrom* (in m³/s) ist dann:

$$Q = v_{med}\ \Sigma A$$

ΣA ist die Summe aller Teilquerschnitte (gleich totaler Querschnitt des Luftkanals) in m²
v_{med} ist der arithmetische Mittelwert der in den einzelnen Teilquerschnitten gemessenen Luftgeschwindigkeiten.

Sind die erwähnten Bedingungen über die Homogenität der Strömung erfüllt, so misst man die *mittlere Kühlluft-erwärmung* $\Delta\vartheta$ am besten durch Thermoelemente, welche auf die Teilquerschnitte des Eintritts- und Austrittskanals verteilt und in Reihe geschaltet sind.

Die durch die Luft *abgeführte Verlustleistung* ist dann:

$$P_v = Q\,\varrho\,c_p\,\Delta\vartheta$$

wo man am besten die Giorgi-Masszahlen einsetzt:

P_v ist die Verlustleistung in kW

$c_p = 1{,}01$ ist die spez. Wärme bei konstantem Druck in kJ/kgGrad

ϱ siehe oben.

Ist die Geschwindigkeit beim Luftaustritt verschieden von der Geschwindigkeit beim Lufteintritt, so muss zu den aus Luftstrom und Erwärmung ermittelten Verlusten P_v noch die Leistung P_c addiert werden, die zur *Beschleunigung der Luft* von v_0 auf v verbraucht wird. Sie beträgt:

$$P_c = \frac{Q\,\varrho}{2000}(v^2 - v_0^2) \quad \text{in kW}$$

Bei der *vergleichenden kalorimetrischen Methode* baut man nach dem Austrittsquerschnitt der Maschine einen elektrischen Widerstand in den Luftkanal ein und misst die Temperaturdifferenz vor und nach diesem Widerstand. Beträgt diese Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta'$ bei einer Verlustleistung P_v' im Widerstand, so ist die durch die Kühlluft in der belasteten Maschine weggeführte Wärme:

$$P_v = \frac{\Delta\vartheta}{\Delta\vartheta'}\,P_v'$$

wo

$\Delta\vartheta$ die Erwärmung der Kühlluft durch die belastete Maschine bedeutet.

Eine *andere Art der vergleichenden kalorimetrischen Methode* besteht darin, dass bei zwei verschiedenen Betriebszuständen der Maschine, bei denen die Verluste mit elektrischen Instrumenten bestimmt werden können, die Differenz der Temperatur vor und nach der Maschine gemessen wird. Die Maschine wird z. B. als leerlaufender Motor betrieben und zwar vorteilhafterweise bei möglichst tiefer und möglichst hoher Spannung. Misst man im ersten Falle die aufgenommene Verlustleistung P_{v1} und die Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta_1$, im zweiten Fall P_{v2} und $\Delta\vartheta_2$, so betragen die Gesamtverluste der belasteten Maschine bei einer gemessenen Kühllufterwärmung $\Delta\vartheta$:

$$P_v = \frac{\Delta\vartheta}{\Delta\vartheta_2 - \Delta\vartheta_1}(P_{v2} - P_{v1})$$

Bei dieser zweiten Art der vergleichenden kalorimetrischen Methode muss die auf anderem Wege als durch die messbare Kühlluft weggeführte Wärme nicht berücksichtigt werden.

In den Fällen, in denen die auf anderem Wege als durch die Kühlluft weggeführte Wärme berücksichtigt werden soll, ermittelt man im allgemeinen nur die durch *Strahlung und Konvektion* abgegebene Wärmeleistung, z. B. durch folgende Näherungsformel:

$$P_s = 10...20\,\Delta\vartheta_s\,A_s \quad \text{in Watt, wo}$$

$\Delta\vartheta_s$ die Übertemperatur der strahlenden Fläche über die umgebende Lufttemperatur in °C,

A_s die strahlende Oberfläche der Maschine in m² bedeutet.

b) Flüssige Kühlmittel

Zur Messung der *Flüssigkeitsmenge* benützt man in die Leitung eingebaute Flüssigkeitszähler, oder man wägt die in einer bestimmten Zeit durchgeflossene, in einem Gefäss gesammelte Kühlflüssigkeit.

Die *Temperaturen* der Kühlflüssigkeit müssen auf mindestens 0,1 °C genau gemessen werden, da der Unterschied zwischen Ein- und Austrittstemperatur gewöhnlich klein ist. Unter Umständen ist es im Interesse einer genaueren Messung nötig, durch Verminderung der durchfliessenden Kühlflüssigkeit deren Erwärmung zu vergrössern.

Die durch die Kühlflüssigkeit *weggeführte Verlustleistung* berechnet sich zu

$$P_v = c\,\Delta\vartheta\,Q_m$$

wo man mit Vorteil die Giorgi-Masszahlen einsetzt:

P_v ist die Verlustleistung in kW

$c = 4{,}185$ ist die spez. Wärme des Wassers in kJ/kgGrad

$\Delta\vartheta$ ist die Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Austritt

Q_m ist der Kühlwasserstrom in kg/s.

113. Wirkungsgradbestimmung nach der Rückarbeitsmethode

Die Methode lässt sich nur anwenden, wenn zwei gleiche Maschinen zur Verfügung stehen. Diese werden mechanisch und elektrisch zusammengekuppelt und an ein elektrisches Netz angeschlossen. Die eine Maschine arbeitet als Generator und speist die andere Maschine; diese arbeitet als Motor und treibt die erste Maschine mechanisch an. Im stationären Lauf wird der Maschinengruppe vom Netz gerade soviel Leistung zugeführt, wie die beiden Maschinen zusammen als Verluste aufweisen. Diese Leistung wird mit elektrischen Messinstrumenten gemessen und dient nach angemessener Verteilung auf die beiden Maschinen zur Berechnung des Wirkungsgrades.

Bemerkung:

Für Synchronmaschinen und Induktionsmaschinen ist die Rückarbeitsmethode umständlich und wird hier nicht näher erläutert. Hingegen kann für Gleichstrommaschinen die Rückarbeitsmethode verwendet werden (Ausführungsregeln dazu folgen später).

114. Wirkungsgradbestimmung nach der Einzelverlustmethode

Man unterscheidet folgende Einzelverluste:

A. Leerverluste

Die Leerverluste setzen sich zusammen aus

a) den Verlusten im aktiven Eisen und anderen Metallteilen bei Leerlauf,

b) den mechanischen Verlusten durch Ventilation, Lager- und Bürstenreibung bei Leerlauf.

Die meistens vernachlässigbar kleinen Dielektrikumsverluste werden nicht gesondert behandelt, sondern als in den Eisenverlusten eingeschlossen betrachtet.

B. Erregungsverluste

Die Erregungsverluste setzen sich zusammen aus

c) den Stromwärmeverlusten in der Erregerwicklung, für jede Last berechnet aus dem Gleichstromwiderstand der Wicklung bei 75 °C,

d) den Übergangsverlusten an den Schleifringen, die Erregerstrom führen, und,

e) bei Eigenerregung, den Verlusten im Erreger und in den Regulierwiderständen.

C. Lastverluste

Die Lastverluste setzen sich zusammen aus

f) den Stromwärmeverlusten in den Ankerwicklungen, für jede Last berechnet aus dem Gleichstromwiderstand der Wicklung bei 75 °C,

g) den Übergangsverlusten an Schleifringen und Kommutatoren, die Laststrom führen,

h) den Zusatzverlusten, als die man die Differenz zwischen den wirklich auftretenden Gesamtverlusten und der Summe der in den Ziffern a) bis g) angeführten Verluste definiert.

Erläuterung: Die Zusatzverluste entstehen hauptsächlich durch Wirbelströme in der Ankerwicklung und in den Metallteilen des Stators und Rotors. Sie nehmen meistens mit zunehmender Temperatur ab, doch wird diese Temperaturabhängigkeit nach diesen Regeln nicht berücksichtigt.

Die einzelnen Verluste werden nach den in diesen Regeln vorgeschriebenen Methoden gesondert bestimmt. Ihre Summe wird als Gesamtverluste der Maschine bezeichnet und der Berechnung des Wirkungsgrades zugrunde gelegt.

Für Synchronmaschinen siehe Ziff. 120, 121, 122, 123.

Für Mehrphasen-Induktionsmaschinen siehe Ziff. 124, 125.

Für Gleichstrommaschinen folgen die nötigen Ergänzungen.

I. Bestimmung der Einzelverluste bei Synchronmaschinen

120. Bestimmung der Leerverluste bei Synchronmaschinen

Man bestimmt den im Leerlauf bei Nennspannung und Nenndrehzahl auftretenden Wert nach einer der folgenden Methoden (vgl. Ziff. 123):

1. Messung im Leerlauf als Motor
2. Messung im Auslauf
3. Messung mit geeichtem Hilfsmotor
4. Messung mit der Pendelmaschine
5. Kalorimetrische Bestimmung

Mit diesen Methoden hat man auch die Möglichkeit, die mechanischen Verluste von den Eisenverlusten zu trennen.

121. Bestimmung der Erregungsverluste bei Synchronmaschinen

Die Grösse des Erregerstromes, aus dem man die Erregungsverluste berechnet, wird für jeden Betriebszustand, für den der Wirkungsgrad zu ermitteln ist, nach den in Ziffer 144 festgelegten Methoden bestimmt.

Zur Ermittlung der Stromwärmeverluste wird der mit Gleichstrom bei der Wicklungstemperatur ϑ °C ermittelte Widerstand R_ϑ der Erregerwicklung auf die Wicklungstemperatur von 75 °C umgerechnet (s. Ziff. 110).

Für die Berechnung der Übergangsverluste an den Schleifringen ist pro Bürste ein Spannungsabfall von

1 V bei Kohle- und Graphitbürsten
0,3 V bei metallhaltigen Bürsten

einzusetzen.

Bei Eigenerregung sind die Verluste im Erreger und in den Regulierwiderständen zu berücksichtigen. Diejenigen des Erregers werden nach der Einzelverlustmethode bestimmt.

Die totalen Erregungsverluste können auch bestimmt werden durch Messung von Erregerstrom und Erregerspannung in dem Betriebszustand, für den der Wirkungsgrad ermittelt werden soll. Sie sind ebenfalls auf eine Wicklungstemperatur von 75 °C umzurechnen und bei Eigenerregung um die Verluste im Erreger und in den Regulierwiderständen zu vermehren.

122. Bestimmung der Lastverluste bei Synchronmaschinen

a) Stromwärmeverluste

Die Stromwärmeverluste werden aus dem mit Gleichstrom gemessenen, auf 75 °C umgerechneten (s. Ziff. 110) Widerstand der Ankerwicklung errechnet.

b) Zusatzverluste

Bei Garantien für den nach der Einzelverlustmethode bestimmten Wirkungsgrad ist die Methode für die Bestimmung der Zusatzverluste festzulegen. Sofern nichts anderes vereinbart wird, sind die im Kurzschlussversuch ermittelten Zusatzverluste massgebend.

Die Zusatzverluste können nach folgenden Methoden gemessen werden:

α) Im Kurzschlussversuch

Die Maschine wird im allpoligen Dauerkurzschluss bei Nenndrehzahl und dem Wert des Ankerstromes, für den die Verluste bestimmt werden sollen, angetrieben. Die Zusatzverluste werden in diesem Betriebszustand gleich der Differenz zwischen den gesamten beim Versuch auftretenden Verlusten in diesem Betriebszustand und der Summe der beim Versuch auftretenden mechanischen, Erregungs- und Stromwärmeverluste gesetzt.

Die verschiedenen Versuchsmöglichkeiten sind (vgl. Ziff. 123):

1. Messung im Auslauf
2. Messung mit geeichtem Hilfsmotor
3. Messung mit der Pendelmaschine
4. Kalorimetrische Bestimmung

Bemerkung:

Die im Kurzschlussversuch ermittelten Zusatzverluste können grösser sein als die nach Ziff. 114h definierten Zusatzverluste bei Belastung, infolge des stark verzerrten Luftspaltfeldes und der veränderten Sättigungs-Verhältnisse im Kurzschluss.

β) Bei ausgebautem Rotor
(Nur für Mehrphasen-Synchronmaschinen)

Die Ankerwicklung wird bei ausgebautem Rotor, mit Verschalung allpolig mit sinusförmigem, symmetrischem Mehrphasenstrom von Nennfrequenz und der Stromstärke, für die die Verluste bestimmt werden sollen, gespeist. Die Zusatzverluste werden dann gleich der Differenz der dabei gemessenen gesamten Verluste und der beim Versuch auftretenden Stromwärmeverluste gesetzt.

Bemerkung:

Diese Methode würde richtige Werte liefern, wenn bei Belastung keine Zusatzverluste im Rotor auftreten würden. Sie liefert deshalb zu kleine Werte.

γ) Als Phasenschieber mit reduzierter Spannung

Die Synchronmaschine wird im Leerlauf als übererregter Motor (d. h. als Phasenschieber) mit Nennfrequenz und stark reduzierter Spannung (z. B. ⅓ des Nennwertes) betrieben und der Ankerstrom mit Hilfe der Erregung auf den Wert eingestellt, für den die Verluste bestimmt werden sollen. Die Zusatzverluste werden in diesem Betriebszustande gleich der Differenz der beim Versuch aufgenommenen Leistung und der Summe der beim Versuch auftretenden mechanischen, Eisen- und Stromwärmeverluste (bei Eigenerregung auch der Erregungsverluste) gesetzt. Die Eisenverluste werden entsprechend der Klemmenspannung beim Versuch eingesetzt.

123. Ausführungsregeln zur Bestimmung der Eisen-, mechanischen und Zusatzverluste bei Synchronmaschinen

a) Messung im Leerlauf als Motor

α) Bestimmung der Leerverluste

Die Maschine wird als leerlaufender Synchronmotor an ein Netz von Nennfrequenz angeschlossen, und der Erregerstrom wird bei jeder Spannung so eingestellt, dass der Ankerstrom den Mindestwert annimmt ($\cos\varphi = 1$). Die Leistungsaufnahme wird mit elektrischen Instrumenten gemessen; sie ist gleich den Verlusten in diesem Betriebszustand.

Am zweckmässigsten wird die Synchronmaschine bei diesem Versuch fremd erregt. Wird dagegen der Erregerstrom von einem mit der Synchronmaschine gekuppelten Erreger geliefert, so sind die Erregungsverluste von der gemessenen aufgenommenen Leistung zu subtrahieren. Ferner sind die beim Versuch auftretenden Lastverluste davon zu subtrahieren; doch ist diese Korrektur meistens so klein, dass sie vernachlässigt werden kann. Was nach den beiden Subtraktionen noch übrig bleibt, stellt die Leerverluste der Synchronmaschine dar.

β) Trennung der Leerverluste

Die Leerverluste werden bei verschiedenen Werten der Klemmenspannung bestimmt, und zwar soweit hinunter, bis die Maschine ausser Tritt fällt. Da bei der Klemmenspannung null die Eisenverluste ebenfalls gleich null sind, erhält man aus der Extrapolation der Leerverluste auf die Klemmenspannung null die mechanischen Verluste. Diese Extrapolation soll so vorgenommen werden, dass die Leerverluste über dem Quadrat der Klemmenspannung aufgetragen werden. Diese Hilfskurve verläuft bei kleinen Werten der Klemmenspannung fast geradlinig und kann daher sehr genau extrapoliert werden. Nachdem so die mechanischen Verluste bestimmt sind, sind auch die Eisenverluste für sich allein bekannt und lassen sich in Funktion der Klemmenspannung auftragen.

Erläuterung: Diese Methode ist sehr bequem, weil die Maschine mit keiner anderen Maschine gekuppelt werden muss und lediglich eine Wechselspannung von Nennfrequenz und einstellbarem Spannungswert bei relativ kleiner Leistung benötigt wird.

b) Messung im Auslauf

Bei der Auslaufmethode wird die Synchronmaschine auf eine 10...20 % über der Nenndrehzahl liegende Drehzahl gebracht und dann sich selbst überlassen. Unter dem Einfluss ihrer Verluste wird sie allmählich abgebremst, so dass aus der Messung der Drehzahl in Funktion der Zeit die Verluste ermittelt werden können.

α) Hochfahren der Maschine

Steht eine passende Wechselspannung von variabler Frequenz zur Verfügung, so kann die Maschine im synchronen Betrieb als leerlaufender Motor hochgefahren werden (Kombination mit dem Versuch nach a). In diesem Fall braucht sie mit keiner anderen Maschine mechanisch gekuppelt zu werden. Der Auslaufversuch wird durch Unterbrechen der Energiezufuhr eingeleitet.

Oft genügt zum Hochfahren der angekuppelte Erreger.

Handelt es sich um einen Generator, der bereits mit seinem Primärmotor zusammengebaut ist, so kann er unter Umständen auch mit dessen Hilfe hochgefahren werden. Bei einer Peltonturbine wird dann der Auslaufversuch eingeleitet, indem durch den Schnellschluss die Energiezufuhr der Turbine abgestellt wird.

Erläuterung: Man misst auf diese Art allerdings die Verluste der Turbine mit, und nur, wenn diese schon bekannt sind, können die Leerverluste des Generators allein ermittelt werden. Beim Antrieb durch langsam laufende Wasserturbinen ist diese Art des Hochfahrens nicht möglich, weil das Wasser nicht rasch genug aus der Turbinenkammer entfernt werden kann, und die Verluste nur dann richtig gemessen werden, wenn die Turbinenkammer vollständig entleert ist. Auch bei Generatoren mit Dampfturbinenantrieb darf der Auslaufversuch nur mit abgekuppelter Turbine durchgeführt werden.

β) Messungen

Der Versuch wird am einfachsten so durchgeführt, dass in bestimmten Zeitabständen (z. B. auf ein Pfeifensignal) gleichzeitig alle interessierenden Instrumente abgelesen werden. Die Drehzahl soll mit einer Tachometerdynamo, die mit der Synchronmaschine starr gekuppelt ist, gemessen werden; in der Regel kann dafür der angebaute Erreger oder Hilfserreger verwendet werden. Beim Leerlauf der Synchronmaschine dient ausserdem deren Klemmenspannung als Kontrolle für die Drehzahl.

Erläuterung: Da u. a. die Drehzahl*differenzen* in die Verlustformel eingehen (s. u.), kann die Genauigkeit dadurch gesteigert werden, dass man der Spannung der Tachometerdynamo eine Batterie-Spannung entgegenschaltet, die jene zum grossen Teil kompensiert. Man kann dann für die Differenzspannung ein Instrument mit kleinerem Messbereich verwenden, wodurch die Messgenauigkeit erhöht wird.

Andere Methoden zur Bestimmung von $\frac{dn}{dt}$ oder $n\frac{dn}{dt}$ beim Auslaufversuch sind in der Fachliteratur zu finden.

γ) Auswertung

Für die Bestimmung der Verluste gilt

$$P_v = J\omega\frac{d\omega}{dt}$$

oder, auf die bei der Messung üblichen Einheiten umgerechnet:

$$P_v = \frac{GD^2}{365}\frac{n}{1000}\frac{dn}{dt}$$

P_v sind die Verluste in kW
GD^2 ist das Schwungmoment in kg*m² (technische Masszahl von $GD^2 = 4 \times$ Giorgi-Masszahl von J)
n ist die Drehzahl pro min
t ist die Zeit in s.

Bei der Auswertung des Auslaufversuches wird am einfachsten die Drehzahl n in Funktion der Zeit t aufgetragen und der Differentialquotient $\frac{dn}{dt}$ graphisch durch Einzeichnen der Tangente bestimmt. Ebenso genau ist unter Umständen die Wahl von zwei Messpunkten, die gleichviel über und unter der Nenndrehzahl liegen und den Quotienten $\frac{\Delta n}{\Delta t}$ bilden (Rechnung mit Sekante statt mit Tangente).

Man kann auch aus den Differenzen Δn und Δt zwischen je 2 aufeinanderfolgenden Messpunkten die Quotienten $\frac{\Delta n}{\Delta t}$ bilden und diese Werte über der Drehzahl auftragen. Durch die so erhaltenen Punkte, die etwas streuen werden, zieht man eine flüssige Kurve (in vielen Fällen ist es nahezu eine Gerade) und kann auf diese Art mit guter Genauigkeit den Wert von $\frac{dn}{dt}$ für die Nenndrehzahl ermitteln.

δ) Anwendung

Die Auslaufversuche im Leerlauf und Kurzschluss gestatten die Bestimmung aller Leer- und Lastverluste, sofern das Trägheitsmoment der Synchronmaschine (evtl. inklusive Antriebsmaschine) bereits bekannt ist.

Die *mechanischen Verluste* allein erhält man durch einen Auslaufversuch im Leerlauf mit vollständig unerregter Maschine.

Die *Leerverluste* erhält man durch einen Auslaufversuch im Leerlauf, wobei die Erregung so eingestellt wird, dass sich bei Nenndrehzahl die Nennspannung einstellt.

Die *Zusatzverluste* inklusive mechanische und Stromwärmeverluste erhält man durch einen Auslaufversuch im Kurzschluss, wobei die Erregung so eingestellt wird, dass sich bei Nenndrehzahl der Wert des Ankerstromes ergibt, für den die Verluste zu bestimmen sind. Um die Zusatzverluste allein zu erhalten, müssen dann lediglich von der aus dem Auslauf ermittelten Verlustleistung die vorher bestimmten mechanischen Verluste und die beim Versuch aufgetretenen Stromwärmeverluste subtrahiert werden.

Bei den Auslaufversuchen ist die Synchronmaschine fremd zu erregen, da der Erregerstrom während des Versuchs genau konstant gehalten werden muss.

Ist das *Trägheitsmoment* der Synchronmaschine (bzw. Synchron- und Antriebsmaschine) nicht bekannt, so liefern die Auslaufversuche zusammen mit den Versuchen als leerlaufender Synchronmotor alle Leer- und Lastverluste und ermöglichen überdies die Bestimmung des Trägheitsmomentes.

Man misst in diesem Fall z. B. zunächst beim Versuch mit dem leerlaufenden Synchronmotor nach a) bei Nenndrehzahl und Nennspannung die Leerverluste und führt nachher den Auslaufversuch im Leerlauf durch, wobei die Erregung so eingestellt wird, dass sich bei Nenndrehzahl die Nennspannung einstellt. Da dann die Verluste in diesem Betriebszustand bereits bekannt sind, kann aus der angegebenen Formel das Trägheitsmoment ermittelt werden.

Erläuterung: Die Auslaufversuche sind bequem durchzuführen, da die Maschine mit keiner Hilfsmaschine mechanisch gekuppelt werden muss. Die Auslaufmethode eignet sich besonders für grosse und mittlere Maschinen, die durch die Verluste nicht zu rasch abgebremst werden.

c) Messung mit geeichtem Hilfsmotor

Die Synchronmaschine wird durch einen geeichten Hilfsmotor angetrieben. Die vom Hilfsmotor aufgenommene Leistung wird mit elektrischen Instrumenten gemessen und ist, nach Subtraktion der Verluste im Hilfsmotor, gleich

den *mechanischen Verlusten*, wenn die Synchronmaschine vollständig unerregt ist,

den *Leerverlusten* (inkl. Erregungsverluste bei Eigenerregung), wenn die Synchronmaschine auf Nennspannung erregt ist,

der Summe der *Stromwärmeverluste im Anker* (bei der beim Versuch auftretenden Wicklungstemperatur), der *mechanischen Verluste*, und der *Zusatzverluste* (und der Erregungsverluste bei Eigenerregung), wenn die Synchronmaschine im Kurzschluss angetrieben und so erregt wird, dass sie den Strom führt, für den die Verluste bestimmt werden sollen.

Erläuterung: Die Methode hat den Nachteil, dass die Maschine mit einem Hilfsmotor gekuppelt werden muss und dass die Verluste dieses letztern genau bekannt sein müssen.

d) Messung mit der Pendelmaschine

Die Synchronmaschine wird mit einer Pendelmaschine gekuppelt und von dieser angetrieben. Das auf die Synchronmaschine übertragene Drehmoment wird dabei direkt gemessen und daraus die aufgenommene Leistung bestimmt (s. auch Ziff. 111).

Es können genau die gleichen Messungen ausgeführt werden wie mit dem geeichten Hilfsmotor.

e) Kalorimetrische Bestimmung

Die Synchronmaschine wird durch irgend einen Motor angetrieben, einmal im Leerlauf, das andere Mal im Kurzschluss. Die Verluste werden kalorimetrisch gemessen.

Auch hier können die gleichen Messungen ausgeführt werden wie mit geeichtem Hilfsmotor.

Erläuterung: Die kalorimetrische Messung der Einzelverluste ist sehr umständlich. Es dürfte meistens eine der vorher beschriebenen Methoden zweckmässiger sein.

II. Bestimmung der Einzelverluste bei Mehrphasen-Induktionsmaschinen

124. Bestimmung der Leerverluste bei Mehrphasen-Induktionsmaschinen

Die Maschine wird als leerlaufender Motor bei Nennspannung und Nennfrequenz betrieben. Die dabei aufgenommene Leistung abzüglich der beim Versuch entstandenen primären Stromwärmeverluste bezeichnet man als die Leerverluste der Maschine.

Die Trennung der Leerverluste in die mechanischen und die Eisenverluste, die in manchen Fällen nötig sein wird (z. B. bei Maschinen, die bei der Prüfung in Lagern fremder Lieferung laufen, vgl. Ziff. 110), erfolgt nach einer der folgenden Methoden:

1. Leerlaufmessung bei veränderlicher Spannung. Man bestimmt die Leerverluste für verschiedene Spannungen bis auf ca. 15...30 % der Nennspannung hinunter. Die über dem Quadrat der Spannung aufgezeichneten Leerverlustwerte liegen annähernd auf einer Geraden, die, gegen Null verlängert, auf der Leerverlustachse die mechanischen Verluste abschneidet.
2. Messung der mechanischen Verluste im Auslauf.
3. Messung der mechanischen Verluste mit geeichtem Hilfsmotor.
4. Messung der mechanischen Verluste mit der Pendelmaschine.

Die Ausführung der Messungen nach diesen 4 Methoden erfolgt in sinngemässer Anwendung der für die Synchronmaschinen geltenden Ausführungsregeln, Ziff. 123, a)...d).

125. Bestimmung der Lastverluste bei Mehrphasen-Induktionsmaschinen

Die Lastverluste werden nach einer der folgenden Methoden ermittelt:

a) Belastung bei Nennspannung. Diese Methode eignet sich besonders für kleine und mittlere Maschinen.

b) Belastung bei reduzierter Spannung. Diese Methode eignet sich besonders für grosse Maschinen und dann, wenn das Kreisdiagramm nicht verwendet werden kann (Maschinen mit starker Stromverdrängung im Rotor).

c) Kreisdiagramm. Diese Methode eignet sich für Maschinen mit mässiger Stromverdrängung im Rotor.

a) Belastung bei Nennspannung

Bei Nennfrequenz und Nennspannung und bei jeder Belastung, für welche der Wirkungsgrad der Induktionsmaschine ermittelt werden soll, misst man die aufgenommene Leistung, den primären Strom und den Schlupf und berechnet die Lastverluste folgendermassen:

α) Die primären Stromwärmeverluste werden aus dem gemessenen Laststrom und dem auf 75 °C umgerechneten Gleichstromwiderstand (Ziff. 110) der primären Wicklung berechnet.

β) Die sekundären Stromwärmeverluste, inklusive eventuellen Übergangsverlusten an den Schleifringen, erhält man aus der auf den Rotor übertragenen Leistung $P_{12} = P_1 - P_{e1}$ und dem Schlupf:

$$P_{e2} = P_{12}\, s$$

wo P_1 die aufgenommene Leistung,
P_{e1} die primären Stromwärmeverluste bei der Statorwicklungstemperatur 75 °C,
P_{e2} die sekundären Stromwärmeverluste bei der Rotorwicklungstemperatur 75 °C,
s den Schlupf bei der Rotorwicklungstemperatur 75 °C bedeutet.

Hat jedoch die Rotorwicklung bei der Messung eine andere Temperatur als 75 °C, so rechnet man den gemessenen Schlupf nach dem Rotorwiderstand, oder wenn dies, wie bei Kurzschlussankermotoren, nicht möglich ist, angenähert nach dem Statorwiderstand um.

Also

$$s = s_\vartheta \frac{R_2}{R_{2\vartheta}} \text{ oder}$$

$$s = s_\vartheta \frac{R_1}{R_{1\vartheta}}, \text{ wo}$$

R_2, R_1 der Rotor-, bzw. Statorwiderstand bei 75 °C,
$R_{2\vartheta}$, $R_{1\vartheta}$ der Rotor-, bzw. Statorwiderstand bei der Schlupfmessung,
s_ϑ der gemessene Schlupf ist.

Der Schlupf soll wenn irgend möglich stroboskopisch, z. B. mit einer an den Motorklemmen angeschlossenen Glimmlampe gemessen werden.

γ) Für die zusätzlichen Verluste von Induktionsmaschinen wird vorläufig keine Messmethode angegeben. Bis auf weiteres wird angenommen, dass die Zusatzverluste bei Nennlast 0,5 % der aufgenommenen Leistung betragen und sich mit dem Quadrat des primären Stromes ändern.

b) Belastung bei reduzierter Spannung

Bei reduzierter Spannung vermindern sich — bei gleichbleibender Drehzahl der Induktionsmaschine — die Ströme annähernd linear, die Leistungen annähernd quadratisch proportional mit der Spannung. Bei halber Nennspannung sind also z. B. die Ströme etwa zweimal und die Leistungen etwa viermal kleiner als bei Nennspannung.

Bei der Belastung des Induktionsmotors bei der reduzierten Spannung U_r misst man die aufgenommene Leistung P_{1r}, den primären Strom I_{1r} und den Schlupf s. Ebenfalls müssen auch die Leerlaufströme I_{0r} bei derselben reduzierten Spannung U_r sowie I_0 bei der Nennspannung U_n gemessen werden.

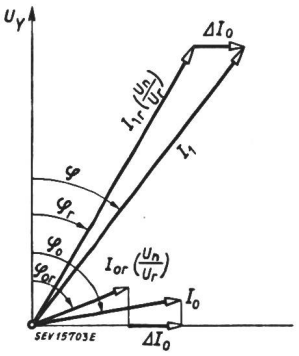


Fig. 3
Vektordiagramm der Induktionsmaschine für die Bestimmung des Stromvektors I
U_Y Sternspannung; I_{1r}, I_{1r}, φ_r bei der reduzierten Spannung U_r gemessene Werte; I_0, I_1, φ bei Nennspannung U_n auftretende Werte

Den Stromvektor des Laststromes I_1 bei Nennspannung erhält man, indem das Vektordiagramm Fig. 3 konstruiert wird.

Die Konstruktion des Diagrammes geht folgendermassen vor sich:

Zu den mit dem Verhältnis

$$\frac{\text{Nennspannung}}{\text{reduzierte Spannung}} = \frac{U_n}{U_r}$$

multiplizierten Stromvektor I_{1r} addiert man den Vektor

$$\Delta I_0 = I_0 \sin \varphi_0 - I_{0r}\left(\frac{U_n}{U_r}\right) \sin \varphi_{0r}$$

Der resultierende Vektor stellt denjenigen Strom dar, der bei der Nennspannung U_n und einer aufgenommenen Leistung $P_1 = P_{1r}\left(\frac{U_n}{U_r}\right)^2$ auftreten würde.

Mit den so ermittelten Werten I_1, P_1 und dem bei reduzierter Spannung gemessenen Schlupf s werden die Lastverluste wie unter α) berechnet.

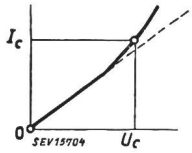


Fig. 4
Kurzschlusscharakteristik der Induktionsmaschine
I_c primärer Kurzschlußstrom
U_c Kurzschlußspannung

Erläuterung: Diese Methode gibt annähernd richtige Ergebnisse, wenn der Laststrom I_1 in den linearen Bereich der Kurzschlusscharakteristik (Fig. 4) fällt. Fällt er dagegen in den gekrümmten Bereich, so ist der wirkliche Leistungsfaktor und Wirkungsgrad etwas höher als nach dieser Methode berechnet.

c) Kreisdiagramm

Die Lastverluste dürfen aus dem Kreisdiagramm nach der im folgenden beschriebenen Methode nur bei Induktionsmaschinen mit mässiger Stromverdrängung im Rotor ermittelt werden. Als Induktionsmaschinen mit mässiger Stromverdrängung im Rotor gelten alle Induktionsmaschinen mit Schleifringanker und einfachem Käfiganker, deren einzelne Leiter in der Rotornut nicht höher als 1,6 $\sqrt{\frac{50}{f_n}}$ cm bei Kupfer und $2\sqrt{\frac{50}{f_n}}$ cm bei Aluminium sind (f_n Nennfrequenz).

Man macht den Kurzschlussversuch bei Nennfrequenz und langsamem Drehen des Rotors (höchstens 2 % der synchronen Drehzahl) und bei dem Kurzschlußstrome I_{cr}, der gleich dem Strom I_1 ist, für den man die Lastverluste ermitteln will. Dabei misst man ausser der Spannung U_{cr} und dem Strom I_{cr} auch die aufgenommene Leistung und ermittelt daraus den Kurzschluss-Leistungsfaktor $\cos\varphi_c$. Den gemessenen Kurzschlußstrom I_{cr} rechnet man auf die Nennspannung U_n um:

$$I_c = I_{cr}\left(\frac{U_n}{U_{cr}}\right)$$

und trägt ihn als Vektor mit dem Kurzschluss-Phasenwinkel φ_c zum Spannungsvektor U_Y auf (Fig. 5). Der bei Nennspannung gemessene Leerlaufstrom I_0 wird ebenfalls als Vektor (mit dem Leerlauf-Phasenwinkel φ_0) eingezeichnet.

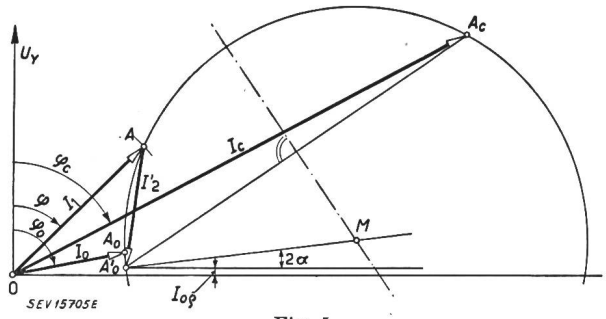


Fig. 5

Kreisdiagramm für Induktionsmaschine

I_c Kurzschlußstrom primär; I_1 Laststrom primär; I_2' auf Primärseite reduzierter Laststrom sekundär; I_0 Leerlaufstrom

Dadurch erhält man die Punkte A_c und A_0. Den Kreispunkt A'_0 bestimmt man von A_0 ausgehend so, dass er von der Blindachse den Abstand $I_{0\varphi}$ hat, eventuell unter Zuhilfenahme eines provisorisch angenommenen Kreismittelpunktes.

$$I_{0\varphi} = \frac{I_0^2 R}{U_Y}$$

ist der den Stromwärmeverlusten bei Leerlauf entsprechende Wirkstrom.

Erläuterung: Man verzichtet bei der Bestimmung des Punktes A'_0 auf die Berücksichtigung der Grundfeldeisenverluste, da sie aus der normalen Leerlaufmessung nicht ermittelt werden können und ihre Berücksichtigung auf die Genauigkeit des Kreisdiagrammes praktisch keinen Einfluss hätte.

Durch die Punkte A'_0 und A_c, sowie durch den Wert

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\, I_0 R_1}{U_Y}$$

ist der Kreis bestimmt.

$U_Y = \frac{U_n}{\sqrt{3}}$ ist der Nennwert der Sternspannung, R_1 der Phasenwiderstand der in Stern geschalteten oder auf Stern umgerechneten Statorwicklung.

Trägt man in das Kreisdiagramm den Laststrom $I_1 = \overline{0A}$ ein, so erhält man den zugehörigen Leistungsfaktor $\cos\varphi$ sowie den sekundären, auf die Primärseite reduzierten Laststrom $I_2' = \overline{AA'_0}$. Sollen die Lastverluste für verschiedene Belastungen ermittelt werden, so genügt es, für Lastströme, die in den linearen Teil der Kurzschlusscharakteristik (Fig. 4) fallen, ein gemeinsames Kreisdiagramm zu zeichnen; für jeden Laststrom jedoch, der in den gekrümmten Teil der Kurzschlusscharakteristik fällt, muss ein besonderes Kreisdiagramm gezeichnet werden. (Der lineare Teil der Kurzschlusscharakteristik erstreckt sich meistens bis etwa zum 0,8...1,2fachen Nennstrom).

Bei Induktionsmaschinen mit *Schleifringanker* misst man ausserdem bei Nennspannung das Spannungsübersetzungsverhältnis im Stillstand bei offener Rotorwicklung $\frac{U_n}{U_{20}}$. Der sekundäre Strom ist dann

$$I_2 = I_2' \frac{U_n}{U_{20}}$$

unter der Voraussetzung, dass primäre und sekundäre Phasenzahlen gleich sind.

Mit diesem Strom berechnet man die sekundären Stromwärmeverluste aus dem auf 75 °C umgerechneten (Ziff. 110) Gleichstromwiderstand der Rotorwicklung sowie die eventuellen Übergangsverluste an den Schleifringen aus dem Spannungsabfall unter den Bürsten (wie in Ziff. 121).

Bei Induktionsmaschinen mit *Käfiganker* misst man ausserdem den Schlupf, die aufgenommene Leistung und den primären Strom bei Nennspannung

1. bei Leerlauf (s_0, P_{10}, I_0)
2. bei geringer Belastung, bis zu ca. 25 % der Nennlast (s, P_1, I_1).

Den gemessenen Schlupf rechnet man allenfalls wie unter a) auf 75 °C Wicklungstemperatur um. Der bei der Belastung wirksame, reduzierte, sekundäre Widerstand ist:

$$R_2' = m_1 U_Y^2 \left(\frac{s - s_0}{P_{12} - P_0}\right)$$

$$P_{12} = P_1 - m_1 I_1^2 R_{1\vartheta}\ ;\ P_0 = P_{10} - m_1 I_0^2 R_{1\vartheta}$$

$R_{1\vartheta}$ primärer Widerstand (in Sternschaltung) bei der Schlupfmessung,

U_Y primäre Sternspannung.

m_1 primäre Phasenzahl

Die sekundären Stromwärmeverluste sind

$$P_{e2} = m_1\, I_2'^2\, R_2'$$

Die primären Stromwärmeverluste und die Zusatzverluste berechnet man mit dem aus dem Kreisdiagramm ermittelten Strom wie unter a).

K. Spannung und Spannungsänderung

140. Spannungsbereich

Generatoren müssen bei Nennleistung, Nenndrehzahl und Nennleistungsfaktor eine Spannung entwickeln können, die bis zu ± 5 % von der Nennspannung abweicht.

Motoren müssen bei Nennleistung und Nennfrequenz mit einer Spannung betrieben werden können, die bis zu ± 5 % von der Nennspannung abweicht.

Bei Betrieb mit diesen Grenzwerten der Spannung darf die Erwärmung die in Tabelle III angegebenen Grenzwerte um nicht mehr als 5 °C überschreiten.

141. Definitionen

(Nur für Synchronmaschinen)

a) Luftspaltspannung. Die Luftspaltspannung ist diejenige Spannung, die beim Nennbetrieb der Maschine durch den räumlich grundharmonischen Anteil des mitläufigen Luftspaltfeldes in der Ankerwicklung induziert wird.

b) Ankerstreuspannung. Die Ankerstreuspannung ist diejenige Spannung, die beim Nennbetrieb der Maschine durch alle übrigen Flussanteile in der Ankerwicklung induziert wird.

c) Spannungsänderung. Die Spannungsänderung eines Synchrongenerators mit Eigen- oder Fremderregung ist die Differenz der Effektivwerte der Spannung, die bei Übergang von Nennbetrieb auf Leerlauf auftritt, wenn Drehzahl und Erregerstrom konstant bleiben. Die Spannungsänderung wird immer in Prozenten der Nennspannung angegeben:

$$\varepsilon = \frac{U_0 - U_n}{U_n}\, 100\ \%$$

142. Sinusform von Spannungskurven
(Nur für Synchronmaschinen)

Synchronmaschinen sollen bei Leerlauf und bei Belastung auf einen induktionsfreien Widerstand eine praktisch sinusförmige Spannung erzeugen (Ziff. 13c).

143. Bestimmung der Ankerstreuspannung
(Nur für Synchronmaschinen)

Bemerkung:

Die in Ziff. 144 b beschriebene Methode zur Bestimmung der Spannungsänderung verwendet als Ankerstreuspannung die sog. Potier-Spannung U_x, die nach der Methode 143a ermittelt wird. Ist die direkte Bestimmung der Potier-Spannung nicht möglich, so kann die Ankerstreuspannung nach den Näherungsmethoden 143b oder c bestimmt werden. Andere, hier nicht angeführte Methoden zur Bestimmung der Spannungsänderung arbeiten dagegen mit andern Werten der Ankerstreuspannung. Der nach Ziffer 143 a, b, oder c bestimmte Wert der Ankerstreuspannung darf daher nur bei der in Ziffer 144 b beschriebenen Methode zur Bestimmung der Spannungsänderung verwendet werden.

a) Nach der Methode von Fischer-Hinnen mit dem Potier-Dreieck

Durch Versuch ist die Leerlaufkennlinie, der Erregerstrom im allpoligen Kurzschluss bei Nennstrom und der Erregerstrom für Nennspannung, Nennstrom und $\cos\varphi = 0$ zu bestimmen. Die Durchführung der Konstruktion ist in Fig. 6 angegeben.

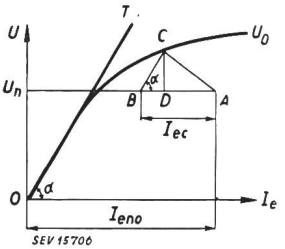


Fig. 6
Bestimmung der Potierspannung der Synchronmaschine

U Klemmenspannung; U_0 Leerlaufkennlinie; I_e Erregerstrom; I_{en0} Erregerstrom bei U_n, I_n und $\cos\varphi = 0$; I_{ec} Erregerstrom im Kurzschluss bei Nennstrom; $BC \parallel OT$; $CD = U_x$ Potierspannung; $\triangle ACD$ Potier-Dreieck

b) Aus der Reaktanzmessung bei ausgebautem Rotor

Man misst die Reaktanz der Statorwicklung bei ausgebautem Rotor. Die Ankerstreureaktanz ist bei Maschinen mit ausgeprägten Polen gleich dem 1,2fachen, bei Maschinen mit Volltrommelrotoren gleich dem 0,6fachen Wert[3]) dieser Reaktanz. Die Ankerstreuspannung ist das Produkt aus Ankerstreureaktanz und Nennstrom.

c) Aus der Reaktanzmessung bei stillstehendem Rotor
(Nur für Mehrphasen-Synchronmaschinen)

Bei Maschinen mit massiven Volltrommelrotoren darf die Ankerstreureaktanz gleich der Reaktanz gesetzt werden, die bei stillstehendem Rotor gemessen wird. Die Ankerstreuspannung wird dem Produkt aus Ankerstreureaktanz und Nennstrom gleichgesetzt.

144. Bestimmung der Spannungsänderung und des Erregerstromes
(Nur für Synchronmaschinen)

a) Direkte Methode

Die Maschine wird auf Nennbetrieb einreguliert und hierauf entlastet. Die Differenz der dabei sich einstellenden Leerlaufspannung und der Nennspannung ist die Spannungsänderung. Der Erregerstrom bei Nennbetrieb, der für die Bestimmung der Erregungsverluste nach Ziff. 114 benötigt wird, wird direkt gemessen.

b) Indirekte Methode

Man ermittelt zunächst die Luftspaltspannung U_i, indem man die nach Ziff. 143 bestimmte Potierspannung U_x vektoriell von der Klemmenspannung U_n subtrahiert (Fig. 7). Weiter wird der zugehörige Erregerstrom bestimmt, von dem für die weitere Konstruktion nur der über die Luftspaltgerade, d. h. die Anfangstangente an die Leerlaufkennlinie, hinausgehende Teil ΔI_e benützt wird. Zur Nennspannung U_n ermittelt man ferner mit Hilfe der Luftspaltgeraden den Erregerstrom des Luftspaltanteils $I_{e\delta}$. Hierzu wird der Erregerstrom im Kurzschluss I_{ec} vektoriell addiert

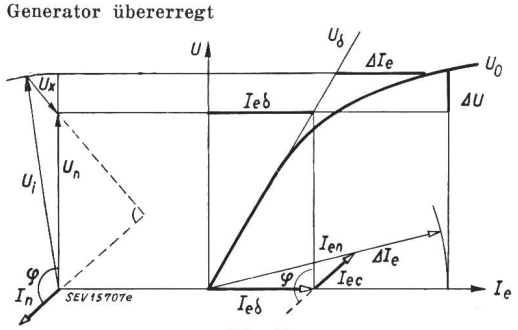


Fig. 7
Bestimmung der Spannungsänderung und des Erregerstromes der Synchronmaschine

U_δ Luftspaltgerade; U_0 Leerlaufkennlinie; U_x Potierspannung; I_{ec} Erregerstrom im Kurzschluss bei Nennstrom; I_{en} Erregerstrom bei Nennlast

(parallel zum Statorstrom I_n im entgegengesetzten Sinn). Im weitern wird in der Richtung der Resultierenden die Grösse ΔI_e angefügt. Auf diese Art erhält man den Erregerstrom I_{en} für den Nennbetrieb (vgl. Ziff. 114 B) und ermittelt weiter mit Hilfe der Leerlaufkennlinie die Spannungsänderung ΔU.

L. Kurzschluss
(Nur für Synchronmaschinen)

150. Allgemeines

Die folgenden Bestimmungen dienen nur zur Kontrolle der mechanischen und elektrischen Festigkeit ohne Rücksicht auf die Erwärmung.

151. Definitionen

a) Stosskurzschlußstrom (in Fig. 8...10 durch *a* dargestellt) ist der höchste Augenblickswert des Stromes, der auftritt, wenn bei Nennbetrieb im ungünstigsten Schaltmoment alle Statorklemmen, mit Ausnahme einer allenfalls vorhandenen Sternpunktklemme, plötzlich kurz geschlossen werden.

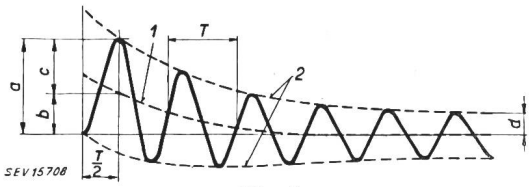


Fig. 8
Max. Asymmetrie

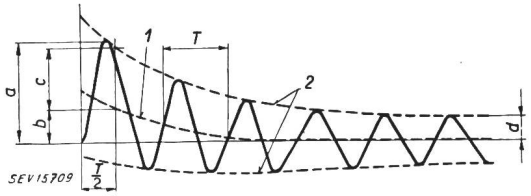


Fig. 9
Allgemeiner Fall

Fig. 8...10
Oszillogramme zur Ermittlung des Anfangskurzschlußstromes der Synchronmaschine

a Stosskurzschlußstrom; *b* Gleichstromglied des Anfangkurzschlußstromes; *c* Wechselstromglied des Anfangkurzschlußstromes; *d* Dauerkurzschlußstrom; *T* Periode; *1* Abklingendes Gleichstromglied; *2* Hüllkurven

[3]) Diese Werte sind Mittelwerte aus einer Anzahl gemessener Maschinen.

b) Gleichstromglied des Anfangskurzschlußstromes (in den Fig. 8 und 9 durch *b* dargestellt) ist die Ordinate der Mittellinie der beiden Hüllkurven, eine Halbperiode nach Kurzschlussbeginn. Je nach dem Schaltmoment ist der Wert verschieden.

c) Wechselstromglied (Effektivwert) des Anfangskurzschlußstromes (in den Fig. 8...10 stellt *c* den Scheitelwert dar) ist der Abstand der beiden Hüllkurven dividiert durch $2\sqrt{2}$, eine Halbperiode nach Kurzschlußbeginn.

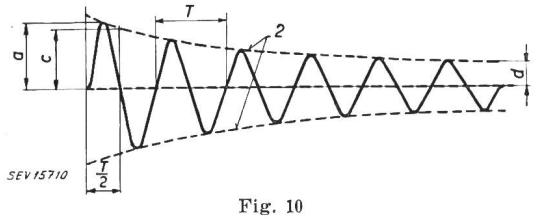


Fig. 10
Vollständige Symmetrie

d) Dauerkurzschlußstrom (in den Fig. 8...10 stellt *d* den Scheitelwert dar) ist der Strom (Effektivwert), der sich bei der dem Nennbetrieb entsprechenden Drehzahl und Erregung bei Kurzschluss aller Statorklemmen, mit Ausnahme einer allenfalls vorhandenen Sternpunktklemme, dauernd einstellt.

152. Kurzschlussprobe

Die Kurzschlussprobe wird nur durchgeführt, wenn sie in der Bestellung ausdrücklich verlangt wird.

Synchronmaschinen müssen eine Festigkeitsprobe auf plötzlichen Kurzschluss aushalten. Diese Probe wird ausgehend vom Leerlauf bei Nenndrehzahl mit auf 1,05fache Nennspannung erregter Maschine durchgeführt.

An Mehrphasen-Synchrongeneratoren wird nur ein Kurzschluss ausgeführt.

An Einphasen-Synchrongeneratoren ist der Kurzschluss zu wiederholen bis er im ungünstigsten Schaltmoment erfolgt; im Maximum werden aber nur drei Kurzschlüsse ausgeführt.

Der Kurzschluss wird zwischen allen Stator-Klemmen, mit Ausnahme einer allenfalls vorhandenen Sternpunktklemme, plötzlich und gleichzeitig hergestellt. Er soll solange dauern bis der Strom den Beharrungszustand erreicht hat. Allfällig eingebaute Schutz- und Regulier-Vorrichtungen, z. B. Überstromrelais, sind dabei ausser Betrieb zu setzen.

Die Kurzschlussprobe gilt als bestanden, wenn sich keine schädlichen Formveränderungen zeigen und nachträglich die Spannungsproben ausgehalten werden. Ist nachzuweisen, dass der Stosskurzschlußstrom (Ziff. 151 a) einen bestimmten Garantiewert nicht übersteigt, so gilt der Nachweis als erbracht, sofern dieser Wert beim plötzlichen Kurzschluss im Leerlauf bei 1,05facher Nennspannung nicht überschritten wird.

M. Überlastung

160. Allgemeines

Bemerkung:

Da für die Überlastbarkeit über den Nennbetrieb hinaus hinsichtlich Erwärmung keine Garantien gegeben werden, behandeln die folgenden Bestimmungen nur die mechanische und elektrische Überlastbarkeit.

Maschinen für Dauerbetrieb müssen in betriebswarmem Zustande während 2 Minuten den 1,5fachen Nennstrom ohne Beschädigung oder bleibende Formveränderung aushalten. Diese Prüfung ist bei Motoren bei Nennspannung, bei Generatoren so nahe als möglich der Nennspannung durchzuführen.

Die Synchronmotoren müssen bei Nennspannung, Nennfrequenz und Nennerregung mindestens ein Kippmoment vom 1,5fachen Wert des Nenndrehmomentes entwickeln können.

Induktionsmaschinen müssen während 15 Sekunden ein um 60 % grösseres Drehmoment als das Nenndrehmoment aushalten können, ohne bei stetiger Zunahme des Drehmomentes zum Stillstand zu kommen oder die Drehzahl plötzlich zu verringern, wobei Spannung und Frequenz auf ihren Nennwerten gehalten werden. Für Induktionsmotoren, für welche die Antriebsbedingungen festliegen, für Induktionsmotoren mit Rotor besonderer Bauart (z. B. Doppelkäfig-, Wirbelstrom-Rotor) mit besonderen Anlauf-Eigenschaften ist jedoch das Kippmoment besonders zu vereinbaren.

161. Das Kippmoment von Induktionsmaschinen

Das Kippmoment von Induktionsmaschinen mit mässiger Stromverdrängung (siehe Ziff. 125 c), kann auch aus dem Kreisdiagramm bestimmt werden.

Man schätzt vorerst den Kippstrom $I_{M\,max}$ ab und macht den Kurzschlussversuch nach Ziff. 125c, jedoch mit einer solchen Spannung, dass der Kurzschlußstrom I_c den geschätzten Kippstrom $I_{M\,max}$ erreicht. Dann konstruiert man nach Ziff. 125c das Kreisdiagramm und ermittelt den Kippunkt $A_{M\,max}$ indem man aus dem Mittelpunkt M des Kreises einen Strahl unter dem Winkel γ zieht (Fig. 11).

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{I_d\, R_1}{U_Y}$$

wo I_d den Durchmesser des Kreises in Ampères bedeutet.

Weicht der so ermittelte Kippstrom $I_{M\,max}$ wesentlich vom ursprünglich angenommenen Wert $I_{M\,max}$ ab, so wiederholt man das ganze Verfahren, indem man von dem nun genauer bekannten Wert $I_{M\,max}$ ausgeht.

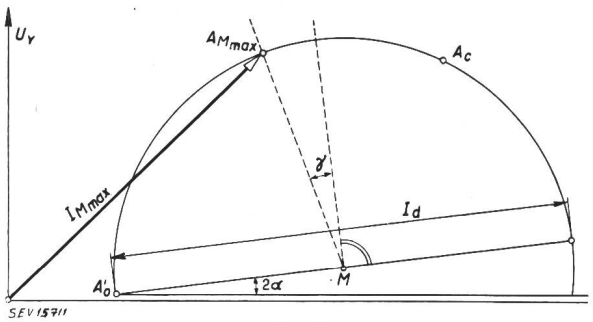


Fig. 11
Kreisdiagramm zur Bestimmung des Kippmomentes der Induktionsmaschine
$I_{M\,max}$ Kippstrom; I_d Durchmesser des Kreises in Ampères

Kann der Kurzschlussversuch bis zu dem beim Kippmoment zu erwartenden Strom $I_{M\,max}$ nicht durchgeführt werden, so extrapoliert man die möglichst bis hinter das Knie der Kurve gemessene Kurzschlusscharakteristik durch die Endtangente (Fig. 12) und greift für den Kurzschlußstrom $I_{cr} = I_{M\,max}$ die Spannung U_{cr} ab. Der auf Nennspannung umgerechnete Strom I_c ist dann

$$I_c = I_{cr}\,\frac{U_n}{U_{cr}}$$

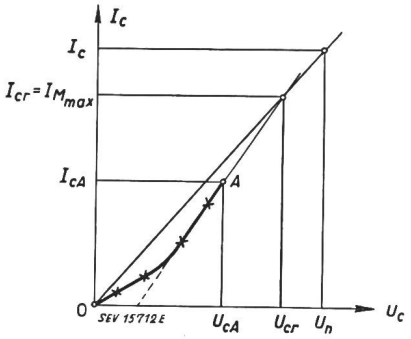


Fig. 12
Kurzschlußcharakteristik zur Bestimmung des Kippstromes $I_{M\,max}$ der Induktionsmaschine

Die diesem Strome I_c entsprechende, aufgenommene Leistung P_c berechnet man aus der Formel

$$P_c = P_{cA}\left(\frac{I_c}{I_{cA}}\right)^2$$

P_{cA} ist die aufgenommene Leistung bei dem grössten noch gemessenen Kurzschlußstrom I_{cA}. Aus P_c, I_c und der

Nennspannung U_n berechnet man den Leistungsfaktor $\cos\varphi$ und fährt dann in der Konstruktion des Kreisdiagrammes nach Ziffer 125 fort.

Man bestimmt aus dem Diagramm Fig. 11 die dem Kippunkt $A_{M\,max}$ entsprechende aufgenommene Leistung, vermindert sie um die nach Ziff. 125 berechneten Stromwärmeverluste und Zusatzverluste und um die nach Ziff. 124 bestimmten Leerverluste und erhält so die beim Kippen auf den Rotor übertragene Leistung $P_{12\,M\,max}$.

Das Kippmoment ist dann

$$M_{max} = \frac{P_{12\,M\,max}}{\omega_{syn}}$$

oder, auf kg*m umgerechnet:

$$M_{max} = P_{12\,M\,max}\,\frac{973}{n_{syn}}$$

$P_{12\,M\,max}$ ist die beim Kippen auf den Rotor übertragene Leistung in kW

M_{max} ist das Kippmoment in kg*m

n_{syn} ist die synchrone Drehzahl pro min.

N. Anlauf

(Nur für Induktionsmaschinen)

170. Definitionen

a) Anlaufstrom ist der stationäre Wert des Stromes im primären Teil bei stillstehendem oder langsam laufendem Rotor bei Nennspannung und Nennfrequenz und zwar der grösste Wert bei allen Rotorstellungen.

b) Rotorstillstandsspannung bei mehrphasigen Schleifringmotoren ist die zwischen zwei Schleifringen im Stillstand bei Nennspannung und Nennfrequenz auftretende Spannung und zwar der Mittelwert bei allen Rotorstellungen.

Bemerkung:

Synchronmotoren mit asynchronem Anlauf gelten für die Anlaufzeit als Induktionsmotoren.

171. Durchzugsmoment

Induktionsmotoren müssen bei Nennspannung und Nennfrequenz mit dem zugehörigen Anlasser in jeder Läuferstellung beim Anzuge und während des ganzen Anlaufes ein Drehmoment (Durchzugsmoment) entwickeln, das mindestens 0,3mal Nenndrehmoment ist.

172. Bestimmung der Anlaufcharakteristiken

a) Kann der Anlauf nur bei reduzierter Spannung gemessen werden, so extrapoliert man den Anlaufstrom mittels der Endtangente der Kurzschlusscharakteristik auf volle Spannung (Fig. 13). Doch soll die Kurzschlusscharakteristik

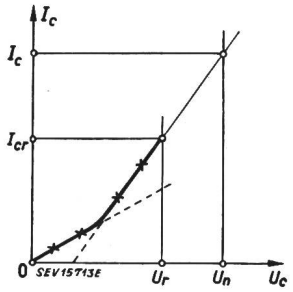


Fig. 13
Kurzschlußcharakteristik zur Bestimmung der Anlaufcharakteristiken der Induktionsmaschine

so hoch als möglich, d. h. bis über das Knie der Kurve gemessen werden. Die bei verminderter Spannung U_r gemessenen Drehmomente (Anzugsmoment, Durchzugsmoment, Kippmoment) können auf die volle Spannung U quadratisch umgerechnet werden, wobei der Einfluss des Reibungs- und Ventilations-Drehmomentes M_f zu berücksichtigen ist.

$$M = (M_r + M_f)\left(\frac{U}{U_r}\right)^2 - M_f$$

M ist das Drehmoment bei voller Spannung U

M_r ist das Drehmoment bei verminderter Spannung U_r

M_f ist das Reibungs- und Ventilationsmoment bei der Messung.

Die Wirkung des Reibungsmomentes M_f beim Anzug kann dadurch ausgeschieden werden, dass man das Anzugsmoment bei ganz langsamem Drehen des Rotors mit und gegen das Drehfeld misst und den Mittelwert beider Angaben nimmt. In diesem Falle wird in der Gleichung für das Drehmoment $M_f = 0$ gesetzt. Beim Lauf der Maschine wird das Reibungs- und Ventilationsmoment M_f nach einem der in Ziff. 124 angegebenen Verfahren ermittelt. Der wirkliche Wert der Drehmomente bei voller Spannung liegt über dem Umrechnungswert nach der Gleichung für M und kann genauer ermittelt werden, indem man die gemessenen Werte der Drehmomente M_r über der veränderlichen Spannung U auf doppellogarithmisches Papier oder über dem Quadrat der Spannung U_r aufträgt und mittels der Endtangente auf die volle Spannung extrapoliert.

b) Das Anzugsmoment, Durchzugsmoment und Kippmoment und die ganze Drehmomentkurve kann man auch aus dem *Hochlaufversuch* ermitteln. Man misst die Drehzahlkurve des Motors mittels einer Tachometerdynamo und eines Oszillographen; gleichzeitig misst man die Spannung und den Anlaufstrom. Das bei der Drehzahl n wirkende gesamte Drehmoment ist:

$$M = J\,\frac{d\omega}{dt} + M_e$$

oder, auf die bei der Messung verwendeten Einheiten umgerechnet:

$$M = \frac{GD^2}{375}\,\frac{dn}{dt} + M_e$$

M ist das Drehmoment in kg*m

GD^2 ist das Schwungmoment in kg*m² (s. auch Ziff. 123b)

n ist die Drehzahl pro min

t ist die Zeit in s

M_e ist das äussere bremsende Drehmoment (Reibung, Ventilationsmoment usw. der angekuppelten leerlaufenden Maschinen und Schwungmassen) bei der Drehzahl n.

Das bremsende Moment der angekuppelten, leerlaufenden Maschinen und Schwungmassen M_e ermittelt man nach einer in Ziff. 123 b angegebenen Methode, am besten nach der Auslaufmethode. Das Schwungmoment GD^2 ermittelt man nach Ziff. 123 b.

Erläuterung: Beim Hochlaufversuch entstehen innerhalb der Maschine Ausgleichsvorgänge und es ist darauf zu achten, dass sie das Messergebnis nicht fälschen. Der Hochlaufversuch darf daher nie zu rasch erfolgen (nicht rascher als etwa in 2 s); es sind also hinreichend grosse Schwungmassen zu kuppeln oder der Hochlaufversuch muss bei verminderter Spannung gemacht werden. Wenn möglich sollte der geprüfte Motor erst dann hochlaufen, nachdem der Einschaltstrom abgeklungen ist. Dies kann man z. B. dadurch erreichen, dass man den Motor kurzzeitig in verkehrter Drehrichtung laufen lässt und, während er noch ausläuft, in richtiger Drehrichtung einschaltet, sodass der Einschaltstrom abgeklungen ist, bevor die Drehzahl durch Null geht. Die Kupplungen, mit denen die Schwungmassen und die Tachometerdynamo angekuppelt sind, sollen möglichst starr sein.

O. Mechanische Versuche und Vorschriften

180. Drehsinn

Der Drehsinn einer Maschine, Rechtslauf im Uhrzeigersinn, Linkslauf entgegen dem Uhrzeigersinn, wird bestimmt:

A. Von der *Antriebsseite* aus.

B. Wenn für eine Maschine der Begriff «Antriebsseite» nicht eindeutig ist:

a) von der dem Kommutator oder den Schleifringen entgegengesetzten Seite aus, wenn ein Kommutator oder Schleifringe nur auf einer Maschinenseite vorhanden sind.

b) von der Schleifringseite aus, wenn Kommutator und Schleifringe gleichzeitig vorhanden sind, und auf verschiedenen Maschinenseiten liegen.

C. Nach besonderen Vereinbarungen, wenn die Bestimmungen unter A und B nicht eindeutig sind.

Bei Drehstrommaschinen über ca. 100 kVA und bei sämtlichen Generatoren muss die Klemmenfolge *UVW* der zeitlichen Phasenfolge beim vereinbarten Drehsinn entsprechen.

Bei Drehstrommaschinen, bei denen kein bestimmter Drehsinn vereinbart ist, muss die Klemmenfolge *UVW* der

zeitlichen Phasenfolge bei dem vom Lieferanten bestimmten Drehsinn entsprechen.

Die Drehrichtung des Motors oder Generators ist durch einen Pfeil auf dem Leistungs- oder Lagerschild zu bezeichnen. Bei Maschinen, die nur für eine Drehrichtung bestimmt sind und bei denen eine Änderung der Drehrichtung nur durch konstruktive Änderungen oder Änderung der inneren Maschinenschaltung möglich ist, ist dem Pfeil ein «nur» beizusetzen, also:

für Rechtslauf ↻ nur

für Linkslauf ↺ nur

Diese Bestimmungen entbinden nicht von der Prüfung der Phasenfolge vor der Inbetriebsetzung.

181. Maschinen für beide Drehrichtungen

Wenn Maschinen beliebig für beide Drehrichtungen verwendet werden sollen, so ist dies besonders zu vereinbaren. Der Zusammenhang von Drehsinn, zeitlicher Phasenfolge und alphabetischer Klemmenfolge, sowie die Bürstenstellungen sind dabei zu kennzeichnen.

182. Schleuderprüfung

Die Schleuderprüfung wird nur dann durchgeführt, wenn sie in der Bestellung ausdrücklich verlangt wird. Bei der Schleuderprüfung sind die in Tabelle V angegebenen Drehzahlen während 2 min aufrecht zu erhalten. Die Schleuderprüfung gilt als bestanden, wenn sich keine schädlichen Formänderungen zeigen und die Spannungsprüfungen nach Kapitel H nachträglich ausgehalten werden.

Schleuderdrehzahlen Tabelle V

	Maschinengattung	Schleuderdrehzahl
1	Generatoren für Wasserturbinenantrieb	Durchgangsdrehzahl der Turbine
2	Generatoren für Antrieb mit Dampf- und Gasturbinen	1,25 × Nenndrehzahl
	Generatoren für Antrieb mit Dieselmotoren, sowie übrige Synchronmaschinen	1,2 × Nenndrehzahl
3	Motoren für gleichbleibende Drehzahl	1,2 × Leerlaufdrehzahl
4	Motoren mit Drehzahlstufen	1,2 × höchste Leerlaufdrehzahl
5	Motoren mit Drehzahlregelung	1,2 × höchste Leerlaufdrehzahl
6	Motoren mit Reihenschlussverhalten	1,2 × die auf dem Schild gestempelte Höchstdrehzahl, mindestens aber 1,5 × Nenndrehzahl

Bei Dampfturbinen ist ein Dampfschnellschlussventil anzuwenden, das bei Überschreitung der Nenndrehzahl um 10 % anspricht.

Sind auf dem Leistungsschild höhere betriebsmässig zulässige Drehzahlen vermerkt, dann sind zur Bestimmung der Schleuderdrehzahl diese Höchstdrehzahlen mit den in der Kolonne «Schleuderdrehzahl» angegebenen Faktoren zu vervielfachen.

P. Kommutation

(Dieses Kapitel wird später behandelt)

Q. Klemmen

190. Anordnung der Klemmen in einer Ebene parallel zur Achsrichtung

(Wird für kleine Maschinen verwendet)

Die räumliche Reihenfolge der Klemmen *UVW* soll, auf die Klemmen gesehen, so sein, dass von links nach rechts die alphabetische Reihenfolge eingehalten ist.

Toleranzen Tabelle VI

Nr.	Gegenstand	Toleranz
1	Wirkungsgrad nach a) Ziff. 112, 113, 114. b) Ziff. 111	 — 10 % von $(1-\eta)$ — 15 % von $(1-\eta)$ Minimum 0,007
2	Gesamtverluste	+ 10 % der Gesamtverluste
3	Leistungsfaktor $\cos\varphi$	± 1/6 von $(1-\cos\varphi)$ Minimum 0,02 Maximum 0,07
4	Spannungsänderung von Synchrongeneratoren	± 20 %
5	Stosskurzschlußstrom unter bestimmten Bedingungen	± 30 %
6	Dauerkurzschlußstrom bei bestimmter Erregung	± 15 %
7	Kippmoment von Motoren	— 10 %
8	Anzugsmoment von Motoren	± 10 %
9	Schlupf von Induktionsmotoren	± 20 %
10	Anlaufstrom von Kurzschlussankermotoren	+ 20 %
11	a) Drehzahl von Nebenschluss-Gleichstrommotoren (bei Nennleistung und Betriebstemperatur) b) Drehzahl von Reihenschluss-Gleichstrommotoren (bei Nennleistung und bei Betriebstemperatur)	kW pro 1000 U./m: Über ⅔, aber unter 2,5 [1]): ± 10 % Von 2,5...10: ± 7,5 % 10 und mehr: ± 5 % Über ⅔, aber unter 2,5 [1]): ± 15 % 2,5...10: ± 10 % 10 und mehr: ± 7,5 %
12	Spannungsänderung von Gleichstromgeneratoren mit Nebenschluss- oder Fremderregung	± 20 % der garantierten Spannungsänderung
13	Spannungsänderung von Gleichstromgeneratoren mit Kompounderregung	± 20 % der garantierten Spannungsänderung, Minimum 2 % der Nennspannung. (Diese Toleranz gilt für die Maximalabweichung der bei irgendeiner Belastung gemessenen Spannung von der Geraden, welche die Punkte der garantierten Spannung bei Leerlauf und bei Nennleistung verbindet.)
14	Drehzahländerung (von Leerlauf bis Nennleistung) von Gleichstrom-Nebenschluss- und Kompound-Motoren	± 20 % der garantierten Änderung, Minimum 0,2 % der Nenndrehzahl

[1]) Nicht anwendbar für Motoren mit einer Nennleistung unter 1 kW.

191. Anordnung der Klemmen in einer Ebene senkrecht zur Achsrichtung

(Wird für grosse Maschinen verwendet)

Die räumliche Reihenfolge der Klemmen *UVW* soll der Drehrichtung des Rotors entsprechen. Beim Lauf der Maschine passiert also ein am Rotorumfang gedachter Punkt nacheinander die Klemmen *UVW*, desgleichen bei offen herausgeführtem Nullpunkt nacheinander die Klemmen *XYZ*.

192. Ausnahmefälle

Lassen sich wegen konstruktiven Schwierigkeiten die Ableitungen nicht in der verlangten Reihenfolge aus der Maschine herausführen, so werden die Klemmen ohne Rücksicht auf die räumliche Reihenfolge nach der zeitlichen Phasenfolge bezeichnet.

In Mass- und Schaltbildern ist auf die Abweichung von der normalen Klemmenanordnung aufmerksam zu machen.

193. Erdungsklemme

An den Maschinen, wenn möglich am Gehäuse, ist ein Erdungsanschluss vorzusehen, der ausreichend bemessen, als Erdungsanschluss, d. h. gelb, gekennzeichnet und leicht zugänglich sein muss.

Wellen brauchen nicht besonders geerdet zu werden, solange mindestens *ein* Lager geerdet ist.

R. Toleranzen und Garantien

200. Definition

Toleranz ist die höchstzulässige Abweichung des festgestellten Wertes von dem nach den Bestimmungen dieser Regeln garantierten Werte. Sie soll den unvermeidlichen Ungleichmässigkeiten in der Beschaffenheit der Rohstoffe, Ungenauigkeiten in der Fabrikation und Messfehlern Rechnung tragen.

201. Anwendung

Garantien brauchen nicht auf alle in Tabelle VI enthaltenen Grössen gegeben zu werden. Werden Garantien gegeben, so muss dies besonders vereinbart werden, und die Toleranzen müssen Tabelle VI entsprechen.

S. Ursprungszeichen und Schilder

210. Ursprungszeichen

Jede Maschine muss den Namen des Herstellers oder dessen Firmenzeichen tragen.

Wird die Wicklung der Maschine von einem anderen als ihrem Hersteller geändert (teilweise oder vollständige Umwicklung, Umschaltung oder Ersatz), so muss die ändernde Firma *neben* dem Ursprungsschild ein weiteres Schild anbringen, das den Namen der Firma, die neuen Angaben der Maschine und die Jahreszahl der Änderung enthält.

211. Leistungsschild

Jede Maschine muss ein Leistungsschild tragen. Dieses soll so befestigt werden, dass es auch im Betriebe bequem gelesen werden kann.

Auf dem Leistungsschild sind deutlich und haltbar folgende *Angaben* entsprechend den Nennwerten anzubringen:

1. Art der Maschine
2. Typenbezeichnung
3. Fabrikationsnummer
4. Nennleistung
5. Betriebsart
6. Nenndrehzahl
7. Nennspannung, bei Induktionsmaschinen auch Nenn-Rotorstillstandspannung
8. Nennstrom, bei Induktionsmaschinen auch Nenn-Rotorstrom
9. Nennleistungsfaktor
10. Schaltart der Statorwicklung und bei Induktionsmaschinen auch der Rotorwicklung
11. Nennerregerspannung
12. Erregerstrom für Nennbetrieb
13. Nennfrequenz
14. Berücksichtigte Regeln (SEV)
15. Evtl. Schleuderdrehzahl
16. Evtl. Kühlmitteltemperatur

Bemerkungen

Zu 1: Angegeben wird die Arbeitsart und die Anzahl Phasen der Maschine.

Zu 5: Fehlt hier eine Angabe, so wird angenommen, die Maschine sei für Dauerbetrieb bestimmt.

Zu 6: Bei Motoren mit Seriecharakteristik und bei solchen Motoren, die betriebsmässig auf höhere Drehzahlen als die Nenndrehzahl angetrieben werden können (z. B. Hebezeugmotoren), ist ausser der Nenndrehzahl die höchstzulässige Drehzahl anzugeben.

Zu 7 und 10: Bei Drehstrommotoren mit mehr als einer Nennspannung ist für jede Nennspannung die zugehörige Schaltung anzugeben.

Zu 8: Stromangaben können abgerundet werden. Angaben über den Strom von Motoren und Induktionsgeneratoren sind als angenähert zu betrachten. Die Abrundung kann betragen:

bei kleinen Motoren	ca. 4 %
bei grossen Maschinen	ca. 2 %

Zu 9: Leistungsfaktorangaben von Induktionsmaschinen sind als angenähert zu betrachten.

Zu 10: Die Schaltart wird mit den Symbolen nach SEV-Publ. Nr. 104 «Graphische Symbole für Starkstromanlagen», Gruppe I, angegeben. Bei Dreiphasenrotoren wird kein Vermerk gemacht.

212. Mehrfache Stempelungen

Bei Maschinen, die für zwei oder mehrere Nennbetriebe bestimmt sind, sind für jeden Nennbetrieb entsprechende Leistungs-, Strom- usw. Angaben zu machen, nötigenfalls auf mehreren Schildern.

Wenn eine Maschine in einem Spannungsbereich arbeitet, der den in Ziff. 140 festgesetzten Bereich überschreitet, so sind die Grenzspannungen und die zu ihnen gehörenden Angaben zu vermerken.

Bei Motoren für mehrere Drehzahlen sind die Grenzdrehzahlen und die zu ihnen gehörenden Angaben zu vermerken.

Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, herausgegeben vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein als gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke. — Redaktion: Sekretariat des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, Telephon (051) 34 12 12, Postcheck-Konto VIII 6133, Telegrammadresse Elektroverein Zürich. — Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet. — Das Bulletin des SEV erscheint alle 14 Tage in einer deutschen und in einer französischen Ausgabe, ausserdem wird am Anfang des Jahres ein «Jahresheft» herausgegeben. — Den Inhalt betreffende Mitteilungen sind an die Redaktion, den Inseratenteil betreffende an die Administration zu richten. — Administration: Postfach Hauptpost, Zürich 1 (Adresse: AG. Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei, Stauffacherquai 36/40, Zürich 4), Telephon (051) 23 77 44, Postcheck-Konto VIII 8481. — Bezugsbedingungen: Alle Mitglieder erhalten 1 Exemplar des Bulletins des SEV gratis (Auskunft beim Sekretariat des SEV). Abonnementspreis für Nichtmitglieder im Inland Fr. 40.— pro Jahr, Fr. 25.— pro Halbjahr, im Ausland Fr. 50.— pro Jahr, Fr. 30.— pro Halbjahr. Abonnementsbestellungen sind an die Administration zu richten. Einzelnummern im Inland Fr. 3.—, im Ausland Fr. 3.50.