

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 41 (1950)
Heft: 23

Rubrik: Communications ASE

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 25.12.2024

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

$$R_0 = R_e \quad (5)$$

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:

$$R_0 = \frac{U_0^2}{4 P_a} \quad (6)$$

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:

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

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

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

$$R_0 = \frac{U_0^2}{8 P_a} \quad (8)$$

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 Erdschlussrichtungsrelais 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 dienen 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 zwi-

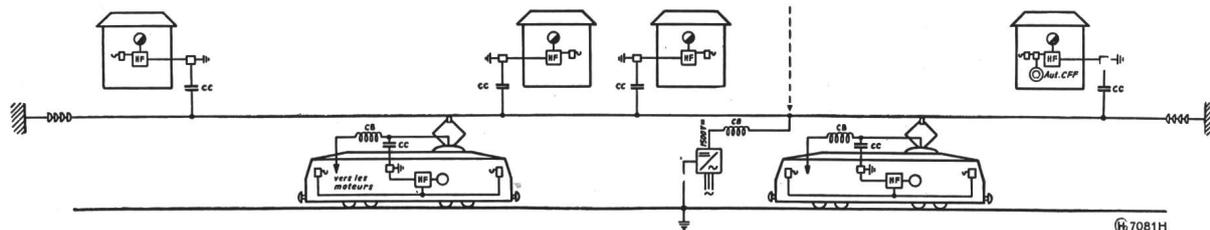


Fig. 3

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

- | | | |
|--|---|---|
|  Sperrdrosselspule |  Umformergruppe | } zur Speisung der Hochfrequenz-Station |
|  Kopplungskondensator |  Netzgleichrichter | |
|  Hochfrequenz-Station |  Schutzübertrager | |

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

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

schen 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 Fahrdrabtspannung und die Stromart (Gleich- oder Wechselstrom) beeinflussen das Übertragungsprinzip nicht, sondern nur die erforderlichen Sicherheitsmassnahmen.

Nach diesem Prinzip werden die mit den Sprachfrequenzen modulierten Hochfrequenzströme über den Stromabnehmer der Lokomotive auf den Fahrdrabt 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 Fahrdrabt verbunden. Er ist mit einer Fadingausgleichschaltung versehen, damit die Lautstärke der Gespräche auch bei wechsell-



Fig. 4

Hochfrequenz-Telephonapparate für Gespräche über den Fahrdrabt

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

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 Impulserien für automatische Wahl oder auch einfache

Morsezeichen zu übermitteln und einen oder zugleich mehrere Teilnehmer aufzurufen.

Um den uneingeschränkten Gegenseprechverkehr 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 Morsezeichen 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 Drahttelefonanlage. Durch diesen ersten Erfolg ermutigt, hat die Hasler A.-G. bereits neue Versuchsgeräte entwickelt, die auf dem Einseitenbandprinzip beruhen. Die erzielte bessere Ausnutzung 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 Castiglione.

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

Statistique de l'énergie électrique

des entreprises livrant de l'énergie à des tiers

Elaborée par l'Office fédéral de l'économie électrique et l'Union des Centrales Suisses d'électricité

Cette statistique comprend la production d'énergie de toutes les entreprises électriques livrant de l'énergie à des tiers et disposant d'installations de production d'une puissance supérieure à 300 kW. On peut pratiquement la considérer comme concernant toutes les entreprises livrant de l'énergie à des tiers, car la production des usines dont il n'est pas tenu compte ne représente que 0,5 % environ de la production totale.

La production des chemins de fer fédéraux pour les besoins de la traction et celle des entreprises industrielles pour leur consommation propre ne sont pas prises en considération. La statistique de la production et de la distribution de ces entreprises paraît une fois par an dans le Bulletin.

Mois	Production et achat d'énergie											Accumulation d'énergie				Exportation d'énergie		
	Production hydraulique		Production thermique		Energie achetée aux entreprises ferroviaires et industrielles		Energie importée		Energie fournie aux réseaux		Différence par rapport à l'année précédente	Energie emmagasinée dans les bassins d'accumulation à la fin du mois		Différences constatées pendant le mois - vidange + remplissage				
	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	
	en millions de kWh											%	en millions de kWh					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Octobre.....	646	600	10	22	33	37	15	17	704	676	- 4,0	985	844	-129	-123	23	30	
Novembre...	600	534	21	33	21	28	26	55	668	650	- 2,7	807	722	-178	-122	22	22	
Décembre...	617	551	23	28	14	29	28	63	682	671	- 1,6	520	609	-287	-113	23	26	
Janvier.....	544	564	24	21	19	31	15	50	602	666	+10,6	324	406	-196	-203	19	21	
Février.....	437	501	33	13	18	32	13	44	501	590	+17,8	179	291	-145	-115	18	19	
Mars.....	473	597	22	4	23	28	13	29	531	658	+24,1	110	186	- 69	-105	17	22	
Avril.....	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	
Juin.....	730	805	1	2	48	50	4	4	783	861	+10,0	506	799	+215	+365	76	119	
Juillet.....	702	865	2	1	52	51	5	4	761	921	+21,0	688	1073	+182	+274	85	170	
Août.....	623	889	2	1	53	52	2	4	680	946	+39,1	883	1179	+195	+106	51	176	
Septembre..	637	900	2	1	52	40	5	5	696	946	+35,9	967 ¹⁾	1192 ²⁾	+ 84	+ 13	54	166	
Oct.-mars...	3317	3347	133	121	128	185	110	258	3688	3911	+ 6,1					122	140	
Avril-sept. ..	4027	4824	12	9	273	266	25	33	4337	5132	+18,3					348	745	
Année.....	7344	8171	145	130	401	451	135	291	8025	9043	+12,7					470	885	

Mois	Distribution d'énergie dans le pays																
	Usages domestiques et artisanat		Industrie		Electrochimie, métallurgie, thermie		Chaudières électriques ¹⁾		Traction		Pertes et énergie de pompage ²⁾		Consommation en Suisse et pertes				
	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	Différence % ³⁾	avec les chaudières et le pompage	
	en millions de kWh																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Octobre.....	287	281	127	122	93	87	26	13	43	47	105	96	651	629	- 3,4	681	646
Novembre...	292	293	126	122	75	60	8	7	46	51	99	95	635	616	- 3,0	646	628
Décembre...	309	307	129	118	67	60	3	5	53	62	98	93	655	635	- 3,1	659	645
Janvier.....	280	314	109	116	50	54	3	5	55	63	86	93	578	639	+10,6	583	645
Février.....	229	269	96	105	38	48	3	6	48	56	69	87	479	560	+16,9	483	571
Mars.....	240	296	98	115	43	64	6	14	48	54	79	93	505	616	+22,0	514	636
Avril.....	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
Juin.....	239	250	106	114	108	100	106	126	32	35	116	117	579	593	+ 2,4	707	742
Juillet.....	246	256	110	115	111	109	57	120	34	36	118	115	598	612	+ 2,3	676	751
Août.....	254	265	113	121	100	109	19	118	36	35	107	122	595	637	+ 7,1	629	770
Septembre..	257	281	115	123	97	106	22	114	39	39	112	117	603	656	+ 8,8	642	780
Oct.-mars...	1637	1760	685	698	366	373	49	50	293	333	536	557	3503	3695	+ 5,5	3566	3771
Avril-sept. ..	1508	1596	654	687	610	609	346	590	209	232	662	673	3538	3698	+ 4,5	3989	4387
Année.....	3145	3356	1339	1385	976	982	395	640	502	565	1198	1230	7041	7393	+ 5,0	7555	8158

¹⁾ Chaudières à électrodes.

²⁾ Les chiffres entre parenthèses représentent l'énergie employée au remplissage des bassins d'accumulation par pompage.

³⁾ Colonne 15 par rapport à la colonne 14.

⁴⁾ Energie accumulée à bassins remplis: Sept. 1949 = 1170 Mio kWh; Sept. 1950 = 1310 Mio kWh.

⁵⁾ Dans le premier trimestre de l'année précédente la consommation était fortement restreinte.

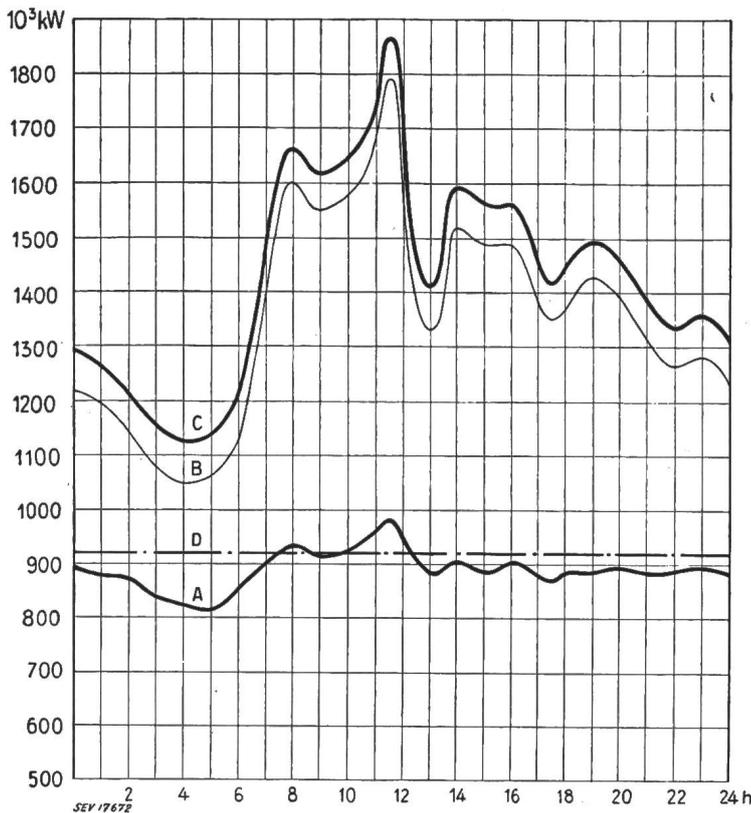


Diagramme de charge journalier du mercredi

13 septembre 1950

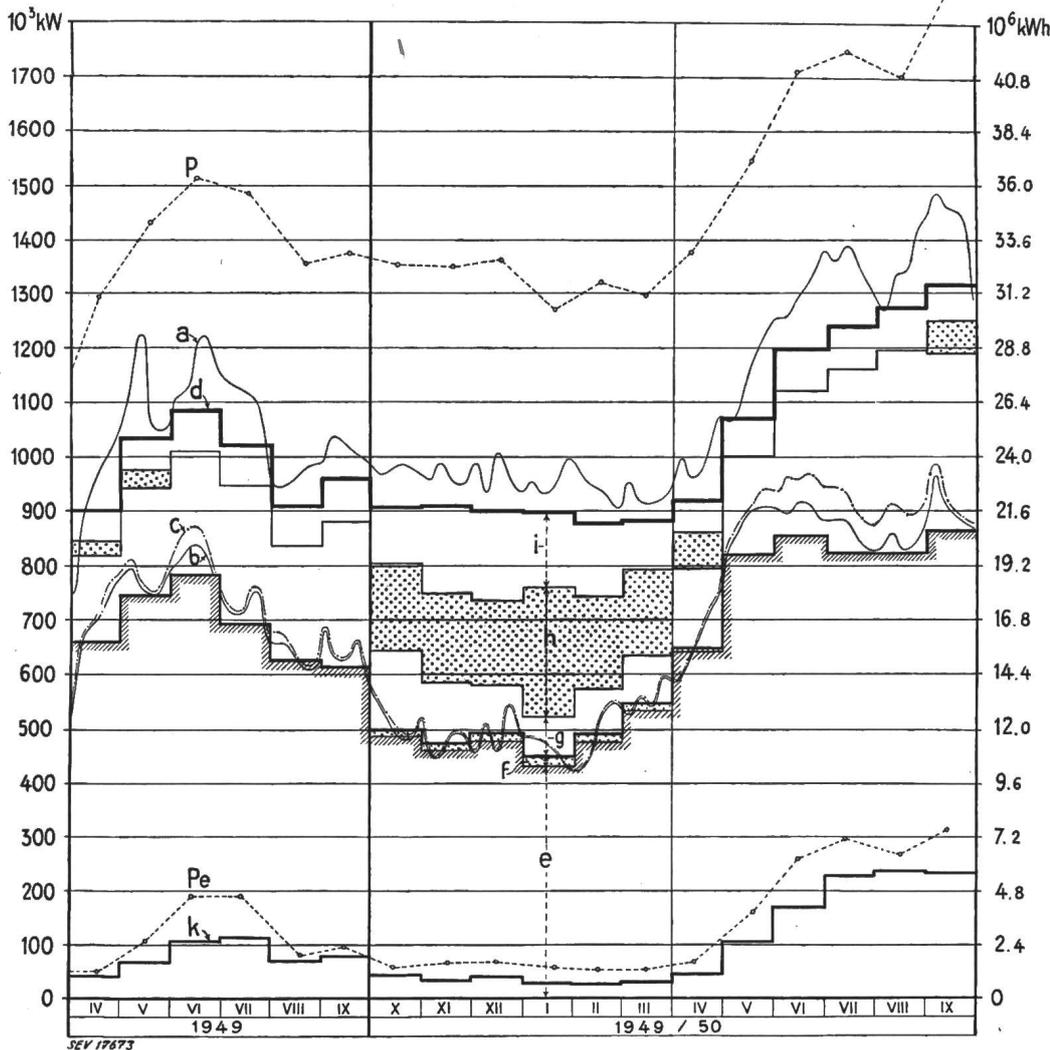
Légende:

1. Puissances disponibles: 10³ kW
 Usines au fil de l'eau, disponibilités d'après les apports d'eau (O-D) 921
 Usines à accumulation saisonnière (au niveau maximum) 1010
 Puissance totale des usines hydrauliques 1931
 Réserve dans les usines thermiques 155

2. Puissances constatées
 0—A Usines au fil de l'eau (y compris usines à bassin d'accumulation journalière et hebdomadaire).
 A—B Usines à accumulation saisonnière.
 B—C Usines thermiques + livraisons des usines des CFF, de l'industrie et importation.

3. Production d'énergie 10⁶ kWh
 Usines au fil de l'eau 21,6
 Usines à accumulation saisonnière 11,6
 Usines thermiques 0
 Livraison des usines des CFF, de l'industrie et importation 1,8
 Total, mercredi, le 13 septembre 1950 35,0

Total, samedi, le 16 septembre 1950 30,0
 Total, dimanche, le 17 septembre 1950 21,5



Production du mercredi et production mensuelle

Légende:

1. Puissances maxima: (chaque mercredi du milieu du mois)
 P de la production totale;
 P_e de l'exportation.

2. Production du mercredi: (puissance ou quantité d'énergie moyenne)
 a totale;
 b effective d. usines au fil de l'eau;
 c possible d. usines au fil de l'eau.

3. Production mensuelle: (puissance moyenne mensuelle ou quantité journalière moyenne d'énergie)
 d totale;
 e des usines au fil de l'eau par les apports naturels;
 f des usines au fil de l'eau par les apports provenant de bassins d'accumulation;
 g des usines à accumulation par les apports naturels;
 h des usines à accumulation par prélèvement s. les réserves accumul.;
 i des usines thermiques, achats aux entreprises ferrov. et indust. import.;
 k exportation;
 d—k consommation dans le pays.

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 dependence 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

Literatur — Bibliographie

621.396

Nr. 10 605

Le memento 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.

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 $3 \times 220/380$ 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 Anleihswege 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. Kleinstüber (Pintsch A.-G., Konstanz): Probleme und praktische Ausführungen elektronischer Steuerungen von Gleichstrommotoren (Montag, 18. Dez. 1950).

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 memento 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 distancées 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 Maxwell'schen Theorie gestellt, aus welcher sich Elektro- und Magnetostatik als Spezialfälle ergeben. Der zweite Teil bringt die Ableitung der verschiedenartigen elektrischen Erscheinungen aus den Maxwell'schen 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 Lorentz'sche 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 Maxwell'schen 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 Lorentz'sche 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 Lorentz'schen 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.*

Estampilles d'essai et procès-verbaux d'essai de l'ASE

I. Marque de qualité



B. Pour interrupteurs, prises de courant, coupe-circuit à fusibles, boîtes de jonction, transformateurs de faible puissance, douilles de lampes, condensateurs.

----- pour conducteurs isolés.

Interrupteurs

A partir du 1^{er} octobre 1950.

Spälti Fils & Cie, Zurich.

Marque de fabrique: 

Interrupteurs tripolaires à boutons-poussoirs, pour 500 V, 10 A.

Exécution: Contacts en argent.

a) Pour locaux secs:

Type 30-A-10: interrupteurs nus, sans coffret, ni plaque frontale.

Type 31-A-10: interrupteurs à incorporer, avec plaque frontale en tôle.

Type 35-A-10: interrupteurs à adosser, avec coffret en matière isolante moulée.

b) Pour locaux secs ou mouillés:

Type 34-A-10: interrupteurs à adosser, avec coffret en tôle.

A partir du 15 octobre 1950.

Fr. Ghielmetti & Cie S. A., Soleure.

Marque de fabrique: 

Interrupteurs pour 500 V, 6 A ~.

Exécution: Interrupteurs avec des doigts de contact en argent. Boîtier en fonte de métal léger.

Utilisation: dans des locaux mouillés, pour montage sur moteurs.

Type HMGW: interrupteur bipolaire pour démarrage de moteurs monophasés avec phase auxiliaire.

H. Amberg & Cie, Fabrique d'appareils électriques, Zurich.

Marque de fabrique: Plaque signalétique

Interrupteur sous coffret pour 15 A, 500 V.

Utilisation: pour montage apparent dans des locaux mouillés.
 Type 3946: Interrupteur de réglage pour lessiveuses, avec 4 gradins de réglage. Interrupteur avec 6 coupe-circuit et lampe de signalisation. Boîtier en tôle.

Boîtes de jonction

A partir du 1^{er} octobre 1950.

Carl Maier & Cie, Schaffhouse.

Marque de fabrique: **CMC**

Bornes sur rails, unipolaires pour 500 V, 6 et 16 mm².
 Exécution: Support en stéatite, pour fixation à une barre profilée.

A partir du 15 octobre 1950.

A. Roesch & Co., Koblenz.

Marque de fabrique: 

Boîtes de jonction pour 380 V.

Utilisation: pour montage sur crépi, dans les locaux secs.
 Exécution: socle en stéatite, couvercle en matière isolante moulée brune ou blanche.

	Forme U pour 1 mm ²	Forme carrée pour 1 mm ²	Forme U pour 2,5 mm ²
--	-----------------------------------	--	-------------------------------------

avec 3 bornes de raccordement type MKR	N° 1931,....w	N° 1971,....w	N° 1951,....w
avec 4 bornes de raccordement type MKR	N° 1932,....w	N° 1972,....w	N° 1952,....w
avec 3 bornes de raccordement type KKR	N° 1933,....w	N° 1973,....w	N° 1953,....w
avec 4 bornes de raccordement type KKR	N° 1934,....w	N° 1974,....w	N° 1954,....w
avec 3 bornes de raccordement type MtK	N° 1935,....w	N° 1975,....w	N° 1955,....w
avec 4 bornes de raccordement type MtK	N° 1936,....w	N° 1976,....w	N° 1956,....w
avec 3 bornes de raccordement type MKK	N° 1937,....w	N° 1977,....w	N° 1957,....w
avec 4 bornes de raccordement type MKK	N° 1938,....w	N° 1978,....w	N° 1958,....w

Conducteurs isolés

A partir du 1^{er} octobre 1950.

S. A. des Produits électrotechniques Siemens, Zurich.
 Représentant de la Siemens-Schuckertwerke A.-G., Erlangen (Allemagne), Kabelwerk Neustadt-Coburg.

Fil distinctif de firme: rouge-blanc-vert-blanc, imprimé.
 Conducteurs à gaine de caoutchouc Cu-Gd (GDn) d'une section de 2 x 0,75 mm², deux conducteurs souples avec isolation en caoutchouc.

A partir du 15 octobre 1950.

Suhner & Co., Herisau.

Fil distinctif de firme: brun, noir imprimé.
 Câbles à haute tension pour installations de tubes luminescents, admis jusqu'à une tension maximum à vide de 10 kV, type TvH, 7 mm Ø, conducteur souple d'une section de cuivre de 1,5 mm², sous double couche isolante à base de polyéthylène et de chlorure de polyvinyle.

Prises de courant

A partir du 15 octobre 1950.

Electro-Mica S. A., Mollis.

Marque de fabrique: 

Fiches 2 P + T pour 10 A, 380 V ~.
 Utilisation: dans des locaux secs.
 Exécution: corps de fiche en matière isolante moulée noire.
 N° 2440: Type 4, Norme SNV 24 512.

III. Signe «antiparasite» de l'ASE



Sur la base l'épreuve d'admission, subie avec succès, selon le § 5 du Règlement pour l'octroi du signe «antipara-

site» de l'ASE [voir Bull. ASE t. 25(1934), n° 23, p. 635...639, et n° 26, p. 778], le droit à ce signe a été accordé:

A partir du 15 octobre 1950.

Turmix S. A., Muntelier (FR).

Marque de fabrique:



Mélangeurs.

Type B, 220 V, 50 Hz, 330 W.
 Type C, 220 V, 50 Hz, 420 W.

Rodolphe Schmidlin & Co. S. A., Sissach.

Marque de fabrique: SIX MADUN

Cireuse «Six Madun».
 Modèle BL 4. Tension 220 V. Puissance 300 W.

IV. Procès-verbaux d'essai

[Voir Bull. ASE t. 29(1938), N° 16, p. 449.]

Valable jusqu'à fin septembre 1953.

P. N° 1342.

Objet: Luminaire antidéflagrant pour lampe fluorescente

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 24 830, du 22 sept. 1950.
 Commettant: Huco, Huser Frères & Cie, Münchwilen (TG).

Inscriptions:
 sur le luminaire:

HUCO

sur l'appareil auxiliaire:

Elektroapparatebau Ennenda
 Fr. Knobel 
 Typ 220 RO t Ka 

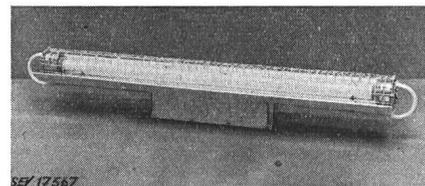
sur le condensateur:

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



Description:

Luminaire pour éclairage uniforme par lampe fluorescente, destiné à des locaux présentant des dangers d'explosion. La lampe tubulaire est protégée par un grillage contre



les déprédations et assurée contre tout dégagement intempêtif par un manchon en anticorrosion. Appareil auxiliaire avec enroulement et starter thermique dans boîtier en tôle garni de masse isolante. Toutes les connexions sont soudées. Utilisation: dans des locaux présentant des dangers d'explosion.

P. N° 1343.

Objet: Appareil auxiliaire pour lampe fluorescente

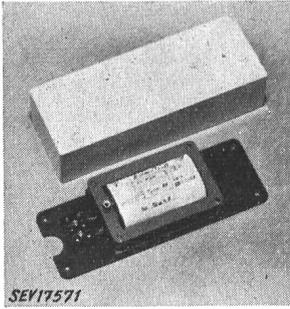
Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 25 392, du 2 octobre 1950.

Commettant: F. Gehrig & Cie, Ballwil (LU).

Inscriptions:

 F. Gehrig + Co. 
 Ballwil (Luz)
 Type AK

25 Watt 220 V 0,285 A 50 ~ No. 1025P

**Description:**

Appareil auxiliaire, selon figure, pour lampe fluorescente de 25 W, sans coupe-circuit thermique, ni starter. Enroulement en fil de cuivre émaillé. Plaque de base en papier bakérisé, couvercle en tôle d'aluminium. Bornes sur base en matière isolante moulée brune.

Cet appareil auxiliaire a subi avec succès des essais analogues à ceux prévus dans les «Prescriptions pour transformateurs de faible puissance» (Publ. n° 149 f). Utilisation: dans des locaux secs ou temporairement humides.

Les appareils de cette exécution portent la marque de qualité de l'ASE; ils sont soumis à des épreuves périodiques.

Valable jusqu'à fin septembre 1953.

P. N° 1344.

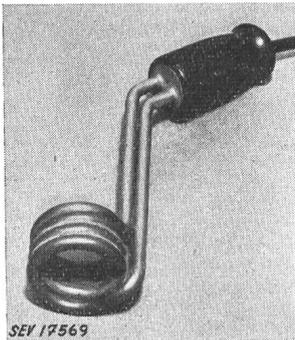
Objet: **Thermoplongeur**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 23 207b, du 27 sept. 1950.

Committant: Ultratherme S. A., Wallstrasse 11, Bâle.

Inscriptions:

ULTRA
V 220 W 1000

**Description:**

Thermoplongeur, selon figure. Barre chauffante sous gaine de cuivre de 9 mm de diamètre, enroulée en boudin. Poignée en matière isolante. Bornes de raccordement dans la poignée. Cordon de raccordement à trois conducteurs sous double gaine isolante, avec fiche 2 P + T. Poids, y compris cordon et fiche: 700 g.

Ce thermoplongeur a subi avec succès les essais relatifs à la sécurité.

P. N° 1345.

Objet: **Coussin chauffant**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 25 437, du 4 octobre 1950.

Committant: Jura, Fabriques d'appareils électriques, L. Henzirohs S. A., Niederbuchsiten.

Inscriptions:

 
RECORD
V ~ 220 W 80 No. 01

Description:

Coussin chauffant de 28 x 38 cm. Cordon chauffant isolé à l'amianté et cousu à l'extérieur de deux draps disposés l'un sur l'autre, le tout étant recouvert d'une housse cousue en tissu caoutchouté et d'une housse en flanelle. Deux régulateurs de température dans un boîtier métallique commun, enclenchés en série à tous les échelons. Cordon de raccordement rond, avec fiche et interrupteurs de réglage.

Ce coussin chauffant est conforme aux «Conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les coussins chauffants électriques» (Publ. n° 127 f), ainsi qu'au «Règlement pour l'octroi du signe distinctif antiparasite» (Publ. n° 117 f).

Valable jusqu'à fin septembre 1953.

P. N° 1346.

Objet: **Machine à laver**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 24 744, du 26 sept. 1950.

Committant: Wyss Frères, Fabrique de machines à laver, Büron (LU).

Inscriptions:

Wyss

Gebrüder Wyss Büron/Luz.
Waschmaschinenfabrik
ETHA
Scherer & Hanselmann
Elektrische Heizungen
Olten

Typ GR1 V 3 x 380 Dat. 2.50 W 7500

sur le moteur:



D Mot.
Type KDWn 075
Δ Y 235/400 V
920 T/min

No. 36823 Lo
1/2 PS int.
1,9/1,1 A
50 Per.

**Description:**

Machine à laver, selon figure, avec chauffage électrique et commande par moteur triphasé à induit en court-circuit. Réservoir avec quatre barres chauffantes horizontales. Chauffage par rayonnement à l'extérieur de la cuve. Régulateur de température incorporé actionnant un interrupteur à distance pour le chauffage. Tambour tournant alternativement dans un sens et dans l'autre. Bornes de raccordement sur base en matière céramique. Poignées isolées.

Cette machine à laver a subi avec succès les essais relatifs à la sécurité. Utilisation: dans des locaux mouillés.

P. N° 1347.

Objet: **Brûleur de résine**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 25 415, du 28 septembre 1950.

Committant: Appareils électriques, Fr. Knobel & Cie, Ennenda (GL).

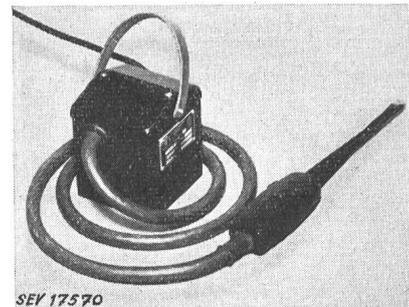


Inscriptions:

Elektro-Apparatebau Ennenda
Fr. Knobel & Co. 
1 Phas. 50 ~ 2 b
Typ 220 EL 2 Ausfg. S No. 205298
U₁ 220 V N 100 VA

Description:

Appareil, selon figure, pour faire fondre les inclusions de résine des bois de menuiserie, comportant un transformateur



et un brûleur à ruban incandescent pour chauffage direct à forte intensité. Ruban fixé à de robustes amenées de courant, avec poignée en matière isolante moulée. Cordon à plusieurs

conducteurs sous gaine de caoutchouc, reliant le transformateur et le brûleur. Bouton-poussoir commandant le circuit primaire dans la poignée. Cordon de raccordement rond à deux conducteurs fixé au transformateur, avec fiche.

Cet appareil a subi avec succès des essais analogues à ceux prévus dans les «Prescriptions pour transformateurs de faible puissance» (Publ. n° 149 f). Utilisation: dans des locaux secs.

Les appareils de cette exécution portent la marque de qualité de l'ASE; ils sont soumis à des épreuves périodiques.

Valable jusqu'à fin octobre 1953.

P. N° 1348.

Objet: **Dictaphone**

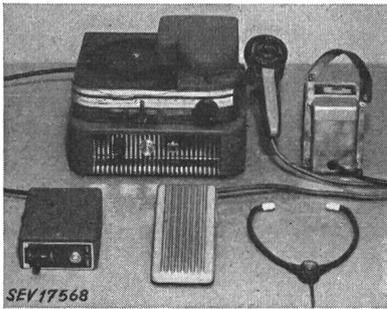
Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 24 814, du 6 octobre 1950.

Committant: Westrex Company, Viaduktstrasse 60, Bâle.

Inscriptions:

GRAY
AUDIOGRAPH 
R

110—120 Volts 50 Cycle A. C. 85 VA
Serial No: 125511
The Gray Manufacturing Co., Hartford, Conn.
Made in U. S. A.



Description:

Appareil, selon figure, pour l'enregistrement direct de la parole ou de conversations téléphoniques sur pellicules en

matière plastique et pour leur reproduction. Amplificateur avec transformateur de réseau à enroulements séparés. Commande par moteur monophasé à induit en court-circuit. Redresseur sec pour la tension de manœuvre. Transformateur à enroulements séparés pour abaisser à 110 V la tension du réseau de 110...220 V. Petits fusibles dans les circuits primaire et secondaire du transformateur de réseau. Microphone à main avec interrupteur incorporé, serre-tête et interrupteur à pédale. Translateur d'entrée pour téléphone, logé dans un coffret en tôle séparé.

Cet appareil est conforme aux «Prescriptions pour appareils de télécommunication» (Publ. n° 172 f).

Valable jusqu'à fin septembre 1953.

P. N° 1349.

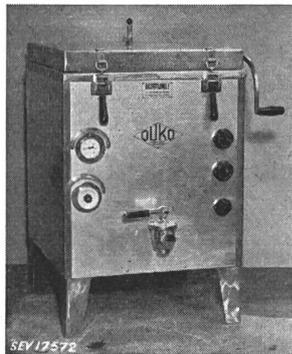
Objet: **Appareil de cuisson**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 25 076a, du 28 sept. 1950.

Committant: S. A. Schmutz & Bähler, Thormannmätteliweg, Berne.

Inscriptions:

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



Description:

Appareil de cuisson, selon figure, pour boucheries, charcuteries, etc. Récipient calorifugé en acier inoxydable, avec chauffage par le fond et chauffage latéral. Commutateurs de réglage, régulateur de température, contacteur, lampe de signalisation et thermomètre à aiguille. Dispositif de serrage et soupape de sûreté dans le couvercle. Cordon de raccordement à 4 conducteurs sous gaine de caoutchouc, introduit par un presse-étoupe.

Toutes les poignées sont isolées.

Cet appareil de cuisson a subi avec succès les essais relatifs à la sécurité. Utilisation: dans des locaux mouillés.

Communications des organes des Associations

Les articles paraissant sous cette rubrique sont, sauf indication contraire, des communiqués officiels des organes de l'ASE et de l'UCS

Nécrologie

Nous déplorons la perte de Monsieur *Hugo Gyulai*, chef d'exploitation de l'Elektra Bucheggberg, membre de l'ASE depuis 1943, décédé le 17 juillet 1950 à Soleure, à l'âge de 67 ans. Nous présentons nos sincères condoléances à la famille en deuil et à l'Elektra Bucheggberg.

Nous déplorons la perte de Monsieur *Hans Ast*, directeur technique de la Filature de la Lorze à Baar, membre collectif de l'ASE et de l'UCS, décédé le 14 octobre 1950 à Paris, lors d'un voyage, à la suite d'une attaque, à l'âge de 48 ans. Nous présentons nos sincères condoléances à la famille en deuil et à la Filature de la Lorze.

Nous déplorons la perte de Monsieur *Hans Schütze-Wildner*, chef et associé de la maison Schütze & Co., Zurich, membre collectif de l'ASE, décédé le 19 octobre 1950 à Zurich, à l'âge de 72 ans. Nous présentons nos sincères condoléances à la famille en deuil et à la maison Schütze & Co.

Nous déplorons la perte de Monsieur *Walter Frick*, professeur d'électrotechnique au Technicum de Winterthour,

membre de l'ASE depuis 1927, décédé en pleine activité à Winterthour, le 31 octobre 1950, à l'âge de 54 ans. Nous présentons nos sincères condoléances à la famille en deuil et au Technicum Winterthour.

Conférences à l'EPF sur la lumière et la technique de l'éclairage

Organisées par le Comité Suisse de l'Eclairage

Comme déjà indiqué dans le Bulletin¹⁾, une série de conférences sur la lumière, l'éclairage et la technique de l'éclairage ont commencé, le 20 octobre 1950, dans le cadre du colloque électrotechnique de l'Institut électrotechnique de l'EPF.

Les conférences ont lieu chaque vendredi de 17 h 15 à 19 h 00 à l'auditoire n° 15c du bâtiment de physique de l'EPF, Gloriastrasse 35, Zurich 6.

Les conférences suivantes seront encore données: 17 novembre 1950, Prof. Dr H. König: Licht-Messtechnik.

¹⁾ voir Bull. ASE t. 41(1950), n° 21, p. 816.

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

1^{er} et 8 décembre 1950, Dipl. Ing. *J. Guanter* et *H. Kessler*: Lampen.

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

Les autres conférences suivront dès Nouvel-An dans l'ordre ci-dessous; les dates seront communiquées ultérieurement.

Prof. R. Spieser: Beleuchtungstechnik (4 heures).

M. Roesgen: Verkehrsbeleuchtung (en langue française) (2 heures).

Prof. R. Spieser: Beleuchtungskunst (4 heures).

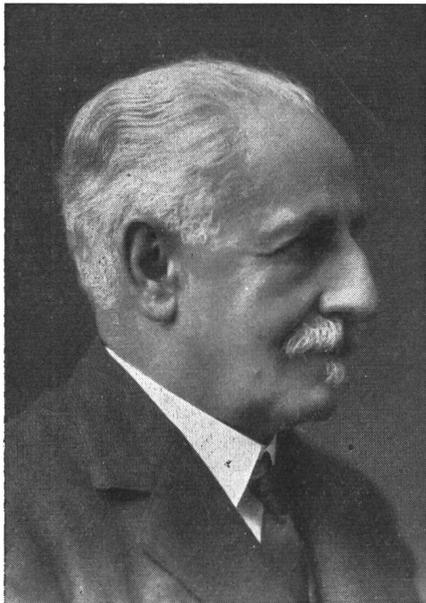
(Un architecte): Architektur und Licht (2 heures).

Dipl. Ing. *E. Bitterli*: Beleuchtungshygiene (2 heures).

Monsieur Emil Bitterli, Dr h. c., fête ses 90 ans

Le 20 novembre 1950, M. Emil Bitterli, Dr h. c., Berne, cofondateur et membre honoraire de l'ASE, fêtera en bonne santé ses 90 ans.

M. Bitterli qui est le dernier survivant de la génération des fondateurs de l'ASE (1889), étudia les mathématiques à l'Ecole Polytechnique Fédérale, s'intéressa à l'électrotechnique et fut engagé, en 1887, en qualité d'ingénieur par la



Société Zurichoise des Téléphones, dont il devint par la suite le directeur. De nombreux pionniers de l'électrotechnique et de l'économie électrique suisse ont fait des stages plus ou moins longs dans cette entreprise. De 1894 à 1911, M. Bitterli fut directeur des Ateliers de Construction Oerlikon. Il devint ensuite membre de la direction de la Compagnie Générale d'Electricité, à Paris, dont il fut nommé administrateur-délégué à partir de 1919. Il rendit de très grands services à cette importante entreprise française, notamment dans le domaine de la fabrication.

Nommé membre honoraire de l'ASE en 1911, M. Bitterli reçut en 1930 de l'Ecole Polytechnique Fédérale le titre de docteur honoris causa ès sciences techniques, «en reconnaissance de son admirable activité comme ingénieur et administrateur».

M. Bitterli a droit à notre vive reconnaissance pour les inestimables services qu'il a rendus, pendant de longues années, à notre Association et à ses institutions. Vrai pionnier de l'électrotechnique, M. Bitterli fait honneur à notre pays. Nous tous qui lui sommes redevables de tant de choses, nous lui adressons nos vœux les plus sincères à l'occasion de sa fête.

Comité Technique 2/14 du CES

Machines électriques et transformateurs

Le CT 2/14 a tenu sa 28^e séance le 20 octobre 1950, à Zurich, sous la présidence de M. E. Dünner.

M. O. Hess, de la S. A. Brown, Boveri & Cie, présenta un rapport sur la réunion de la CIGRE, Groupe des machines électriques, et M. H. Schneider, des Ateliers de Construction Oerlikon, un rapport sur la réunion de Paris, 1950, du Comité d'Etudes des transformateurs de la CIGRE.

Pour compléter la publication des Recommandations pour l'emploi de condensateurs de grande puissance destinés à améliorer le facteur de puissance d'installations à basse tension (Publ. n° 185 f), M. Jean-Richard s'est chargé de rédiger pour le Bulletin de l'ASE un article consacré à l'équipement des machines-outils avec des condensateurs destinés à compenser la puissance réactive des moteurs d'entraînement. De plus, le CT a envisagé l'envoi d'une circulaire aux fabricants de machines-outils, afin d'attirer leur attention sur l'utilité de cette mesure.

En juillet 1950, à Paris, le Comité d'Action de la CEI a décidé à l'unanimité, moins la voix de la Suisse, d'établir des normes de dimensions pour les moteurs électriques. Les travaux en ce sens commenceront à la réunion de Londres, en novembre 1950. Le CT 2/14 a décidé de se faire représenter à cette réunion, afin d'empêcher l'établissement de normes susceptibles d'entraver le développement de ces machines. Il assistera également à la réunion de la CEI consacrée à l'échelonnement des puissances des turboalternateurs.

Le CT a reçu un rapport sur les travaux de son sous-comité des vernis qui préconise l'établissement d'une classe d'isolement pour une limite d'échauffement plus élevée. Il envisage en conséquence l'établissement de deux nouvelles classes d'isolement, à savoir une classe H pour un échauffement admissible de 125 °C et une classe F pour 100 à 105 °C.

Il a été décidé que les documents 14 (Secrétariat) 4, 5 et 6 seront examinés par le sous-comité des transformateurs, en tenant compte des directives élaborées par le CT 28.

Une séance se tiendra prochainement pour s'occuper d'une normalisation des essais des tôles pour aimants, proposée par M. F. Buchmüller, directeur du Bureau fédéral des poids et mesures.

Comité Technique 28 du CES

Coordination des isolements

Sous-comité des installations à basse tension

Ce sous-comité a tenu sa 3^e séance le 31 octobre 1950, à Olten, sous la présidence de M. H. Wüger, président. M. K. Berger, ingénieur chargé des essais de la Commission de l'ASE et de l'UCS pour l'étude des questions relatives à la haute tension (FKH) fit tout d'abord un exposé sur les phénomènes caractéristiques des tensions et courants de choc, afin de préciser certaines notions à l'intention des membres de ce sous-comité. L'après-midi, les participants à cette séance se rendirent à la station d'essai de la FKH, à Gösgen, où ils assistèrent à diverses expériences avec des tensions et des courants de choc particulièrement élevés qui complétèrent l'exposé de M. Berger.

L'ordre du jour de la 2^e séance fut ensuite poursuivi, par la discussion des groupes des coupe-circuit principaux, des compteurs, etc., ainsi que des interrupteurs.

Il a été décidé que le sous-comité se bornera, pour le moment, à la coordination des isolements des appareils à basse tension installés à demeure. Les appareils mobiles seront néanmoins considérés lorsque le cas se présentera.

La prochaine séance aura lieu le 29 novembre 1950, à Zurich, afin de poursuivre aussi activement que possible la discussion des autres points de l'ordre du jour de la 2^e séance.

Demandes d'admission comme membre de l'ASE

Les demandes d'admission suivantes sont parvenues au Secrétariat de l'ASE depuis le 29 juillet 1950:

a) comme membre collectif:

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) comme membre individuel:

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.
Führer Arthur, Elektrotechniker, Luzernerweg 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, Österreich).
Poizat 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) comme membre étudiant:

Bühler Hansruedi, stud. el. tech., Balderstr. 38, Bern.
Grubenmann Josef, stud. el. tech., Rinckenbach, 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.
Zübli Fritz, stud. el. tech., Uetlibergstr. 123, Zürich 45.

Liste arrêtée au 1^{er} novembre 1950.

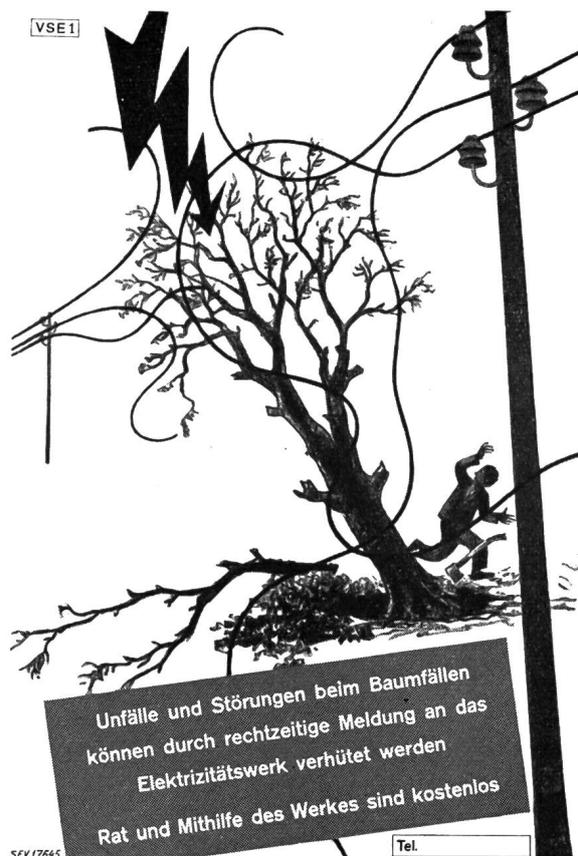
Affiches de prévention des accidents

A la demande d'entreprises électriques, l'UCS a prévu d'établir une série d'affiches de prévention des accidents et des perturbations.

Une première affiche concernant la prévention des accidents lors de l'abattage d'arbres a été établie.

L'affiche ci-dessous, en deux couleurs et de format 23,2 x 34,3 cm, est livrable en deux exécutions: pour être collée ou suspendue, respectivement posée. Elle est destinée à être placée chez les marchands de fer, les quincaillers, dans les locaux de vente de coopératives agricoles, etc., ainsi qu'à l'affichage dans les laiteries et fromageries, aux places d'affichage officielles, dans les gares et aux haltes des entre-

prises de transports publics, près des postes de transformation, etc.



Texte français:

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

Texte italien:

Evitate gli incidenti e i disturbi causati dal taglio di piante avvisando in tempo l'Azienda elettrica che vi consiglierà e aiuterà gratuitamente.

Les commandes sont à adresser au Secrétariat de l'UCS, Seefeldstrasse 301, Zurich 8, qui orientera sur les prix. Des modèles d'annonces pour des insertions dans les journaux seront également délivrés aux entreprises qui en feront la demande.

Règles pour les machines électriques tournantes

Le Comité de l'ASE publie ci-après le projet des nouvelles Règles pour machines électriques tournantes. Celles-ci sont appelées à remplacer les publications nos 108 et 108a pour tout ce qui touche aux machines électriques tournantes. Ce projet, élaboré par le Comité Technique 2¹⁾, a été approuvé par le CES.

Le Comité invite les membres à étudier ce projet et à faire parvenir leurs observations, en deux

¹⁾ Pour l'élaboration de ces règles, la composition du CT 2 était la suivante:

- H. Abegg, Ingénieur en chef à la S. A. Brown, Boveri & Cie, Baden.
- W. Bänninger, Ingénieur, Secrétaire du CES, Zurich.
- F. Christen, Ingénieur à la S. A. Electro-Watt, Zurich.
- E. Dünner, Professeur à l'Ecole Polytechnique Fédérale, Zurich.
- E. Eglin, Ingénieur à la S. A. des Ateliers de Sécheron, Genève.
- Dr E. Juillard, Professeur à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne, Lausanne.
- J. Kristen, Adjoint à la direction des Ateliers de Construction Oerlikon, Zurich 50.

Dr Ing. M. Krondl, Chef du Bureau d'études des Ateliers de Construction Oerlikon, Zurich 50.

M. Landolt, Professeur au Technikum de Winterthur, Winterthur.

H. Marty, Directeur de la S. A. des Forces Motrices Bernoises, Berne.

A. Métraux, Vice-Directeur de la S. A. Emil Haefely, Bâle.

H. Schiller, Ingénieur en chef à la S. A. Motor Columbus, Baden.

E. Schneebeli, Ingénieur à la Station d'Essai des matériaux de l'ASE, Zurich.

J. Wettler, Chef de la Section pour l'exploitation d'énergie à la Division des Usines électriques des Chemins de Fer Fédéraux, Berne.

W. Zobrist, Ingénieur d'exploitation à la S. A. des Forces motrices du Nord-Est de la Suisse, Baden.

La présidence était tenue par M. E. Dünner, professeur à l'Ecole Polytechnique Fédérale, Zurich; le secrétaire du Comité était M. H. Abegg de la S. A. Brown, Boveri & Cie, Baden.

Les travaux de détail ont été conduits par un sous-comité qui comprenait, sous la présidence de M. E. Dünner, MM. H. Abegg, W. Bänninger, Dr M. Krondl (Ateliers de Construction Oerlikon) et Dr W. Wanger (S. A. Brown, Boveri & Cie, Baden) lesquels s'associèrent, selon que le besoin s'en faisait sentir, le concours de multiples spécialistes. Pour l'élaboration du chapitre «rendement et pertes», les maisons Ateliers de Construction Oerlikon et Brown Boveri ont fourni les éléments nécessaires, y compris des études expérimentales, la première concernant les machines à induction, la seconde concernant les machines synchrones.

exemplaires, au Secrétariat de l'ASE, Seefeldstrasse 301, Zurich 8, jusqu'au 31 décembre 1950. Si aucune objection n'est formulée dans ce délai, le Comité admettra que les membres de l'ASE sont d'accord avec ce projet et décidera de la mise en vigueur de ces Règles.

Règles Projet pour les machines électriques tournantes

Table des matières

Préface

A. Introduction

1. Objet
2. Domaine d'application
 - a) Altitude
 - b) Température de l'agent de refroidissement
 - c) Courbe de la tension primaire
 - d) Symétrie des systèmes polyphasés

3. Symboles littéraux et signes

B. Définitions

10. Genres de machines
11. Eléments des machines
12. Service nominal
13. Tension et courant
 - a) Généralités
 - b) Symétrie
 - c) Forme sinusoïdale des courbes de tension
 - d) Tension et courant dans les machines triphasées
 - e) Tension et courant dans les machines à courant diphasé

14. Mode de fonctionnement

15. Puissance
 - a) Puissance apparente
 - b) Puissance réactive
 - c) Puissance active et puissance mécanique
 - d) Puissance nominale d'un alternateur
 - e) Puissance nominale d'un moteur
 - f) Puissance fournie
 - g) Puissance absorbée

16. Facteur de puissance

17. Rendement

18. Excitation
 - a) Auto-excitation
 - b) Excitation propre
 - c) Excitation indépendante

19. Couples
 - a) Couple initial de démarrage d'un moteur
 - b) Couple minimum de démarrage d'un moteur
 - c) Couple d'accrochage d'un moteur synchrone
 - d) Couple maximum d'un moteur

20. Modes de refroidissement et de ventilation
 - a) Auto-refroidissement
 - b) Auto-ventilation
 - c) Ventilation séparée
 - d) Refroidissement indirect par circulation d'eau
 - e) Refroidissement direct par circulation d'eau

21. Caractéristiques de vitesse de rotation
 - a) Moteurs à vitesse constante
 - b) Moteurs à vitesse quasi constante
 - c) Moteurs à vitesse très variable

22. Variation de vitesse

C. Valeurs normales

30. Fréquences

31. Tensions
32. Vitesses de rotation
33. Facteurs de puissance

D. Genres de services nominaux

40. Classification
41. Service continu nominal
42. Service temporaire nominal
43. Service intermittent nominal
44. Service continu nominal à charge intermittente

E. Modes de protection

F. Dispositions générales concernant les essais

70. Essais
71. Position des balais

G. Echauffement

80. Définition de l'échauffement
81. Durée de l'essai d'échauffement
 - a) En service continu nominal
 - b) En service temporaire nominal
 - c) En service intermittent nominal et en service continu nominal à charge intermittente
82. Méthode de mesure des températures
 - a) Méthode par thermomètre
 - b) Méthode par résistance
 - c) Méthode de mesure par indicateurs internes de température

83. Application des diverses méthodes pour la mesure de la température des enroulements

84. Température de l'agent refroidissant

85. Mesure de la température de l'agent refroidissant au cours des essais

86. Correction des mesures effectuées après l'arrêt de la machine

87. Résistance initiale

88. Tableau des limites des échauffements

89. Enroulements pour plus de 11 000 V

90. Collecteurs et bagues

91. Machines destinées à fonctionner à une température supérieure à 40 °C pour l'air et à 25 °C pour l'eau de refroidissement

92. Classification des matières isolantes selon leur résistance à la chaleur

93. Classe 0

94. Classe A

95. Classe B

96. Classe C

97. Classe D

98. Isolants constitués par des matières différentes

H. Résistance d'isolement

100. Essais de rigidité diélectrique

J. Rendement et pertes

110. Généralités

111. Détermination du rendement par mesure de la puissance absorbée et de la puissance fournie (Modalités d'exécution des mesures)
112. Détermination du rendement par la méthode calorimétrique (Modalités d'exécution des mesures)
113. Détermination du rendement par la méthode par récupération
114. Détermination du rendement par la méthode par pertes séparées
- I. Détermination des pertes séparées dans les machines synchrones*
120. Détermination des pertes à vide dans les machines synchrones
121. Détermination des pertes d'excitation dans les machines synchrones
122. Détermination des pertes en charge dans les machines synchrones
123. Modalités des mesures pour la détermination des pertes dans le fer, mécaniques et supplémentaires des machines synchrones
- II. Détermination des pertes séparées dans les machines à induction polyphasées*
124. Détermination des pertes à vide dans les machines à induction polyphasées
125. Détermination des pertes en charge dans les machines à induction polyphasées
- K. Tension et variation de tension**
140. Limites de tension
141. Définitions
142. Forme sinusoidale des courbes de tension
143. Détermination de la tension de fuites de l'induit
144. Détermination de la variation de tension et du courant d'excitation
- L. Court-circuit**
150. Généralités
151. Définitions
152. Epreuve de court-circuit
- M. Surcharge**
160. Généralités
161. Couple maximum des machines à induction
- N. Démarrage**
170. Définitions
171. Couple minimum de démarrage
172. Détermination des caractéristiques de démarrage
- O. Essais mécaniques et prescriptions**
180. Sens de rotation
181. Machines prévues pour les deux sens de rotation
182. Essai d'emballement
- P. Communication**
- Q. Bornes**
190. Disposition des bornes dans un plan parallèle à l'axe de la machine
191. Disposition des bornes dans un plan perpendiculaire à l'axe de la machine
192. Exceptions
193. Borne de mise à la terre
- R. Tolérances et garanties**
200. Définition
201. Application
- S. Marques d'origine et plaques**
210. Marque d'origine
211. Plaque signalétique
212. Indications multiples
- a) L'agent refroidissant est de l'air
- b) Agents refroidissants liquides
- A. Pertes à vide
- B. Pertes d'excitation
- C. Pertes en charge
- a) Pertes Joule
- b) Pertes supplémentaires
- a) Méthode du fonctionnement en moteur à vide
- b) Méthode du ralentissement
- c) Méthode du moteur auxiliaire taré
- d) Méthode du dynamomètre
- e) Méthode calorimétrique
- a) Charge sous tension nominale
- b) Charge sous tension réduite
- c) Diagramme du cercle
- a) Tension interne
- b) Tension de fuites de l'induit
- c) Variation de tension
- a) Par la méthode de Fischer-Hinnen avec le diagramme de Potier
- b) Par mesure de la réactance avec rotor enlevé
- c) Par mesure de la réactance avec rotor calé
- a) Méthode directe
- b) Méthode indirecte
- a) Courant de court-circuit de choc
- b) Composante continue du courant initial de court-circuit
- c) Composante alternative (valeur efficace) du courant initial de court-circuit
- d) Courant permanent de court-circuit
- a) Courant de démarrage
- b) Tension du rotor à l'arrêt

Préface

Le 1^{er} mai 1934, la première édition des Règles pour machines électriques est entrée en vigueur (publication n° 108). Elle correspondait, mot pour mot, à la publication 34 de la Commission Electrotechnique Internationale (1930). Le 1^{er} janvier 1940 sont entrées en vigueur quelques adjonctions et modifications d'ordre matériel (publ. n° 108a), tenant compte des nouvelles décisions de la CEI. Ces règles (publ. n°s 108 et 108a) contenaient, en substance, uniquement les spécifications ayant pour objet la durée des machines, telles que l'échauffement et la rigidité diélectrique. Dès le début, il s'avéra nécessaire de refaire les Règles de telle manière qu'elles permettent de juger des qualités d'une machine en considérant ses performances et cela en spécifiant les méthodes de détermination du rendement, de l'essai d'emballement, etc. La CEI n'ayant pas encore élaboré de telles règles, le Comité Technique 2 du Comité Electrotechnique Suisse se

vit contraint, ayant les compétences en la matière, de procéder lui-même à leur élaboration en prenant constamment en considération les règles importantes existant déjà à l'étranger (Amérique, Allemagne, Angleterre, France, etc.).

Les règles de la CEI, actuellement en vigueur, ont été entièrement retenues et même, autant que possible, utilisées selon leur texte même. Le présent projet ne diffère par conséquent des publications n^{os} 108 et 108a que par son caractère plus complet.

Cependant, il y subsiste encore quelques lacunes concernant certains genres de machines. Par exemple, les définitions traitant de la méthode par pertes séparées dans la détermination du rendement des machines à courant continu font encore défaut; la commutation n'y a également pas encore été étudiée. Ces quelques lacunes seront comblées ultérieurement.

Les publications n^{os} 108 et 108a concernent également les transformateurs, alors que le présent projet se limite au domaine des machines tournantes. Des Règles pour transformateurs sont actuellement en préparation; celles-ci auront le même caractère détaillé et complet que les présentes Règles pour machines tournantes. Jusqu'à la parution des nouvelles Règles, les publications n^{os} 108 et 108a régiront le domaine des transformateurs.

Dans les cas douteux, le texte allemand fera foi, à moins que le texte français ne corresponde au texte du fascicule 34 de la CEI.

Remarque: La mise en vigueur du présent projet entraînera très probablement l'annulation de la publication n^o 108b, Dérogations aux règles suisses pour les machines électriques.

A. Introduction

1. Objet

Les présentes Règles ont pour objet d'unifier les caractéristiques de service et les garanties qui doivent être spécifiées dans les commandes de machines électriques tournantes, et de définir les méthodes de vérification de ces données.

2. Domaine d'application

Ces Règles s'appliquent aux machines tournantes et groupes de machines, sans limitation de tension ou de puissance, sous réserve des cas spécifiés dans d'autres Règles et Prescriptions.

Elles ne concernent toutefois pas les machines destinées à la traction sur voie ferrée et sur route.

Lorsque certaines dispositions se rapportent uniquement aux machines synchrones ou aux machines à induction, cela est expressément indiqué.

Il est présumé que les machines doivent fonctionner dans les conditions ci-après:

a) *Altitude.* En l'absence d'indications au sujet de l'altitude du lieu où la machine sera installée, cette altitude est supposée ne pas dépasser 1000 m au-dessus du niveau de la mer. Pour une altitude supérieure, les conditions seront fixées selon entente.

Pour les machines à basse tension jusqu'à 100 kW, l'altitude maximum du lieu de montage est portée à 1500 m, sans qu'une entente particulière soit nécessaire.

b) *Température de l'agent de refroidissement.* Sauf spécification contraire, on admettra que la température ne dépasse pas 40 °C pour l'air, ni 25 °C pour l'eau de refroidissement.

Les machines destinées à fonctionner en service dans des emplacements où la température maximum de l'air dépasse 40 °C ou celle de l'eau de refroidissement 25 °C seront soumises aux dispositions du chiffre 91.

Remarque:

Les machines ne doivent pas être soumises à des charges dépassant la charge nominale ou à des conditions s'éloignant des conditions nominales à moins que l'on ne soit informé qu'elles peuvent satisfaire à ces conditions.

c) *Courbe de la tension primaire.* Sauf spécification contraire, on admettra que la tension d'alimentation de la machine est pratiquement sinusoïdale (voir chiffre 13).

d) *Symétrie des systèmes polyphasés.* Sauf spécification contraire, on admettra que tous les systèmes de courants et de tensions polyphasés appliqués aux machines sont pratiquement symétriques (voir chiffre 13).

3. Symboles littéraux et signes

Les symboles littéraux et signes utilisés dans les présentes Règles sont ceux qui figurent dans la Publication de l'ASE n^o 192 df, Règles et Recommandations pour les symboles littéraux et signes.

B. Définitions

10. Genres de machines

Les machines synchrones sont des machines à courant alternatif, dont la fréquence des tensions induites est dans un rapport constant avec la vitesse de rotation.

Les turbo-machines sont des machines à rotor lisse entraînées par une turbine à vapeur ou à gaz, de même que toute autre machine à courant alternatif de construction analogue, destinée à fonctionner à des vitesses élevées.

Les machines asynchrones sont des machines à courant alternatif dont la vitesse de rotation n'est pas dans un rapport constant avec la fréquence du réseau et se modifie avec la charge.

Les machines à induction sont des machines asynchrones sans collecteur, dont une partie seulement (d'ordinaire le stator) est reliée au réseau, l'autre partie (d'ordinaire le rotor) travaillant par induction. Au lieu de la désignation correcte de «moteur à induction» on utilise souvent la désignation plus générale de «moteur asynchrone».

Les moteurs à cage d'écuréuil sont des moteurs à induction, dont l'enroulement du rotor est constitué par des barres reliées à chaque extrémité par un anneau, qui les court-circuite.

Les moteurs à induit bobiné sont des moteurs à induction, dont l'enroulement polyphasé de leur rotor est relié soit à des bagues («moteurs à bagues»), soit aux bornes d'un démarreur centrifuge («moteurs à démarreur centrifuge»).

11. Eléments des machines

Le stator est la partie fixe de la machine, le rotor en est la partie tournante. L'induit est la partie de la machine dans l'enroulement de laquelle des tensions électriques sont engendrées par rotation dans un champ magnétique ou par la rotation d'un tel champ. L'enroulement d'excitation est la partie de la machine dans laquelle circule le courant continu qui produit le champ magnétique.

12. Service nominal

Le service nominal d'une machine électrique est fixé par le genre de service (voir chiffre 40) et les autres conditions de service qui lui sont assignés par le constructeur, à savoir le genre de service nominal et les valeurs nominales de la puissance, de la vitesse, de la tension, du courant, de la fréquence, du facteur de puissance, de la température de l'agent refroidissant, etc., telles qu'elles sont indiquées sur la plaque signalétique.

13. Tension et courant

a) Généralités

Sauf indications contraires, les tensions alternatives et les courants alternatifs stipulés sont des valeurs efficaces.

La notion de courant alternatif englobe aussi bien le courant monophasé que le courant polyphasé.

b) Symétrie

Un système polyphasé est considéré comme pratiquement symétrique, si chacune des composantes inverse et homopolaire ne dépasse pas 5 % de la composante directe.

Dans le cas des systèmes polyphasés pratiquement symétriques, c'est la moyenne arithmétique des grandeurs qui entre en considération.

c) Forme sinusoïdale des courbes de tension

Une courbe de tension est considérée comme pratiquement sinusoïdale, si aucune des valeurs instantanées de l'onde ne diffère de la valeur instantanée de l'onde fondamentale, observée au même moment, de plus de 5 % de la valeur maximum de l'onde fondamentale.

Remarque:

Diverses méthodes sont applicables à la détermination de l'onde fondamentale d'une courbe de tension. Cette

onde peut, par exemple, être mise en évidence à l'aide de filtres électriques ou être déterminée d'après un relevé oscillographique au moyen d'un analyseur harmonique. Pour analyser l'onde fondamentale selon une méthode graphique d'après la courbe de tension relevée oscillo-

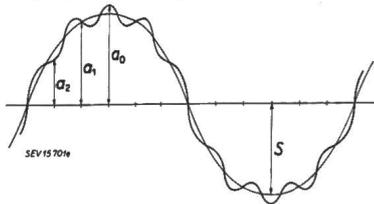


Fig. 1
Forme sinusoïdale
des courbes de
tension

graphiquement, il y a lieu d'utiliser au moins 12 points d'une période de cette courbe. Lorsqu'il s'agit de courbes qui sont symétriques dans tous les quarts de période, la valeur de crête de l'onde fondamentale s'obtient par la formule:

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

où a_0 est la valeur instantanée dans l'axe de symétrie, tandis que a_1 et a_2 sont des valeurs instantanées voisines, distantes de la première de $1/12$ et $2/12$ de période (fig. 1).

d) Tension et courant dans les machines triphasées

La tension composée ou, par abréviation, la tension, est la différence de potentiel entre deux bornes principales.

La tension étoilée est la différence de potentiel existant entre le point neutre réel ou supposé et une borne principale.

Le courant d'une machine est celui qui passe par une borne; lorsqu'il y a plusieurs bornes par phase, il s'agit de la somme de courants qui passent par ces bornes.

e) Tension et courant dans les machines à courant diphasé

La tension est celle d'un enroulement monophasé. Le courant est celui qui passe par un enroulement monophasé.

14. Mode de fonctionnement

Une génératrice (ou aussi alternateur pour le courant alternatif) est une machine tournante qui produit de l'énergie électrique par transformation d'énergie mécanique.

Un moteur est une machine tournante qui produit de l'énergie mécanique par transformation d'énergie électrique.

Un compensateur est une machine tournante qui fournit ou absorbe de la puissance en majeure partie réactive.

Un convertisseur est une machine tournante (par exemple une commutatrice) ou un groupe de machines (groupe convertisseur) qui transforme un système de courants, de tensions ou de fréquences en un système d'un autre genre.

15. Puissance

a) La puissance apparente d'une machine monophasée est le produit de la tension par le courant.

La puissance apparente d'une machine polyphasée avec tensions et courants pratiquement symétriques est le produit de la tension par le courant et par le facteur de phase ($\sqrt{3}$ dans le cas du courant triphasé). Il s'agit des moyennes arithmétiques des tensions et des courants des diverses phases.

Les unités de la puissance apparente sont le volt-ampère (VA), le kilovolt-ampère (kVA) et le mégavolt-ampère (MVA).

b) La puissance réactive d'une machine monophasée ou polyphasée avec tensions et courants pratiquement symétriques est définie, en valeur absolue, par la formule:

$$\text{Puissance réactive} = \sqrt{(\text{Puissance apparente})^2 - (\text{Puissance active})^2}$$

On dit qu'une machine synchrone surexcitée fournit de la puissance réactive (comme un condensateur), tandis qu'une machine synchrone sous-excité absorbe de la puissance réactive (comme une bobine de réactance).

Les unités de la puissance réactive sont le var (Var), le kilovar (kVar) et le mégavar (MVar).

Commentaire: Les expressions «puissance réactive capacitive» et «puissance réactive inductive» sont à éviter; conformément à la définition, il y a lieu d'utiliser les expressions

«puissance réactive fournie» et «puissance réactive absorbée», car il n'existe qu'une seule sorte de puissance réactive.

c) Les unités de la puissance active et de la puissance mécanique sont le watt (W), le kilowatt (kW) et le mégawatt (MW).

Remarque:

En pratique, il est encore souvent fait usage du cheval (1 ch = 0,736 kW) pour la puissance mécanique; la Commission Electrotechnique Internationale recommande toutefois exclusivement le watt et ses multiples décimaux.

d) La puissance nominale d'un alternateur synchrone est sa puissance apparente; celle d'un alternateur à induction est sa puissance active, les deux aux bornes, en régime nominal.

e) La puissance nominale d'un moteur est la puissance mécanique disponible à l'arbre, en régime nominal.

f) La puissance fournie est la puissance active aux bornes, dans le cas des génératrices, la puissance mécanique fournie à l'arbre, dans le cas des moteurs, et la puissance active fournie aux bornes secondaires, dans le cas des convertisseurs.

g) La puissance absorbée est la puissance mécanique absorbée par l'arbre, dans le cas des génératrices, la puissance active absorbée aux bornes, dans le cas des moteurs, et la puissance active absorbée aux bornes primaires, dans le cas des convertisseurs.

16. Facteur de puissance

Lorsqu'il s'agit de tensions et de courants pratiquement sinusoïdaux, le facteur de puissance ($\cos \varphi$) est le rapport de la puissance active à la puissance apparente.

17. Rendement

Le rendement η d'une machine ou d'un groupe de machines est le rapport de la puissance fournie à la puissance absorbée.

18. Excitation

a) L'auto-excitation d'une machine est l'excitation par un courant qu'elle produit elle-même ou qui est fourni à son induit par le réseau.

b) L'excitation propre d'une machine est l'excitation assurée par une excitatrice qui lui est accouplée et qui fonctionne uniquement dans ce but.

c) L'excitation indépendante (ou séparée) d'une machine est l'excitation par une source de courant autre que celles indiquées en a) et b).

19. Couples

a) Le couple initial de démarrage d'un moteur est le couple stationnaire le plus faible qu'il développe lorsqu'il est alimenté sous la tension nominale à fréquence nominale, son rotor étant au repos dans n'importe quelle position.

b) Le couple minimum de démarrage d'un moteur est le couple le plus faible qu'il développe durant la période d'accélération entre l'arrêt et la pleine vitesse nominale, lorsqu'il est alimenté sous la tension nominale à fréquence nominale.

c) Le couple d'accrochage d'un moteur synchrone est le couple de charge constante maximum auquel il synchronise les masses tournantes accouplées, sous tension nominale à fréquence nominale, après l'enclenchement de son excitation.

d) Le couple maximum d'un moteur est le couple le plus élevé qu'il peut développer sous tension nominale à fréquence nominale, à la suite d'une augmentation graduelle du couple de charge, sans calage ni changement brusque de sa vitesse.

Commentaires:

Ces définitions s'entendent pour des machines équipées des appareils nécessaires à un démarrage ou à un service correct.

Concernant a) et b):

N'entrent en ligne de compte pour un moteur synchrone que si celui-ci est prévu pour le démarrage en asynchrone.

Concernant c):

La vitesse à laquelle un moteur non excité peut fonctionner sous charge dépend de ce couple. La synchronisation du moteur sous charge, à partir de cette vitesse, dépend toutefois du moment d'inertie des masses tournantes. Le couple d'accrochage diffère en conséquence selon la valeur de ce moment d'inertie.

20. Modes de refroidissement et de ventilation

a) **Auto-refroidissement:** L'air de refroidissement est déplacé sous l'effet des parties tournantes de la machine, sans l'aide d'un ventilateur.

b) **Auto-ventilation:** L'air de refroidissement est déplacé sous l'effet d'un ventilateur solidaire du rotor ou entraîné par celui-ci.

c) **Ventilation séparée:** L'air de refroidissement est déplacé sous l'effet de ventilateurs entraînés par des moteurs séparés.

d) **Refroidissement indirect par circulation d'eau:** L'air (ou un autre agent de refroidissement approprié) est déplacé en circuit fermé et refroidi par de l'eau courante dans un réfrigérateur disposé en dehors de la machine.

e) **Refroidissement direct par circulation d'eau:** La machine est directement refroidie par de l'eau courante.

Remarque:

Lorsque le refroidissement par circulation d'eau ne concerne que des paliers, la machine ne rentre pas dans cette catégorie de refroidissement.

21. Caractéristiques de vitesse de rotation

Selon le rapport entre la vitesse de rotation et la puissance fournie, on distingue les cas suivants:

a) **Moteurs à vitesse constante.** La vitesse est indépendante de la puissance fournie (par exemple moteurs synchrones).

b) **Moteurs à vitesse quasi constante** (comportement shunt). La vitesse ne se modifie que faiblement avec la puissance fournie (par exemple moteurs shunt et à induction).

c) **Moteurs à vitesse très variable** (comportement série). La vitesse augmente fortement avec la diminution de la charge (par exemple moteurs série et à répulsion).

Remarque:

Il existe des catégories intermédiaires entre a) et b), notamment dans le cas des moteurs compound, des moteurs shunt de très faible puissance et des moteurs à répulsion avec enroulement amortisseur.

22. Variation de vitesse

La variation de vitesse d'un moteur est l'accroissement de la vitesse entre la marche à pleine charge et la marche à vide, la tension et la fréquence demeurant inchangées.

C. Valeurs normales

30. Fréquences

Les fréquences nominales normalisées sont celles de 50 Hz et de 16 $\frac{2}{3}$ Hz.

31. Tensions

Pour les moteurs, les tensions nominales normales sont celles qui figurent dans la Publication de l'ASE n° 159 f, Valeurs normales des tensions, fréquences et courants, chiffre 21 (colonne «Installations, générateurs et récepteurs»), chiffre 24 (colonne «Installations et récepteurs») et chiffre 27 (colonne «Tension nominale U_n »). Pour les génératrices et les compensateurs de phase, les tensions sont de 5 % plus élevées.

32. Vitesses de rotation

Les nombres de pôles normaux et les vitesses synchrones normales des machines à courant alternatif à 50 Hz sont indiqués au tableau I.

Tableau I

Nombre de pôles	Vitesse t./min	Nombre de pôles	Vitesse t./min
2	3000	(28)	(214 $\frac{2}{7}$)
4	1500	32	187 $\frac{1}{2}$
6	1000	(36)	(166 $\frac{2}{3}$)
8	750	40	150
10	600	48	125
12	500	(56)	(107 $\frac{1}{7}$)
16	375	64	93 $\frac{3}{4}$
20	300	(72)	(83 $\frac{1}{3}$)
24	250	80	75

() Les valeurs entre parenthèses doivent être évitées autant que possible.

Pour les machines à courant continu, les vitesses sont les mêmes, dans la mesure du possible.

33. Facteurs de puissance

(Pour les machines synchrones seulement)

Les facteurs de puissance normaux des alternateurs synchrones sont:

1,0 0,8 0,7

Sauf spécifications contraires, il est admis que le facteur de puissance nominal est de

0,8 pour les alternateurs synchrones,
1,0 pour les moteurs synchrones.

Remarque:

Les valeurs de 0,7 et 0,8 s'entendent pour un alternateur surexcité.

D. Genres de services nominaux

40. Classification

On distingue les services suivants:

- a) Service continu nominal.
- b) Service temporaire nominal.
- c) Service intermittent nominal.
- d) Service continu nominal à charge intermittente.

Le genre de service nominal doit figurer sur la plaque signalétique, à l'aide des abréviations indiquées au tableau II. A défaut d'indication, il sera admis que la machine est prévue pour le service continu nominal selon chiffre 41.

Tableau II

	Genre de service nominal	Abréviation
a	Service continu nominal	SC
b	Service temporaire nominal	ST
c	Service intermittent nominal	SI
d	Service continu nominal à charge intermittente	SCI
	concernant c: Durée relative d'enclenchement	DE
	concernant d: Durée relative de charge	

41. Service continu nominal

Le service continu nominal est celui qui peut être soutenu, durant l'essai, à la puissance nominale et aux autres conditions nominales, pendant un temps illimité, sans que les limites des échauffements indiquées au chapitre G soient dépassées. Toutes les autres prescriptions applicables des présentes Règles devront être également observées.

42. Service temporaire nominal

Le service temporaire nominal est celui qui peut être soutenu durant l'essai, à la puissance nominale et aux autres conditions nominales, en partant de l'état froid de la machine, pendant le temps spécifié pour ce service, sans que les limites des échauffements indiquées au chapitre G soient dépassées de plus de 10 °C. Le temps de fonctionnement convenu est moindre que celui requis pour atteindre l'équilibre thermique; des valeurs normales sont celles de 10, 30, 60 et 90 minutes.

43. Service intermittent nominal

Le service intermittent nominal est celui qui peut être soutenu durant l'essai, à la puissance nominale et aux autres conditions nominales, avec une suite illimitée de cycles identiques comprenant chacun une période de fonctionnement et une période de repos, sans que les limites des échauffements indiquées au chapitre G soient dépassées à la fin de la première moitié de la dernière période de fonctionnement observée, ni dépassées de plus de 10 °C à la fin de cette période. Durant la période de repos, la machine est déconnectée du réseau et n'est pas sous tension. A défaut de conventions spéciales, la durée du cycle est de 10 minutes lors de l'essai. Il y a lieu de convenir de la durée relative d'enclenchement (facteur de marche), c'est-à-dire du rapport de la durée de la période de fonctionnement à la durée du cycle; les durées relatives d'enclenchement de 15, 25, 40 et 60 % sont considérées comme normales.

44. Service continu nominal à charge intermittente

Le service continu nominal à charge intermittente correspond au service intermittent nominal selon chiffre 43, lorsque la machine demeure sous tension durant la période de repos du cycle. Il y a lieu de convenir de la durée relative de charge, c'est-à-dire du rapport de la durée de charge à la durée du cycle; les durées relatives de charge de 15, 25, 40 et 60 % sont considérées comme normales.

Remarque concernant les chiffres 42 à 44:

Les services sont, en pratique, généralement irréguliers, aussi bien quant à la valeur de la charge, que quant à la durée du cycle et à la composition de celui-ci. La durée du service (en ST) ou la durée du cycle et la durée d'enclenchement (en SI) ou de charge relative (en SCI) servant de base pour le choix du service nominal et par conséquent pour l'essai doit donc être déterminée sur une période de service suffisamment longue, en tenant également compte des travaux d'accélération et de freinage. Il doit être entendu que les conditions réelles de charge durant toute la durée de service ne provoquent pas d'échauffements supérieurs à la limite prescrite, dont le maintien est constaté lors de l'essai à la puissance nominale et pour le genre de service nominal.

E. Modes de protection

(Ce chapitre sera traité ultérieurement)

F. Dispositions générales concernant les essais

70. Essais

Les essais spécifiés dans les présentes Règles seront, autant que possible, effectués dans les ateliers du fabricant avec une machine neuve, sèche et prête au fonctionnement normal. Des essais effectués ailleurs ne sont admissibles que si l'on a toute garantie que les mesures pourront y être faites correctement et les prescriptions observées.

Les machines seront essayées avec leurs dispositifs de ventilation.

Le mode de protection de la machine ne doit pas être modifié pour l'essai d'échauffement.

71. Position des balais

Les dispositions concernant les essais des machines à calage fixe des balais s'entendent pour la position des balais prévue pour le régime nominal; cette position ne doit pas être modifiée au cours des essais.

G. Echauffement

80. Définition de l'échauffement

Dans le cas du service continu nominal (SC), intermittent nominal (SI) ou continu nominal à charge intermittente (SCI), l'échauffement d'un organe de machine est la différence entre sa température et celle de l'agent refroidissant qui arrive à cet organe; en cas de service temporaire nominal (ST), il s'agit de la différence entre la température de l'organe à la fin de l'essai et celle du début (voir aussi chiffre 88).

81. Durée de l'essai d'échauffement

a) En service continu nominal

Pour les machines à service continu nominal, l'essai d'échauffement durera assez longtemps pour qu'il soit évident que l'échauffement maximum ne dépasserait pas les limites spécifiées dans le tableau III si l'essai était prolongé jusqu'à ce que la température finale soit atteinte. On relèvera si possible les températures en marche et après l'arrêt. L'essai d'échauffement peut être considéré comme terminé, lorsque l'échauffement n'augmente plus d'une quantité supérieure à 2°C par heure. Cet essai peut commencer avec une machine chaude ou froide.

Remarque:

Pour déterminer l'échauffement final, il est recommandé d'appliquer la méthode indiquée par la figure 2, où l'échauffement est désigné exceptionnellement par ϑ , au lieu de $\Delta\vartheta$.

b) En service temporaire nominal

Pour les machines à service temporaire nominal, la durée de l'essai d'échauffement sera celle correspondant au service

temporaire nominal indiqué sur la plaque signalétique. Au commencement de l'essai, la température de la machine doit être pratiquement celle de l'air ambiant («machine froide»).

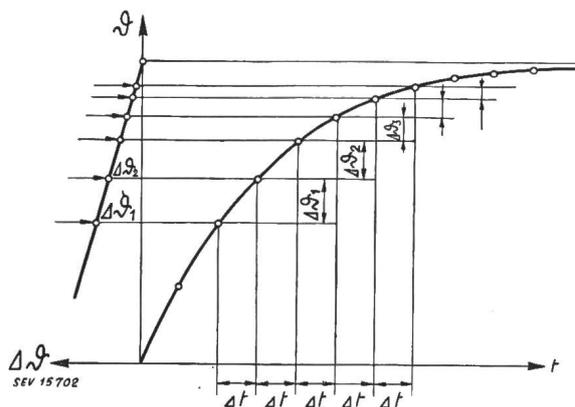


Fig. 2

Méthode de détermination de l'échauffement final des machines prévues pour un service continu

ϑ échauffement; $\Delta\vartheta$ augmentation d'échauffement; t temps; Δt intervalles de temps

c) En service intermittent nominal et en service continu nominal à charge intermittente

L'essai d'échauffement des machines pour service intermittent nominal et service continu nominal à charge intermittente doit durer jusqu'à ce qu'il soit évident que l'échauffement maximum ne dépasserait pas les limites indiquées au tableau III si l'essai était prolongé jusqu'à ce que la température finale soit atteinte. L'essai d'échauffement peut être considéré comme terminé, lorsque l'échauffement n'augmente plus d'une quantité supérieure à 2°C par heure. Cet essai peut commencer avec une machine chaude ou froide.

82. Méthode de mesure des températures

Trois méthodes sont reconnues pour déterminer la température des enroulements et des autres parties:

- a) Méthode par thermomètre;
- b) Méthode par résistance;
- c) Méthode de mesure par indicateurs internes de température.

a) Méthode par thermomètre

Dans cette méthode, la température est mesurée au moyen de thermomètres appliqués sur les surfaces accessibles de la machine achevée. Le terme «thermomètre» comprend, outre les thermomètres à réservoir à alcool ou à mercure, aussi les couples thermo-électriques et les thermomètres à résistance qui ne sont pas noyés.

Lorsque des thermomètres à réservoir sont employés en des points où existent des champs magnétiques variables ou mobiles, les thermomètres à alcool devraient être employés de préférence aux thermomètres à mercure, ces derniers étant peu sûrs dans ces conditions.

La transmission de chaleur entre le point de mesure et le thermomètre doit toujours être aussi parfaite que possible et la déperdition de chaleur réduite au minimum. Le point de mesure ne doit pas être baigné par l'agent refroidissant. Pour la mesure des températures superficielles, le point de mesure et le thermomètre devront donc être recouverts d'un corps mauvais conducteur de la chaleur.

b) Méthode par résistance

Dans cette méthode, les échauffements des enroulements sont mesurés par l'augmentation de la résistance de ces enroulements, en appliquant les formules suivantes:

Enroulement en cuivre

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

Enroulement en aluminium

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

Dans ces formules

ϑ_2 est la température de l'enroulement à la fin de l'essai, en °C,

ϑ_a la température de l'agent refroidissant à la fin de l'essai, en °C,

ϑ_1 la température de l'enroulement (froid) au moment de la mesure de la résistance initiale, en °C,

R_2 la résistance de l'enroulement à la fin de l'essai,

R_1 la résistance initiale de l'enroulement (froid).

c) Méthode de mesure par indicateurs internes de température

a) Généralités

On comprend par indicateurs internes de température, soit des thermomètres à résistance, soit des couples thermo-électriques introduits dans la machine pendant la construction en des points qui sont inaccessibles lorsque la construction de la machine est terminée.

Six indicateurs au moins seront placés dans la machine, convenablement répartis sur la circonférence et placés dans le sens axial des encoches aux endroits présumés les plus chauds. Chaque indicateur de température doit être installé en contact intime avec la surface dont la température est à mesurer et de manière à être protégé efficacement contre l'influence de l'air de refroidissement. On ne tiendra compte que de l'indication la plus élevée.

β) Un faisceau par encoche

Lorsque l'enroulement ne comprend qu'un faisceau par encoche, chaque indicateur de température doit être logé soit au fond de l'encoche entre l'isolant de la bobine et le revêtement de l'encoche, soit entre l'isolant de la bobine et la cale de fermeture de l'encoche.

γ) Deux faisceaux par encoche

Lorsque l'enroulement comprend deux faisceaux par encoche, les indicateurs doivent être placés entre les tubes isolants à l'intérieur des encoches.

δ) Plus de deux faisceaux par encoche

Lorsque l'enroulement comprend plus de deux faisceaux par encoche, chaque indicateur de température doit être placé entre les tubes isolants aux endroits présumés les plus chauds.

83. Application des diverses méthodes pour la mesure de la température des enroulements
(Voir chiffre 88, dernier alinéa)

La méthode par thermomètre est applicable dans les cas où ni la méthode de mesure par indicateurs internes de température ni la méthode par résistance ne sont applicables. L'emploi de la méthode par thermomètre est également admis dans les cas suivants:

a) Lorsque la méthode par résistance est inapplicable, par exemple dans les cas des bobines de commutation et des enroulements compensateurs et, en général, dans les cas des enroulements à faible résistance, surtout lorsque la résistance des joints et des connexions constitue une grande partie de la résistance totale.

b) Pour les enroulements, mobiles ou non, d'une seule couche.

c) Lorsqu'il s'agit d'essais sur des séries de machines semblables, la méthode du thermomètre est seule employée bien que la méthode par résistance soit possible.

La méthode par augmentation de résistance des enroulements est généralement applicable à tous les enroulements inducteurs et aux enroulements du stator des machines n'employant pas d'indicateurs internes de température. Elle ne convient toutefois pas à la mesure de la température des enroulements statoriques de grandes machines.

La méthode de mesure à l'aide d'indicateurs internes de température est employée pour l'encoche des enroulements à courant alternatif du stator des turbo-machines ayant une puissance nominale de 5000 kVA ou davantage, des machines à pôles saillants et des machines à induction ayant une puissance de 5000 kVA ou davantage ou une longueur axiale du noyau du stator égale ou supérieure à un mètre.

84. Température de l'agent refroidissant

Par température de l'agent refroidissant, on entend:

a) la température de l'air ambiant, lorsqu'il s'agit de machines dont l'air de refroidissement provient du local des machines,

b) la température de l'air qui pénètre dans la machine, mesurée à l'entrée dans celle-ci, lorsqu'il s'agit de machines dont l'air de refroidissement provient d'un local situé sous le plancher ou est amené par des canalisations spécialement prévues à cet effet,

c) la température de l'eau de refroidissement qui pénètre dans le réfrigérateur, lorsqu'il s'agit de machines à refroidissement indirect par circulation d'eau,

d) la température de l'eau de refroidissement qui pénètre dans la machine mesurée à l'entrée de celle-ci, lorsqu'il s'agit de machines à refroidissement direct par circulation d'eau.

L'essai d'échauffement de la machine peut s'effectuer à une température quelconque de l'air de refroidissement, comprise entre 10 et 40 °C, à une altitude inférieure à 1000 m (voir chiffre 2) et sous n'importe quelle pression barométrique, sans que les résultats des mesures doivent être corrigés.

En cas de refroidissement direct ou indirect par circulation d'eau, l'essai peut s'effectuer à n'importe quelle température de l'eau inférieure à 25 °C, sans que les résultats des mesures doivent être corrigés. Lorsque, dans le cas de machines à refroidissement indirect par circulation d'eau, la machine et le groupe de refroidissement ne sont pas livrés par le même fabricant, il y a lieu de convenir de la différence de température entre l'air sortant du réfrigérateur et l'eau qui pénètre dans celui-ci.

Remarque:

En principe, il faut chercher à maintenir la température de l'agent refroidissant aussi basse que possible, ce qui augmente la durée de vie de la machine.

85. Mesure de la température de l'agent refroidissant au cours des essais

a) La température de l'air ambiant est relevée au moyen de plusieurs thermomètres répartis autour et à mi-hauteur de la machine, à une distance de 1 à 2 mètres de celle-ci, à l'abri de tout rayonnement de chaleur et des courants d'air.

b) La température de l'air de refroidissement provenant d'un local situé sous le plancher ou amené par des canalisations spécialement prévues à cet effet est relevée au moyen de plusieurs thermomètres répartis régulièrement dans la section d'entrée de l'air dans la machine. A cet endroit, la vitesse de l'air doit être aussi uniforme que possible dans toute la section.

c) La température de l'eau de refroidissement est relevée au moyen de deux thermomètres, dont le bulbe plonge dans l'eau.

La valeur à adopter pour la température de l'agent refroidissant pendant un essai est la moyenne des lectures, faites sur les thermomètres à intervalles de temps égaux, pendant le dernier quart de la durée de l'essai.

Pour éviter les erreurs qui peuvent provenir de la lenteur avec laquelle la température des grosses machines suit les variations de température de l'agent refroidissant, on prendra toute disposition convenable pour réduire ces variations et les erreurs qu'elles occasionnent.

86. Correction des mesures effectuées après l'arrêt de la machine

Si la température n'est pas mesurée pendant le fonctionnement de la machine, la mesure devra s'effectuer aussitôt que possible après l'arrêt. Au cas où il s'est écoulé beaucoup de temps entre le déclenchement et la mesure, de sorte qu'un refroidissement notable a pu se produire, il y a lieu de tracer la courbe de refroidissement et de l'extrapoler pour l'instant du déclenchement.

87. Résistance initiale

Lors de la mesure de la résistance initiale, il faut veiller à ce que toutes les parties de l'enroulement soient à la même température; celle-ci sera aussi voisine que possible de la température ambiante. La température initiale ϑ_1 de l'enroulement sera mesurée en appliquant directement le thermomètre contre celui-ci.

88. Tableau des limites des échauffements

Le tableau III indique les limites des échauffements admissibles durant le service nominal des machines (excepté dans les cas spécifiés aux deux alinéas suivants), qui comportent des isolants de la classe A, B ou D selon chiffre 92, la température de l'air ambiant ne dépassant pas 40 °C.

Pour les isolants de la classe 0, les limites de température admissibles sont de 15 % inférieures à celles prévues pour les isolants de la classe A.

Remarque:

Aucune limite d'échauffement n'a été fixée jusqu'à présent pour les isolants de la classe C. L'échauffement admissible ne dépendra donc que de son influence sur les parties contiguës.

En cas de refroidissement direct ou indirect par circulation d'eau, les limites des échauffements sont de 10 °C plus élevées que celles indiquées au tableau III, lorsque la température de l'eau de refroidissement ne dépasse pas 25 °C.

Si la température de l'eau de refroidissement demeure constamment au-dessous de 25 °C, les limites des échauffements pourront, après entente particulière, être augmentées

d'autant de degrés que la température maximum de l'eau de refroidissement en compte au-dessous de 25 °C. Dans ce cas, la plaque signalétique doit indiquer la température de l'eau de refroidissement convenue.

Remarque:

L'attention est particulièrement attirée sur la possibilité d'un endommagement mécanique des bobines par suite d'un allongement accru sous l'effet de la chaleur, surtout pour les grandes longueurs de fer.

Il n'est pas prévu que des mesures par thermomètres soient effectuées en même temps que des mesures par variation de résistance, et les valeurs des échauffements données dans le tableau III pour les mesures par thermomètres et les mesures par variation de résistance ne doivent pas être employées pour se contrôler mutuellement. Cependant, si l'ache-

Limites des échauffements en °C

Tableau III

Art.	Organes	Isolants classe A				Isolants classes B et D			
		Méthode par thermomètre °C	Méthode par résistance °C	Mesure par indicateurs internes de température (voir chiffre 82c)		Méthode par thermomètre °C	Méthode par résistance °C	Mesure par indicateurs internes de température (voir chiffre 82c)	
				Entre bobines d'une encoche °C	Entre extérieur de bobines et fond d'encoche °C			Entre bobines d'une encoche °C	Entre extérieur de bobines et fond d'encoche °C
1	a) Enroulements à courant alternatif de turbo-alternateurs d'une puissance de 5000 kVA ou plus. b) Enroulements à courant alternatif de machines à pôles saillants et de machines à induction d'une puissance de 5000 kVA ou plus, ou ayant une longueur de fer de 1 m ou plus. Remarque: La méthode de mesure par indicateurs internes de température peut également être prévue pour les machines moins puissantes. Dans ce cas, on appliquera les limites d'échauffement indiquées pour les articles 1a et 1b.	(1) —	(2) —	(3) 60	(4) 50 ¹⁾ 2)	(5) —	(6) —	(7) 80	(8) 65 ¹⁾ 2)
2	Enroulements à courant alternatif de toutes les turbomachines plus petites que celles de l'art. 1a.	50 ¹⁾	60	—	—	65 ¹⁾	80	—	—
3	Enroulements à courant alternatif de machines plus petites que celles de l'article 1b et autres que celles de l'art. 2.	50 ¹⁾	60	—	—	65 ¹⁾	80	—	—
4	Enroulements d'excitation de turbo-machines avec excitation à courant continu et enroulement d'excitation à une seule couche.	—	70	—	—	—	90	—	—
5	Enroulements d'excitation de machines à courant alternatif et à courant continu, avec excitation à courant continu, autres que ceux des articles 4 et 6.	50	60	—	—	65	80	—	—
6	Enroulements d'excitation de faible résistance ayant une ou plusieurs couches et enroulements de compensation.	60	60	—	—	80	80	—	—
7	Enroulements d'induit reliés à des collecteurs.	50	60	—	—	65	80	—	—
8	Enroulements isolés continuellement fermés sur eux-mêmes.	60	—	—	—	80	—	—	—
9	Enroulements non isolés, continuellement fermés sur eux-mêmes.	Les échauffements de ces parties ne doivent en aucun cas mettre en danger les enroulements ou les autres parties environnantes.							
10	Noyaux de fer et autres parties non en contact avec les enroulements.								
11	Noyaux de fer et autres parties en contact avec les enroulements.	Mêmes limites d'échauffement mesurées par thermomètres que celles indiquées aux colonnes 1, 4, 5 et 8 pour les enroulements adjacents. La correction spécifiée au chiffre 89 n'intervient pas dans ce cas.							
12	Collecteurs et bagues, protégés ou non.	50 (voir chiffre 90)							

¹⁾ Pour les enroulements à haute tension dépassant 11 000 V, il y a lieu d'appliquer la correction spécifiée au chiffre 89.

²⁾ Dans le cas des stators bobinés avec un seul faisceau par encoche, l'échauffement peut, si le fabricant le désire, être mesuré sur le cuivre à l'intérieur du tube isolant et dans ce cas l'échauffement admissible sera de 85 °C pour la colonne (8) ou de 65 °C pour la colonne (4).

teur désire qu'une lecture par thermomètres soit faite en sus des mesures par variation de résistance, l'échauffement mesuré par un thermomètre placé à l'endroit accessible le plus chaud ne doit en aucun cas dépasser 65 °C si les isolants des enroulements appartiennent à la classe A et 85 °C si les isolants des enroulements appartiennent à la classe B ou D.

89. Enroulements pour plus de 11 000 V

En ce qui concerne les enroulements à courant alternatif à un faisceau par encoche, isolés complètement pour une tension nominale comprise entre 11 000 et 15 000 V, les échauffements admissibles déterminés par thermomètres ou par indicateurs internes de température seront réduits de 1,5 °C par 1000 V ou fraction de 1000 V au-dessus de 11 000 V.

Les limites d'échauffement des enroulements isolés en vue d'une tension nominale dépassant 15 000 V feront l'objet d'un accord spécial.

90. Collecteurs et bagues

Les échauffements des collecteurs et des bagues peuvent dépasser les valeurs données au n° 12 du tableau III pourvu que les trois conditions suivantes soient observées:

a) Les échauffements des isolants du collecteur et des enroulements contigus ne dépasseront pas les limites admises dans le tableau III pour les isolants de ces parties.

b) Le fabricant donnera une garantie spéciale que la haute température atteinte ne nuira pas à la commutation.

c) Les échauffements ne devront pas compromettre la qualité des joints soudés et des connexions.

91. Machines destinées à fonctionner à une température supérieure à 40 °C pour l'air et à 25 °C pour l'eau de refroidissement

Pour les machines destinées à fonctionner dans les conditions où la température maximum de l'air de refroidissement est supérieure à la température de référence de 40 °C (mais inférieure à 50 °C), les limites d'échauffement indiquées dans le tableau III doivent être réduites de 10 °C. Si la température de l'air dépasse 50 °C, les limites d'échauffement devront faire l'objet d'une entente particulière entre le fabricant et l'acheteur.

Si la température de l'eau dépasse 25 °C pour une machine à refroidissement direct ou indirect par circulation d'eau, les limites d'échauffement (chiffre 88, deuxième alinéa) devront être abaissées d'autant de degrés que la température de l'eau en compte au-dessus de 25 °C.

92. Classification des matières isolantes selon leur résistance à la chaleur

Les matières isolantes sont classées de la façon suivante:

93. Classe 0

Coton, soie, papier, cellulose, soie artificielle (viscose) et matières organiques similaires, ni imprégnés, ni immergés dans l'huile, ainsi que tout isolant comprenant une imprégnation massive (masse compound p. ex.).

94. Classe A

Coton, soie, papier, cellulose, soie artificielle (viscose) et matières organiques similaires, imprégnés ou immergés dans l'huile.

Remarque:

Un isolant est considéré comme «imprégné» lorsqu'une matière convenable remplace l'air entre ses fibres, même si cette matière ne remplit pas complètement les intervalles entre les conducteurs isolés. La matière d'imprégnation pour être convenable doit avoir de bonnes propriétés isolantes, doit enrober les fibres, les rendre adhérentes entre elles et avec le conducteur; il ne doit pas s'y produire d'interstices par suite de l'évaporation du dissolvant ou par d'autres causes; elle ne doit pas couler pendant la marche à pleine charge dans les conditions de température limite spécifiées; elle ne doit pas s'altérer sous l'action prolongée de la chaleur.

95. Classe B

Composés de mica, d'amiante, fibre de verre ou de matières inorganiques analogues, contenant une matière agglomérante. Lorsque des matières de la classe A sont employées en petite quantité comme support, en combinaison avec des matières de la classe B, les matières combinées peuvent être

considérées comme étant de la classe B, à condition que l'isolant ne soit altéré ni au point de vue diélectrique, ni au point de vue mécanique, par l'application de la température permise pour les matières isolantes de la classe B. (Le mot «altérer» est employé dans le sens de produire une modification qui pourrait disqualifier l'isolant pour un service continu.)

96. Classe C

Mica sans agglomérant, porcelaine, verre, quartz et autres matières similaires.

97. Classe D

Vernis isolant pour conducteurs; les combinaisons de vernis avec des matières isolantes de la classe A (coton, soie naturelle, papier, cellulose, soie artificielle (viscose) et matières organiques similaires, imprégnées) font partie de la classe D.

98. Isolants constitués par des matières différentes

Lorsque l'isolation comprend plusieurs matières isolantes différentes (à l'exception des cas mentionnés pour les classes B et D) l'élévation de température de chaque matière isolante ne doit pas dépasser la limite prévue pour cette matière.

Exemples:

a) Lorsque des matières isolantes différentes sont employées dans des parties différentes du même enroulement (par exemple dans l'encoche et dans les parties frontales), la limite de température applicable à l'une quelconque de ces parties est celle prescrite pour l'isolant de cette partie.

b) Lorsque l'isolation d'une partie quelconque de la machine consiste en couches superposées de matières isolantes de classes différentes (par exemple, couches superposées de matières isolantes des classes A et B), il y a lieu de distinguer deux cas:

1. S'il est possible de mesurer les températures atteintes par les diverses couches, chacune des matières a droit à la limite de température qui lui correspond.

2. Si cette mesure des températures atteintes est impossible, la limite de température applicable à la partie considérée de l'enroulement est celle prescrite pour l'isolant ayant la limite la plus basse.

H. Résistance d'isolement

100. Essais de rigidité diélectrique

Les essais de rigidité diélectrique se font, sauf spécifications contraires, dans l'atelier du constructeur, aussitôt après l'essai d'échauffement, la machine étant à une température voisine de celle du service nominal. Lorsqu'on ne dispose pas de la machine à l'état chaud, les essais peuvent se faire sur la machine froide. La machine doit être complète, avec tous ses organes en place dans des conditions équivalentes aux conditions normales de fonctionnement. La tension d'essai prescrite ne peut être appliquée qu'à une machine neuve. Elle sera appliquée entre l'enroulement ou la phase à essayer d'une part, et le bâti, auquel sont reliés les paquets de tôle et les enroulements ou phases non soumis à l'épreuve, d'autre part.

Ces essais doivent être exécutés conformément aux Règles pour les essais diélectriques (Publ. ASE n° 173 f). La pleine tension d'essai est maintenue pendant une minute aux valeurs indiquées dans le tableau IV.

J. Rendement et pertes

110. Généralités

Le rendement peut être déterminé par l'une des méthodes ci-après:

- 1° Mesure de la puissance absorbée et de la puissance fournie.
- 2° Méthode calorimétrique.
- 3° Méthode par récupération.
- 4° Méthode par pertes séparées.

La méthode de mesure doit être indiquée dans les garanties de rendement. Sauf spécifications contraires, le rendement garanti est vérifié par la méthode par pertes séparées.

Les indications du rendement se rapportent au service nominal, sauf indication contraire.

Les essais ne doivent s'effectuer que sur des machines bien rodées.

Tensions d'essai

Tableau IV

N°	Machine ou organe	Tension d'essai (valeurs efficaces)
1	Machines rotatives de puissance inférieure à 1 kW ou 1 kVA	500 V + 2 fois la tension nominale
2	Machines rotatives de 1 kW ou 1 kVA à 3 kW ou 3 kVA	1000 V + 2 fois la tension nominale
3a	Machines rotatives de plus de 3 kW ou 3 kVA (voir aussi 3b)	1000 V + 2 fois la tension nominale avec un minimum de 1500 V
3b	Machines rotatives de 10 000 kW ou kVA et plus: Tension nominale: jusqu'à 2000 V au-dessus de 2000 V jusqu'à 6000 V au-dessus de 6000 V	1000 V + 2 fois la tension nominale 2,5 fois la tension nominale 3000 V + 2 fois la tension nominale
4	Enroulements d'excitation pour les génératrices synchrones où la tension d'excitation ne dépasse pas 750 V	10 fois la tension d'excitation nominale Minimum 1500 V Maximum 3500 V
5	Enroulements d'excitation pour les moteurs synchrones et les commutatrices synchrones: A. Pour démarrage direct par le côté polyphasé a) Quand la machine est destinée à démarrer avec les enroulements d'excitation en court-circuit ou fermés sur la source de courant d'excitation ¹⁾ b) Quand la machine est destinée à démarrer avec les enroulements d'excitation ouverts et isolés les uns des autres c) Quand la machine est destinée à démarrer avec les enroulements d'excitation ouverts, mais restant reliés les uns aux autres B. Pour autre genre de démarrage a) Moteurs synchrones à démarrage par moteur de lancement b) Commutatrices à démarrage par moteur de lancement ou du côté continu	10 fois la tension d'excitation nominale Minimum 1500 V 1000 V + 10 fois la tension d'excitation nominale Minimum 1500 V 1000 V + 20 fois la tension d'excitation nominale Minimum 1500 V Maximum 8000 V 10 fois la tension d'excitation nominale Minimum 1500 V 1000 V + 2 fois la tension d'excitation nominale Minimum 1500 V
6	a) Excitatrices pour génératrices synchrones et pour machines à courant continu b) Excitatrices pour moteurs synchrones ou commutatrices c) Enroulements d'excitation d'excitatrices, excités séparément	A l'étude Voir nos 2 et 3a
7	Enroulements secondaires (rotor) des moteurs à induction non en court-circuit permanent a) Pour moteurs à marche non réversible b) Pour moteurs à marche réversible	1000 V + 2 fois la tension maximum qui pourrait être développée entre les bagues 1000 V + 4 fois la tension entre les bagues, en repos à circuit ouvert avec la pleine tension primaire appliquée aux enroulements du stator
8	Groupes de machines et d'appareils assemblés	Quand l'épreuve doit être appliquée à un groupe de plusieurs appareils neufs installés en place et connectés ensemble, dont chacun a déjà été soumis individuellement à l'essai diélectrique particulier, la tension d'essai ne doit pas dépasser 85 % de la tension la plus basse, applicable à l'un de ces appareils

¹⁾ Remarque concernant 5, Aa): Le circuit d'excitation des moteurs synchrones et commutatrices est considéré comme court-circuité, lorsque la résistance extérieure ne dépasse pas 10 fois la résistance interne.

Pour toutes les méthodes de mesure, les pertes Joule (voir chiffre 114) seront ramenées à la température conventionnelle de 75 °C, si la mesure n'a pas été effectuée à cette température (dérogations, chiffres 111 et 112).

Commentaire: Ici et par la suite, on entendra par «pertes Joule» les pertes Joule simples, calculées au moyen de la résistance en courant continu. Les pertes Joule supplémentaires provenant de l'effet pelliculaire ne seront donc pas comprises dans cette expression.

Cette correction de la résistance d'un enroulement déterminée par mesure avec du courant continu, à la température ϑ °C de l'enroulement, s'effectue au moyen des formules:

$$R = \frac{310}{235 + \vartheta} R_{\vartheta} \text{ pour les enroulements en cuivre,}$$

$$R = \frac{305}{230 + \vartheta} R_{\vartheta} \text{ pour les enroulements en aluminium.}$$

Pour toutes les autres pertes, il n'est procédé à aucune correction de température. Toutes les pertes dans les appareils auxiliaires appartenant en propre à la machine, et celles-là seulement, doivent être prises en considération pour le

calcul du rendement de la machine. Ces pertes comprennent notamment:

1° Les pertes dans les diverses résistances (réglage, ajustage, shuntage, etc.), bobines de réactance, condensateurs, transformateurs auxiliaires, etc., qui sont nécessaires au fonctionnement correct de la machine.

2° Les pertes dans l'excitatrice, en cas d'excitation propre, mais pas en cas d'excitation séparée.

3° Les pertes dans les paliers qui sont livrés avec la machine, mais non dans ceux provenant d'un autre constructeur. Lorsqu'il s'agit d'un arbre vertical comportant un palier-support commun à une génératrice et à sa machine d'entraînement, il n'est pas tenu compte des pertes dans ce palier; les pertes occasionnées uniquement par le poids du rotor dans ce palier seront indiquées séparément.

4° La consommation du ventilateur dans le cas de machines à auto-ventilation. En cas de refroidissement séparé, les pertes provenant de la consommation du ventilateur, de la pompe à eau ou de la pompe à huile ne seront pas comprises dans le rendement de la machine, mais indiquées séparément.

111. Détermination du rendement par mesure de la puissance absorbée et de la puissance fournie

Le rendement est déterminé par la mesure simultanée de la puissance absorbée et de la puissance fournie de la machine chargée. La puissance électrique est mesurée à l'aide d'appareils de mesure électriques de précision, la puissance mécanique à l'aide d'un frein, d'un dynamomètre ou d'une machine auxiliaire tarée.

La mesure ne devra commencer que lorsque la machine aura atteint aussi exactement que possible son échauffement final en service nominal. Dans l'application de cette méthode, une correction des pertes Joule à 75 °C (voir chiffre 110) n'est pas nécessaire lorsque la puissance nominale de la machine ne dépasse pas 500 kW.

Remarque:

La détermination du rendement par mesure de la puissance absorbée et de la puissance fournie permet d'éviter toutes les erreurs systématiques, mais elle doit se faire avec une très grande précision, surtout quand il s'agit de machines ayant un rendement élevé. De plus, l'emploi de cette méthode est limité par les possibilités de la plateforme d'essais.

Modalités d'exécution des mesures

a) En appliquant cette méthode, il est important que la machine en essai, de même que le dynamomètre ou la machine auxiliaire tarée, soient alimentés par une source de courant à tension et à fréquence constantes.

b) La *puissance électrique* doit être mesurée au moyen d'appareils appartenant au moins à la classe 0,2.

c) Un dynamomètre convient le mieux pour la mesure de la *puissance mécanique*, aussi bien pour les moteurs que pour les génératrices.

Afin de pouvoir mesurer le *couple* avec précision, il y a lieu de tenir compte de ce qui suit:

Le bras de levier et les poids ou le peson à ressort doivent être étalonnés.

L'insensibilité du dynamomètre ne doit pas dépasser de 30/100 le couple nominal de la machine en essai. Le stator du dynamomètre doit donc posséder des couteaux ou des roulements à billes assurant le minimum de frottement et les amenées de courant se feront par câbles très souples.

Le facteur de correction nécessité par la ventilation du dynamomètre peut être définitivement déterminé de la manière suivante: Le dynamomètre est branché au réseau comme moteur tournant à vide. L'équilibre du bras de levier est établi en plaçant un poids de l'un ou de l'autre côté ou au moyen du peson à ressort. Le couple K est déterminé de la sorte pour chaque vitesse de rotation et pour les deux sens de marche; il permet de corriger les pertes de ventilation du dynamomètre. Il sera considéré comme positif lorsqu'il pourra, lui seul, déplacer le stator dans le sens de rotation du rotor. Le couple M effectivement développé à l'accouplement du dynamomètre est alors:

$M = M' + K$ lorsque la machine en essai fonctionne en moteur,

$M = M' - K$ lorsque la machine en essai fonctionne en génératrice.

M' est le couple calculé d'après le bras de levier et le poids, K est la correction des pertes par ventilation.

d) La *vitesse de rotation* doit être déterminée avec une très grande précision, par exemple au moyen d'un tachymètre à chronographe ou par mesure stroboscopique du glissement et mesure simultanée de la fréquence du réseau par un appareil de haute précision.

e) La *puissance mécanique* sur l'arbre s'obtient par la relation:

$$P = \omega M^1)$$

ou bien, converti dans le système d'unités employé lors de la mesure:

$$P = 1,027 M \frac{n}{1000}^2)$$

¹⁾ Equation aux grandeurs, dans laquelle on peut introduire sans conversion les mesures (valeurs numériques) Giorgi.

²⁾ Ici et dans des cas semblables, les équations aux mesures seront écrites dans le système d'unités employé lors de la mesure. L'unité de force (kg^{*}) est différenciée de celle de masse (kg) par un astérisque.

où: P est la puissance mécanique en kW
 M est le couple corrigé en kg*m
 n est la vitesse de rotation en tours par minute.

112. Détermination du rendement par la méthode calorimétrique

La machine fonctionne dans les conditions de service pour lesquelles le rendement doit être déterminé. Les pertes globales sont déterminées en mesurant le débit de chaleur évacuée par l'agent refroidissant, ce qui peut se faire des deux manières suivantes:

a) Mesure du débit et de l'échauffement de l'agent refroidissant, puis calcul de la puissance emmenée par celui-ci.

b) Comparaison entre l'échauffement de l'agent refroidissant dans la machine chargée et celui de l'agent refroidissant obtenu par l'application d'une puissance mesurable électriquement, le débit de l'agent refroidissant demeurant inchangé (*méthode calorimétrique par comparaison*).

Remarque:

La méthode calorimétrique permet de déterminer directement le rendement, même lorsque celui-ci est très élevé. Elle présente toutefois certains inconvénients, car il est nécessaire d'attendre que l'équilibre thermique soit atteint à chaque point de mesure. De plus, lorsque l'agent refroidissant est de l'air, il faut établir des canalisations d'air spéciales. Enfin, dans le cas des petites machines, il y a lieu de prendre des précautions pour que la quantité de chaleur emmenée autrement que par l'agent refroidissant demeure aussi faible que possible.

Modalités d'exécution des mesures

a) L'agent refroidissant est de l'air

Pour déterminer le *débit* et l'*échauffement de l'air de refroidissement*, la canalisation d'entrée de l'air et celle de sortie seront divisées de préférence en un nombre suffisant de sections partielles, par exemple par des fils. Si ni la vitesse, ni l'échauffement de l'air ne s'écartent de plus de 10 % de la moyenne d'une quelconque des sections partielles, on calculera séparément la moyenne arithmétique de ces deux grandeurs. Si les écarts des valeurs de mesure par rapport à la moyenne sont plus grands, il sera nécessaire de calculer selon les formules indiquées ci-après la puissance emmenée par l'air pour chaque section partielle, aussi bien à l'entrée qu'à la sortie de l'air. Dans ce cas, on tiendra compte de la quantité d'énergie à partir d'un niveau de référence arbitraire (par exemple température ambiante et vitesse d'écoulement nulle). Les puissances ainsi calculées seront additionnées d'une part pour les sections partielles d'entrée et, d'autre part, pour celles de sortie, puis ces deux sommes seront soustraites l'une de l'autre afin d'obtenir la puissance totale emmenée par le courant d'air.

Pour que la mesure soit aussi précise que possible, les conduites d'air seront établies de façon à permettre un écoulement d'air aussi homogène que possible.

La *vitesse de l'air* dans chaque section partielle se mesure: avec un *anémomètre*, étalonné si possible avant et après la mesure, et un chronomètre,

ou avec un *tube de Prandtl*. De la différence des pressions p_d dans les tubes, on déduit la vitesse d'écoulement de l'air:

$$v = \sqrt{\frac{2 p_d}{\rho}}$$

ou bien converti dans le système des unités employées lors de la mesure

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

v est la vitesse du courant en m/s

p_d est la pression dynamique en mm de hauteur d'eau (kg/m²)

$\rho = 0,464 \frac{P}{T}$ est la densité de l'air en kg/m³

$T = 273 \text{ °C} + \theta$ est la température absolue de l'air en °K

p est la pression statique en mm Hg (Torr)

La moyenne de la pression dynamique, tirée des valeurs mesurées $p_{d1}, p_{d2}, \dots, p_{dn}$, s'obtient par la formule:

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

Le débit d'air refroidissant (en m³/s) est alors de:

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

ΣA est la somme de toutes les sections partielles, c'est-à-dire la section totale du canal d'air en m².

v_{med} est la valeur arithmétique moyenne des vitesses d'air mesurées dans chacune des sections partielles.

Si les conditions d'homogénéité de l'écoulement sont remplies, l'échauffement moyen de l'air de refroidissement $\Delta\theta$ sera mesuré de préférence à l'aide de couples thermoélectriques en série, répartis dans les sections partielles d'entrée et de sortie d'air.

La puissance correspondant aux pertes emmenée par l'air est alors:

$$P_v = Q \rho c_p \Delta\theta$$

où il est avantageux d'introduire les mesures (valeurs numériques) Giorgi.

P_v sont les pertes en kW

$c_p = 1,01$ est la chaleur spécifique sous pression constante en kJ/kg degré

ρ (voir plus haut).

Si la vitesse de sortie de l'air est différente de la vitesse à l'entrée, il y a lieu d'ajouter aux pertes P_v , déterminées par le débit et l'échauffement de l'air, la puissance absorbée pour l'accélération de l'air de v_0 à v , P_c , qui s'obtient par la formule:

$$P_c = \frac{Q \rho}{2000} (v^2 - v_0^2) \quad \text{en kW}$$

Pour la méthode calorimétrique par comparaison, une résistance électrique est installée dans la canalisation d'air, après la section de sortie de la machine, et l'on mesure la différence des températures en amont et en aval de cette résistance. Si cette différence est $\Delta\theta'$ pour une puissance P_v' absorbée dans la résistance, la chaleur emmenée par l'air de refroidissement de la machine chargée est donnée par la formule:

$$P_v = \frac{\Delta\theta}{\Delta\theta'} P_v'$$

où

$\Delta\theta$ est l'échauffement de l'air de refroidissement de la machine chargée.

Une autre méthode calorimétrique par comparaison consiste à mesurer la différence des températures en amont et en aval de la machine, pour deux états de service différents, à condition que les pertes puissent être déterminées au moyen d'appareils électriques. La machine fonctionne, par exemple, comme moteur tournant à vide, de préférence sous une tension aussi faible et une tension aussi élevée que possible. En mesurant dans le premier cas la puissance absorbée P_{v1} et la différence de température $\Delta\theta_1$, dans le second cas P_{v2} et $\Delta\theta_2$, les pertes globales de la machine chargée atteindront, pour un échauffement de l'air de refroidissement $\Delta\theta$ mesuré:

$$P_v = \frac{\Delta\theta}{\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1} (P_{v2} - P_{v1})$$

Avec cette deuxième méthode calorimétrique par comparaison, il n'y a pas besoin de tenir compte de la chaleur évacuée autrement que par l'air de refroidissement mesurable.

Dans les cas où l'on doit tenir compte de la chaleur évacuée autrement que par l'air de refroidissement, on ne détermine généralement que le débit de chaleur dissipée par rayonnement et par convection, en appliquant par exemple la formule approchée:

$$P_s = 10 \dots 20 \Delta\theta_s A_s \quad \text{en watts, où}$$

$\Delta\theta_s$ est la différence de la température de la surface rayonnante et la température de l'air ambiant, en °C, et

A_s la surface rayonnante de la machine en m².

b) Agents refroidissants liquides

Pour mesurer le débit du liquide, on installe des compteurs dans la canalisation ou bien on pèse le liquide accumulé dans un récipient au bout d'un temps déterminé.

Les températures du liquide doivent être mesurées au moins à 0,1 °C près, car la différence entre la température d'entrée et celle de sortie est généralement faible. Pour obtenir une mesure plus précise, il est parfois nécessaire de réduire le débit du liquide, afin d'augmenter l'échauffement de celui-ci.

La puissance correspondant aux pertes emmenée par le liquide de refroidissement est alors obtenue par:

$$P_v = c \Delta\theta Q_m$$

où les mesures Giorgi sont introduites avantageusement.

P_v sont les pertes en kW

$c = 4,185$ est la chaleur spécifique de l'eau en kJ/kg degré

$\Delta\theta$ est la différence entre les températures d'entrée et de sortie

Q_m est le débit d'eau de refroidissement en kg/s.

113. Détermination du rendement par la méthode par récupération

Cette méthode ne peut être appliquée que si l'on dispose de deux machines identiques. Celles-ci sont couplées mécaniquement et électriquement et alimentées par un réseau. L'une des machines fonctionne en génératrice et alimente l'autre machine; celle-ci travaille comme moteur et entraîne mécaniquement la première machine. En régime stationnaire le réseau fournit au groupe une puissance correspondant aux pertes totales des deux machines. Cette puissance mesurée électriquement sert à calculer le rendement après une répartition convenable des pertes entre les deux machines.

Remarque:

Pour les machines synchrones et à induction, la méthode par récupération est incommode et n'est pas exposée en détail ici. Elle est surtout appliquée aux machines à courant continu (les modalités d'exécution seront indiquées ultérieurement).

114. Détermination du rendement par la méthode par pertes séparées

D'après leur origine, on distingue les différentes catégories de pertes suivantes:

A. Pertes à vide

Les pertes à vide comprennent:

a) les pertes dans le fer actif et dans les autres parties métalliques, en marche à vide,

b) les pertes mécaniques par ventilation et par frottement dans les paliers et aux balais, en marche à vide.

Les pertes diélectriques sont généralement négligeables et considérées comme faisant partie des pertes dans le fer.

B. Pertes d'excitation

Les pertes d'excitation comprennent:

c) les pertes Joule dans l'enroulement d'excitation, calculées pour chaque charge à l'aide de la résistance en courant continu à 75 °C,

d) les pertes dues à la chute de tension de contact entre les balais et les bagues, alimentés par le courant d'excitation, et,

e) en cas d'excitation propre, les pertes dans l'excitatrice et dans les rhéostats.

C. Pertes en charge

Les pertes en charge comprennent:

f) les pertes Joule dans les enroulements de l'induit, calculées pour chaque charge, à l'aide de la résistance en courant continu à 75 °C,

g) les pertes dues à la chute de tension de contact entre les balais et les bagues ou les collecteurs dans lesquels circulent les courants de charge,

h) les pertes supplémentaires, qui constituent la différence entre les pertes réelles et la somme des pertes indiquées de a) à g).

Commentaire: Les pertes supplémentaires sont dues en particulier aux courants de Foucault dans les enroulements de l'induit et dans les parties métalliques du stator et du rotor. Elles diminuent généralement quand la température augmente, mais il n'est pas tenu compte de ce fait dans les présentes Règles.

Les différentes pertes sont déterminées séparément selon les méthodes prescrites dans les présentes Règles. Leur somme

est considérée comme représentant les pertes globales de la machine et sert au calcul du rendement.

Pour les machines synchrones, voir chiffres 120, 121, 122, 123.

Pour les machines polyphasées à induction, voir chiffres 124, 125.

Pour les machines à courant continu, les indications complémentaires seront indiquées ultérieurement.

I. Détermination des pertes séparées dans les machines synchrones

120. Détermination des pertes à vide dans les machines synchrones

On détermine les pertes à vide sous tension nominale et à la vitesse de rotation nominale, par l'une des méthodes suivantes (voir chiffre 123):

- 1° Méthode du fonctionnement en moteur à vide
- 2° Méthode par ralentissement
- 3° Méthode du moteur auxiliaire taré
- 4° Méthode du dynamomètre
- 5° Méthode calorimétrique

Ces méthodes permettent également de séparer les pertes mécaniques des pertes dans le fer.

121. Détermination des pertes d'excitation dans les machines synchrones

L'intensité du courant d'excitation servant au calcul des pertes dans les circuits d'excitation est déterminée, pour chaque état de service pour lequel le rendement doit être obtenu, en appliquant les méthodes indiquées au chiffre 144.

Pour déterminer les pertes Joule, la résistance R_θ de l'enroulement d'excitation déterminée en courant continu à la température de l'enroulement θ °C est ramenée à la température de 75 °C (voir chiffre 110).

Les pertes dues à la chute de tension de contact entre les balais et les bagues se calculent en admettant la chute de tension sous une rangée de balais égale à

- 1 V pour les balais en charbon et en graphite,
- 0,3 V pour les balais en graphite métallisé.

En cas d'excitation propre, il faut tenir compte des pertes dans l'excitatrice et les rhéostats. Les pertes dans l'excitatrice seront déterminées par la méthode par pertes séparées.

Les pertes globales d'excitation peuvent également être déterminées en mesurant le courant et la tension d'excitation à l'état de service pour lequel le rendement de la machine doit être déterminé. Elles seront ramenées à une température d'enroulement de 75 °C et on y ajoutera, quand il s'agit d'excitation propre, les pertes dans l'excitatrice et dans les rhéostats.

122. Détermination des pertes en charge dans les machines synchrones

a) Pertes Joule

Les pertes Joule se calculent d'après la résistance de l'induit mesurée en courant continu et ramenée à 75 °C (voir chiffre 110).

b) Pertes supplémentaires

Dans les garanties concernant le rendement déterminé par la méthode des pertes séparées, la méthode de détermination des pertes supplémentaires doit être précisée. A défaut d'indications, ce seront les pertes supplémentaires déterminées par la méthode de l'essai en court-circuit qui entreront en considération.

Les pertes supplémentaires peuvent être mesurées par les méthodes ci-après:

a) Par l'essai en court-circuit

L'enroulement induit étant court-circuité entre toutes ses phases, la machine est entraînée à sa vitesse nominale et excitée de façon que le courant dans l'induit soit égal à la valeur pour laquelle les pertes doivent être déterminées. Les pertes supplémentaires représentent la différence entre les pertes globales obtenues par cet essai et la somme des pertes mécaniques, des pertes d'excitation et des pertes Joule dont la machine est affectée durant cet essai.

Les diverses méthodes de mesure ci-après sont applicables (cf. chiffre 123):

- 1° Méthode par ralentissement
- 2° Méthode du moteur auxiliaire taré
- 3° Méthode du dynamomètre
- 4° Méthode calorimétrique

Remarque:

Les pertes supplémentaires déterminées par l'essai en court-circuit peuvent être plus élevées que ces mêmes pertes en charge, définies selon le chiffre 114 h, par suite de la forte déformation du champ dans l'entrefer et de la saturation modifiée au cours de cet essai.

β) Avec rotor enlevé

(seulement pour les machines synchrones polyphasées)

Le rotor étant enlevé, l'enroulement induit (avec carcasse en place) est alimenté dans toutes ses phases par du courant polyphasé symétrique et sinusoïdal à la fréquence nominale et à l'intensité pour laquelle les pertes doivent être déterminées. Les pertes supplémentaires sont alors égales à la différence entre les pertes globales ainsi mesurées et les pertes Joule qui se présentent lors de l'essai.

Remarque:

Cette méthode fournirait des valeurs exactes s'il ne se produisait pas de pertes supplémentaires en charge dans le rotor. Elle donne par conséquent des valeurs trop faibles.

γ) Comme compensateur synchrone sous tension réduite

La machine synchrone fonctionne à vide comme un moteur surexcité (c'est-à-dire comme un compensateur) à la fréquence nominale sous tension fortement réduite (par exemple au tiers de la valeur nominale), tandis que le courant dans l'induit est réglé par l'excitation à la valeur pour laquelle les pertes doivent être déterminées. Dans ces conditions, les pertes supplémentaires sont égales à la différence entre la puissance absorbée durant l'essai et la somme des pertes mécaniques, des pertes dans le fer et des pertes par effet Joule qui se présentent pendant cet essai (de même que les pertes d'excitation si la machine est à excitation propre). Les pertes dans le fer sont considérées comme étant celles correspondant à la tension existant aux bornes durant l'essai.

123. Modalités des mesures pour la détermination des pertes dans le fer, mécaniques et supplémentaires des machines synchrones

a) Méthode du fonctionnement en moteur à vide

a) Détermination des pertes à vide

La machine est branchée sur un réseau de fréquence nominale et fonctionne comme moteur à vide tandis qu'à chaque tension son courant d'excitation est réglé de façon que le courant d'induit soit un minimum ($\cos\varphi = 1$). La puissance absorbée mesurée électriquement est alors égale aux pertes à cet état de service.

Pour cet essai, la machine synchrone sera excitée de préférence par une source séparée. Si le courant d'excitation est fourni par une excitatrice accouplée à la machine synchrone, les pertes d'excitation doivent être déduites de la puissance absorbée mesurée. De plus, il faut également en soustraire les pertes en charge qui interviennent durant l'essai; cette correction est toutefois généralement si faible qu'elle peut être négligée. Ce qui reste après ces deux soustractions représente les pertes à vide de la machine synchrone.

β) Séparation des pertes à vide

Les pertes à vide sont déterminées pour différentes valeurs de la tension aux bornes, en réduisant cette tension jusqu'à ce que la machine soit hors synchronisme. Les pertes dans le fer étant nulles lorsque la tension aux bornes est nulle, les pertes mécaniques s'obtiennent par l'extrapolation des pertes à vide jusqu'à la tension nulle. Cette extrapolation doit se faire de telle manière que les pertes à vide soient reportées en fonction du carré de la tension aux bornes. On obtient ainsi une courbe auxiliaire sensiblement rectiligne pour les faibles valeurs de la tension aux bornes, courbe qui peut donc être extrapolée avec une grande exactitude. Les pertes mécaniques étant ainsi déterminées, les pertes dans le fer sont également connues et peuvent être représentées graphiquement en fonction de la tension aux bornes.

Commentaire: Cette méthode est très commode, car il n'est pas nécessaire d'accoupler la machine avec une autre et il

suffit de disposer d'une tension alternative à la fréquence nominale et pouvant être réglée à la valeur voulue. La puissance nécessaire est relativement faible.

b) Méthode du ralentissement

Cette méthode consiste à amener la machine synchrone à une vitesse dépassant de 10 à 20 % la vitesse nominale, puis à l'abandonner à elle-même. Sous l'effet de ses pertes, la machine est progressivement freinée, de sorte que les pertes peuvent être déterminées par la mesure de la vitesse de rotation en fonction du temps.

a) Mise en vitesse de la machine

Si une tension convenable à fréquence variable est disponible, la machine peut être mise en vitesse en moteur synchrone à vide (combinaison avec l'essai selon a). Dans ce cas il n'est pas nécessaire de la coupler avec une autre machine. Le ralentissement commence avec l'interruption du courant.

Souvent l'excitatrice accouplée suffit pour la mise en vitesse.

Lorsqu'il s'agit d'une génératrice qui est déjà accouplée à sa machine d'entraînement, elle peut être au besoin amenée à la survitesse désirée au moyen de cette machine. Dans le cas d'une turbine Pelton, le ralentissement est alors amorcé en supprimant la fourniture d'énergie à la turbine par réglage rapide du vannage (déflecteur).

Commentaire: Dans ce cas, la mesure englobe également les pertes de la turbine, de sorte que les pertes à vide de la génératrice ne peuvent être déterminées que si les pertes de la turbine sont déjà connues. Pour les génératrices entraînées par des turbines hydrauliques à faible vitesse, ce système n'est pas possible, car l'eau ne pourrait pas être évacuée suffisamment vite de la chambre de la turbine et les pertes ne pourraient être mesurées correctement qu'une fois la chambre complètement vide. Lorsqu'il s'agit de génératrices entraînées par turbines à vapeur, la méthode du ralentissement ne peut également être appliquée qu'en désaccouplant la turbine.

β) Mesures

Le procédé le plus simple consiste à lire simultanément tous les appareils de mesure nécessaires, à des intervalles déterminés (par exemple sur un coup de sifflet). La vitesse de rotation sera mesurée au moyen d'une dynamo tachymétrique accouplée rigide avec la machine synchrone; on peut généralement utiliser à cet effet l'excitatrice en bout d'arbre ou l'excitatrice auxiliaire. Durant la marche à vide, la tension aux bornes de la machine synchrone sert également à vérifier la vitesse de celle-ci.

Commentaire: Comme la formule des pertes (voir ci-après) contient entre autres les variations de vitesse, l'exactitude peut être augmentée en opposant à la tension de la dynamo tachymétrique la tension d'une batterie qui compense la première en majeure partie. On peut alors utiliser un appareil ayant une gamme de mesure plus petite, ce qui augmente l'exactitude de la mesure.

D'autres méthodes pour la détermination de $\frac{dn}{dt}$ ou $n \frac{dn}{dt}$ par l'essai du ralentissement ont été publiées dans la littérature technique.

γ) Utilisation des valeurs mesurées

Les pertes sont déterminées par l'équation:

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

ou bien, converti dans le système d'unités employé lors des mesures:

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

P_v sont les pertes en kW
 GD^2 exprimé en français par PD^2 , en kg^*m^2
 (mesures techniques de $GD^2 = 4 \times$ mesures Giorgi de J)

n est le nombre de tours par minute
 t est le temps en s

La méthode la plus simple consiste à porter la vitesse n en fonction du temps t et de déterminer graphiquement $\frac{dn}{dt}$ en traçant la tangente. Dans certains cas, on obtient la même précision en choisissant deux points de mesure situés à égale distance au-dessus et au-dessous de la vitesse nominale et en

formant le quotient $\frac{\Delta n}{\Delta t}$ (calcul avec la sécante au lieu de la tangente).

On peut également former les quotients $\frac{\Delta n}{\Delta t}$ avec les différences Δn et Δt entre deux points de mesure qui se suivent et porter ces valeurs en fonction de la vitesse. Par les points ainsi obtenus, qui présentent une légère dispersion, on trace une courbe moyenne (qui sera souvent presque rectiligne) et l'on peut de cette manière déterminer avec une bonne précision la valeur de $\frac{dn}{dt}$ pour la vitesse nominale.

δ) Applications

Les essais de ralentissement à vide et en court-circuit permettent de déterminer toutes les pertes à vide et en charge, à la condition que le moment d'inertie de la machine synchrone (comprenant au besoin celui de la machine d'entraînement) soit connu.

On obtient les pertes mécaniques seules par un essai de ralentissement à vide, avec une machine non excitée.

On obtient les pertes à vide par un essai de ralentissement à vide, en réglant l'excitation de manière que la tension nominale soit atteinte à la vitesse nominale.

On obtient les pertes supplémentaires, y compris les pertes mécaniques et les pertes Joule, par un essai de ralentissement en court-circuit, en réglant l'excitation de manière à atteindre à la vitesse nominale le courant de l'induit pour lequel les pertes doivent être déterminées. Pour obtenir les pertes supplémentaires seules, il suffit alors de soustraire de la puissance de perte déterminée durant le ralentissement les pertes mécaniques déterminées précédemment et les pertes Joules qui apparaissent durant l'essai.

Pour les essais de ralentissement, la machine synchrone sera excitée par une source séparée, car le courant d'excitation doit être maintenu parfaitement constant durant l'essai.

Si le moment d'inertie de la machine synchrone (seule ou avec sa machine d'entraînement) n'est pas connu, les essais de ralentissement combinés aux essais en moteur synchrone à vide permettent de déterminer toutes les pertes à vide et en charge, ainsi que le moment d'inertie.

Dans ce cas, on mesurera par exemple tout d'abord les pertes à vide par l'essai en moteur synchrone à vide selon a), à la vitesse nominale et à la tension nominale, puis on procédera à l'essai de ralentissement à vide, en réglant l'excitation de manière à obtenir la tension nominale à la vitesse nominale. Les pertes dans cet état de service étant déjà connues, le moment d'inertie peut être déterminé en appliquant la formule indiquée.

Commentaire: Les essais de ralentissement sont d'une exécution facile, car la machine en essai n'a pas besoin d'être accouplée mécaniquement à une machine auxiliaire. Cette méthode est particulièrement indiquée pour les machines de grande et de moyenne puissance, qui ne sont pas freinées trop rapidement par les pertes.

c) Méthode du moteur auxiliaire taré

La machine synchrone est entraînée par un moteur auxiliaire taré, dont la puissance absorbée est mesurée au moyen d'appareils électriques. Après soustraction des pertes dans le moteur auxiliaire, cette puissance est égale:

aux pertes mécaniques, lorsque la machine synchrone n'est pas du tout excitée,

aux pertes à vide (y compris les pertes d'excitation, quand il s'agit d'excitation propre), lorsque la machine synchrone est excitée à la tension nominale,

à la somme des pertes Joule dans l'induit (à la température d'enroulement atteinte lors de l'essai), des pertes mécaniques et des pertes supplémentaires (et des pertes d'excitation, quand il s'agit d'excitation propre), lorsque la machine synchrone est entraînée en court-circuit et excitée de manière à conduire le courant pour lequel les pertes doivent être déterminées.

Commentaire: Cette méthode présente le désavantage que la machine doit être accouplée à un moteur auxiliaire et que les pertes de celui-ci doivent être exactement connues.

d) Méthode du dynamomètre

La machine synchrone est accouplée à un dynamomètre et entraînée par celui-ci. Le couple transmis à la machine synchrone est alors mesuré directement, ce qui permet de déterminer la puissance absorbée (voir également chiffre 111).

On peut procéder exactement aux mêmes mesures qu'avec le moteur auxiliaire taré.

e) Méthode calorimétrique

La machine synchrone est entraînée par un moteur quelconque, tout d'abord à vide, puis en court-circuit. Les pertes sont mesurées calorimétriquement.

Dans ce cas également, on peut procéder aux mêmes mesures qu'avec le moteur auxiliaire taré.

Commentaire: La mesure calorimétrique des pertes séparées est très incommode. Il est donc généralement préférable d'appliquer l'une des méthodes décrites précédemment.

II. Détermination des pertes séparées dans les machines à induction polyphasées

124. Détermination des pertes à vide dans les machines à induction polyphasées

La machine fonctionne en moteur à vide sous la tension nominale à fréquence nominale. On désigne par pertes à vide de la machine la puissance absorbée dans ces conditions, moins les pertes Joule dans le primaire qui se produisent durant l'essai.

La séparation des pertes à vide en pertes mécaniques et en pertes dans le fer, à laquelle il est parfois nécessaire de procéder (par exemple pour les machines qui sont essayées avec des paliers de provenance étrangère, cf. chiffre 110), peut s'opérer à l'aide de l'une des méthodes ci-après:

1° Mesure à vide sous tension variable. Les pertes à vide sont successivement mesurées sous diverses tensions, jusqu'à 30 à 15 % de la tension nominale. Les valeurs des pertes à vide reportées en fonction du carré de la tension se trouvent sur une ligne sensiblement droite; prolongée vers zéro, cette ligne vient couper les pertes mécaniques sur l'axe des pertes à vide.

2° Mesure des pertes mécaniques par la méthode par ralentissement.

3° Mesure des pertes mécaniques par la méthode du moteur auxiliaire taré.

4° Mesure des pertes mécaniques par la méthode du dynamomètre.

L'exécution des mesures selon ces quatre méthodes a lieu d'une manière analogue à ce qui a été dit à propos des machines synchrones sous chiffre 123, a) à d).

125. Détermination des pertes en charge dans les machines à induction polyphasées

Les pertes en charge peuvent être déterminées à l'aide de l'une des méthodes ci-après:

a) Charge sous tension nominale. Cette méthode est particulièrement appropriée pour les machines de faible et de moyenne puissance.

b) Charge sous tension réduite. Cette méthode est particulièrement appropriée pour les machines de grande puissance et lorsque le diagramme du cercle ne peut pas être utilisé (machines à grand effet pelliculaire de courant dans le rotor).

c) Diagramme du cercle. Cette méthode est appropriée pour les machines à faible effet pelliculaire dans le rotor.

a) Charge sous tension nominale

A fréquence et à tension nominales, on mesure pour chacune des charges auxquelles le rendement de la machine à induction doit être déterminé, la puissance absorbée, le courant primaire et le glissement, puis les pertes en charge sont calculées comme suit:

α) Les pertes Joule dans le primaire sont calculées d'après le courant de charge mesuré et la résistance en courant continu rapportée à 75 °C (chiffre 110) de l'enroulement primaire.

β) Les pertes Joule dans le secondaire, y compris les pertes éventuelles dues à la chute de tension de contact entre les balais et les bagues, s'obtiennent en multipliant la puissance $P_{12} = P_1 - P_{e1}$ transmise au rotor par le glissement:

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

où P_1 est la puissance absorbée,
 P_{e1} sont les pertes Joule primaires rapportées à la température de l'enroulement statorique de 75 °C,
 P_{e2} sont les pertes Joule secondaires rapportées à la température de l'enroulement rotorique de 75 °C, et
 s est le glissement à la température de l'enroulement rotorique de 75 °C.

Toutefois, lorsque la température de l'enroulement rotorique diffère de 75 °C, le glissement mesuré au cours de l'essai sera ramené à la valeur correspondant à une température de l'enroulement rotorique de 75 °C, ou à défaut (machines à cage d'écureuil) on se contentera d'une correction approximative basée sur la température de l'enroulement du stator.

On a donc:

$$s = s_{75} \frac{R_2}{R_{2\vartheta}} \quad \text{ou} \quad s = s_{75} \frac{R_1}{R_{1\vartheta}}$$

où R_2 et R_1 sont respectivement la résistance rotorique et la résistance statorique à 75 °C,

$R_{2\vartheta}$ et $R_{1\vartheta}$ sont respectivement la résistance rotorique et la résistance statorique lors de la mesure du glissement, et

s_{75} est le glissement mesuré.

Le glissement doit, autant que possible, être mesuré par une méthode stroboscopique, par exemple au moyen d'une lampe à décharge branchée aux bornes du moteur.

γ) Aucune méthode n'est indiquée, pour le moment, pour la mesure des pertes supplémentaires des machines à induction. Jusqu'à nouvel avis, on admettra que ces pertes atteignent en charge nominale 0,5 % de la puissance absorbée et qu'elles varient avec le carré du courant primaire.

b) Charge sous tension réduite

Lorsqu'on réduit la tension, tout en maintenant constante la vitesse de rotation de la machine à induction, les courants diminuent à peu près proportionnellement à la tension et les puissances diminuent à peu près proportionnellement au carré de la tension. Lorsque la tension atteint la moitié de la valeur nominale, les courants sont donc environ la moitié et les puissances le quart de leurs valeurs à tension nominale.

En chargeant le moteur à induction sous la tension réduite U_r , on mesure la puissance absorbée P_{1r} , le courant primaire I_{1r} et le glissement s , de même que les courants à vide I_{0r} sous cette même tension réduite U_r et I_0 sous la tension nominale U_n .

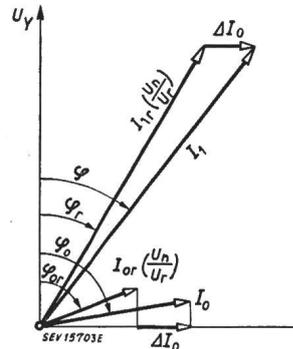


Fig. 3

Diagramme vectoriel de la machine à induction pour la détermination du vecteur du courant I

U_r tension étoilée; I_{0r} , I_{1r} , φ_r sont les valeurs mesurées sous tension réduite U_r ; I_0 , I_1 , φ sont les valeurs sous tension nominale U_n

Le vecteur du courant de charge I_1 sous tension nominale s'obtient en construisant le diagramme vectoriel de la figure 3, de la manière suivante:

Au vecteur du courant I_{1r} , multiplié par le rapport

$$\frac{\text{tension nominale}}{\text{tension réduite}} = \frac{U_n}{U_r}$$

on ajoute le vecteur

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

Le vecteur résultant représente le courant qui existerait sous la tension nominale U_n , pour une puissance absorbée

$$P_1 = P_{1r} \left(\frac{U_n}{U_r} \right)^2$$

A l'aide des valeurs I_1 , P_1 ainsi déterminées et du glissement s mesuré sous tension réduite, on peut alors calculer les pertes en charge, comme indiqué en a).

Commentaire: Cette méthode fournit des résultats à peu près exacts lorsque le courant de charge I_1 se trouve dans la partie rectiligne de la caractéristique en court-circuit (fig. 4). Par contre, lorsque ce courant se trouve dans la partie incurvée, le facteur de puissance et le rendement réels sont un peu plus élevés que ne l'indiquent les calculs obtenus par cette méthode.

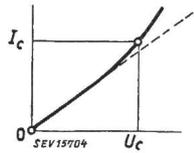


Fig. 4
Caractéristique en court-circuit de la machine à induction
 I_c courant de court-circuit primaire
 U_c tension de court-circuit

c) Diagramme du cercle

Les pertes en charge ne doivent être déterminées par la méthode décrite ci-après que lorsqu'il s'agit de machines à induction à faible effet pelliculaire dans le rotor, c'est-à-dire de toutes les machines à induit à bagues et à simple cage, dont les conducteurs logés dans les encoches du rotor ne dépassent pas chacun la hauteur de $1,6 \sqrt{\frac{50}{f_n}}$ cm, s'ils sont en cuivre, ou de $2 \sqrt{\frac{50}{f_n}}$ cm, s'ils sont en aluminium, f_n étant la fréquence nominale.

L'essai en court-circuit s'opère à la fréquence nominale, en tournant lentement le rotor (au plus 2% de la vitesse synchrone), le courant de court-circuit I_{cr} étant égal au courant I_1 pour lequel on doit déterminer les pertes en charge. On mesure la tension U_{cr} et le courant I_{cr} , ainsi que la puissance absorbée, ce qui permet de déterminer le facteur de puissance en court-circuit $\cos\varphi_c$. Le courant de court-circuit mesuré I_{cr} est ensuite rapporté à la tension nominale U_n , en appliquant la formule:

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

et on le porte sous forme d'un vecteur avec l'angle de phase de court-circuit φ_c par rapport au vecteur de la tension U_Y (fig. 5). Le courant à vide I_0 mesuré sous tension nominale est également porté sous forme d'un vecteur (avec l'angle

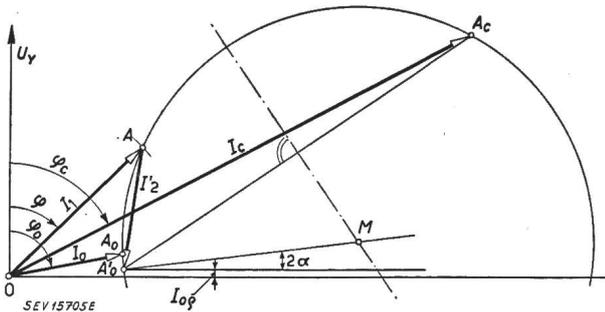


Fig. 5

Diagramme du cercle de la machine à induction

I_c courant de court-circuit primaire; I_1 courant de charge primaire; I_2' courant de charge secondaire ramené au primaire; I_0 courant à vide

de phase à vide φ_0). On obtient ainsi les points A_c et A_0 . En partant de A_0 , on trouve le point A'_0 de la circonférence à une distance égale à I_{0e} de l'axe des abscisses, éventuellement à l'aide d'un centre provisoire du cercle.

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

est la composante active du courant correspondant aux pertes Joule à vide.

Commentaire: On renonce à prendre en considération les pertes dans le fer du champ principal pour la détermination du point A'_0 car il est impossible de les mettre en évidence par le procédé habituel de mesure en marche à vide. En tenir compte n'aurait donc pratiquement aucune influence sur la précision du diagramme du cercle.

Le cercle est déterminé par les points A'_0 et A_c , ainsi que par la valeur

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

où $U_Y = \frac{U_n}{\sqrt{3}}$ est la valeur nominale de la tension étoilée, et

R_1 la résistance par phase de l'enroulement statorique couplé en étoile ou rapportée à ce couplage.

En portant sur le diagramme le courant de charge $I_1 = 0A$, on obtient le facteur de puissance $\cos\varphi$ correspon-

dant et le courant de charge secondaire ramené au primaire $I_2' = AA'_0$. Si les pertes en charge doivent être déterminées pour différentes charges, il suffit de dessiner un seul diagramme circulaire pour tous les courants de charge situés dans la partie rectiligne de la caractéristique en court-circuit (fig. 4); par contre il est nécessaire de construire un diagramme circulaire particulier pour chaque courant de charge se trouvant dans la partie incurvée de cette caractéristique. (La partie rectiligne de la caractéristique en court-circuit s'étend généralement jusqu'à 0,8 à 1,2 fois la valeur du courant nominal.)

Quand il s'agit de machines à induction à rotor bobiné (à bagues), on mesure en outre le rapport des tensions $\frac{U_n}{U_{20}}$ à l'arrêt à la tension nominale, l'enroulement rotorique étant ouvert. Le courant secondaire est alors donné par la formule:

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

à condition que les nombres des phases primaire et secondaire soient égaux.

Avec ce courant, on calcule les pertes Joule du secondaire pour la résistance en courant continu de l'enroulement rotorique rapportée à 75 °C (chiffre 110), ainsi que les pertes éventuelles, dues à la chute de tension de contact entre les balais et les bagues (cf. chiffre 121).

Pour les machines à cage d'écureuil, on mesure en outre le glissement, la puissance absorbée et le courant primaire sous tension nominale

1° à vide (s_0, P_{10}, I_0),

2° à faible charge, jusqu'à environ 25 % de la charge nominale (s, P_1, I_1).

Au besoin, le glissement mesuré sera rapporté à la température d'enroulement de 75 °C, comme en a). La résistance secondaire (réduite) R_2' est alors:

$$R_2' = m_1 U_Y^2 \frac{s - s_0}{P_{12} - P_0},$$

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

$R_{1\vartheta}$ est la résistance primaire (couplage en étoile) lors de la mesure du glissement,

U_Y la tension étoilée primaire et

m_1 le nombre de phases au primaire.

Les pertes Joule secondaires sont

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

Les pertes Joule primaires et les pertes supplémentaires se calculent avec le courant déterminé par le diagramme du cercle, comme en a).

K. Tension et variation de tension

140. Limites de tension

Les génératrices doivent pouvoir maintenir une tension différant au maximum de $\pm 5\%$ de leur tension nominale, la puissance, la vitesse et le facteur de puissance conservant leur valeur nominale.

Les moteurs doivent pouvoir fournir leur puissance nominale lorsqu'ils sont alimentés, à la fréquence nominale, sous une tension différant au maximum de $\pm 5\%$ de leur tension nominale. Les échauffements correspondant au fonctionnement à ces limites de tension ne doivent pas dépasser de plus de 5 °C les valeurs spécifiées au tableau III.

141. Définitions

(pour les machines synchrones seulement)

a) Tension interne. La tension interne est égale à la tension induite dans l'enroulement de l'induit par l'harmonique fondamental du champ magnétique dans l'entrefer (composante directe) au service nominal de la machine.

b) Tension de fuites de l'induit. La tension de fuites de l'induit est égale à la tension induite dans l'enroulement de l'induit, au service nominal de la machine, par toutes les autres parties du flux magnétique.

c) Variation de tension. La variation de tension d'un alternateur synchrone à excitation propre ou séparée est la différence entre les valeurs efficaces de la tension, qui sont

obtenues en passant du service nominal à la marche à vide, la vitesse et le courant d'excitation demeurant constants. La variation de tension s'exprime toujours en pour cent de la tension nominale:

$$\varepsilon = \frac{U_0 - U_n}{U_n} 100 \quad \text{en } \%/_0$$

142. Forme sinusoïdale des courbes de tension
(pour les machines synchrones seulement)

Tant en marche à vide qu'en charge sur une résistance non inductive, les machines synchrones doivent fournir une tension pratiquement sinusoïdale (chiffre 13c).

143. Détermination de la tension de fuites de l'induit
(pour les machines synchrones seulement)

Remarque:

La méthode de détermination de la variation de tension décrite au chiffre 144b fait usage, pour la tension de fuites de l'induit, de la tension de Potier U_x . Cette dernière sera déterminée par la méthode 143a. S'il est impossible de déterminer directement la tension de Potier, on emploiera la méthode approchée décrite sous 143b ou c. D'autres méthodes de détermination de la variation de tension, qui ne sont pas décrites dans les présentes Règles, font usage d'autres valeurs de la tension de fuites de l'induit. En conséquence, la valeur de la tension de fuites de l'induit déterminée selon les méthodes indiquées au chiffre 143a, b ou c, ne peut être utilisée que pour la méthode de détermination de la variation de tension décrite au chiffre 144b.

a) Par la méthode de Fischer-Hinnen avec le diagramme de Potier

Cette méthode nécessite le relevé de la caractéristique à vide, du courant d'excitation en cas de court-circuit de toutes les phases à courant nominal, et de l'excitation sous tension nominale, pour le courant nominal et $\cos \varphi = 0$. La construction du diagramme est indiquée sur la figure 6.

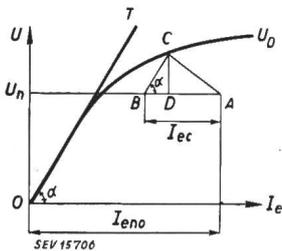


Fig. 6
Détermination de la tension de Potier de la machine synchrone
 U tension aux bornes; U_0 caractéristique à vide; I_e courant d'excitation; I_{eno} courant d'excitation pour U_n , I_n et $\cos \varphi = 0$; I_{ec} courant d'excitation en court-circuit pour le courant nominal; $BC \parallel OT$; $CD = U_x$ tension de Potier; $\triangle ACD$ triangle de Potier

b) Par mesure de la réactance avec rotor enlevé

Le rotor étant enlevé, on mesure la réactance de l'enroulement statorique. La réactance de fuites de l'induit est égale à 1,2 fois cette réactance pour les machines à pôles saillants et à 0,6 fois pour les machines à rotor lisse³⁾. La tension de fuites de l'induit est égale au produit de la réactance de fuites de l'induit par le courant nominal.

c) Par mesure de la réactance avec rotor calé

(pour les machines synchrones polyphasées seulement)

Dans le cas de machines à rotor lisse, la réactance de fuites de l'induit peut être considérée comme étant égale à la réactance mesurée avec le rotor calé. La tension de fuites de l'induit est égale au produit de la réactance de fuites de l'induit par le courant nominal.

144. Détermination de la variation de tension et du courant d'excitation

(pour les machines synchrones seulement)

a) Méthode directe

La machine est amenée au service nominal, puis la charge est supprimée. La différence entre la tension à vide ainsi constatée et la tension nominale est la variation de tension. Le courant d'excitation en service nominal, qui est nécessaire pour déterminer les pertes dans les circuits d'excitation selon le chiffre 114, est mesuré directement.

³⁾ Ces valeurs sont des moyennes tirées de mesures sur un certain nombre de machines.

b) Méthode indirecte

On détermine tout d'abord la tension interne U_i , en soustrayant vectoriellement de la tension aux bornes U_n la tension de Potier U_x déterminée selon chiffre 143 (fig. 7). En outre, on détermine le courant d'excitation correspondant, dont on n'utilise pour la construction du diagramme que la partie ΔI_e qui dépasse la tangente à l'origine de la caractéristique à vide. En partant de la tension nominale U_n , on détermine en outre le courant d'excitation $I_{e\delta}$ correspondant à l'entrefer, à l'aide de la tangente ci-dessus, et on ajoute vectoriellement le courant d'excitation en court-

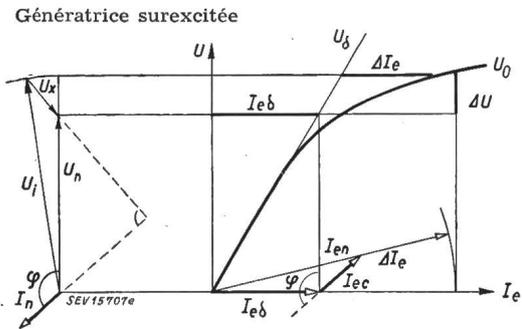


Fig. 7

Détermination de la variation de tension et du courant d'excitation de la machine synchrone

U_δ tangente à l'origine de la caractéristique à vide; U_0 caractéristique à vide; U_x tension de Potier; I_{ec} courant d'excitation en court-circuit à courant nominal; I_{en} courant d'excitation en service nominal

circuit I_{ec} (parallèlement au courant statorique I_n , en sens opposé). Enfin, on ajoute la grandeur ΔI_e dans la direction de la résultante. On obtient de cette façon le courant d'excitation en service nominal I_{en} (cf. chiffre 114 B), puis on détermine la variation de tension ΔU à l'aide de la caractéristique à vide.

L. Court-circuit

(pour les machines synchrones seulement)

150. Généralités

Les dispositions ci-après ne concernent que le contrôle de la résistance aux points de vue mécanique et électrique, sans tenir compte de l'échauffement.

151. Définitions

a) Le courant de court-circuit de choc (représenté par a sur les figures 8 à 10) est la valeur instantanée maximum du courant, qui se présente lorsque, au moment de couplage le plus défavorable, toutes les bornes du stator, en service no-

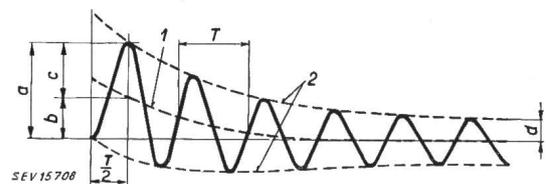


Fig. 8
Asymétrie maximum

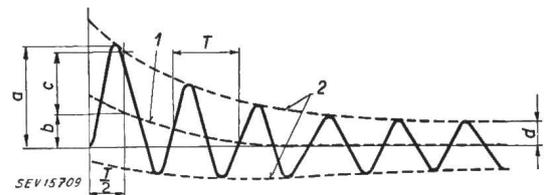


Fig. 9
Cas général

Oscillogrammes pour la détermination du courant initial de court-circuit de la machine synchrone

a courant de court-circuit de choc; b composante continue du courant initial de court-circuit; c composante alternative du courant initial de court-circuit; d courant permanent de court-circuit; T période; 1 composante continue décroissante; 2 enveloppantes.

minal, sont brusquement court-circuitées, excepté la borne neutre si elle existe.

b) La composante continue du courant initial de court-circuit (représentée par b sur les figures 8 et 9) est l'ordonnée de la ligne médiane des deux enveloppantes, une demi-période après le début du court-circuit. Sa valeur diffère selon le moment du couplage.

c) La composante alternative (valeur efficace) du courant initial de court-circuit (sur les figures 8 à 10, c représente

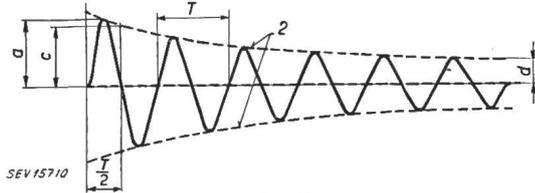


Fig. 10
Symétrie complète

la valeur de crête) est la distance qui sépare les deux enveloppantes, divisée par $2\sqrt{2}$, une demi-période après le début du court-circuit.

d) Le courant permanent de court-circuit (sur les figures 8 à 10, d représente la valeur de crête) est la valeur efficace du courant qui s'établit en permanence, à la vitesse et à l'excitation correspondant au service nominal, lors du court-circuitage de toutes les phases du stator, excepté la borne neutre si elle existe.

152. Epreuve de court-circuit

Cette épreuve n'a lieu que si elle est expressément exigée dans la commande.

Les machines synchrones doivent supporter un court-circuit franc. L'épreuve est exécutée à partir de la marche à vide à la vitesse nominale, la machine étant excitée pour une tension de 1,05 fois la tension nominale.

Pour les alternateurs synchrones polyphasés, il ne sera procédé qu'à un seul court-circuit.

Pour les alternateurs synchrones monophasés, le court-circuit sera répété jusqu'à ce qu'il ait lieu au moment de couplage le plus défavorable; le nombre des courts-circuits est toutefois limité à trois.

Le court-circuit sera établi brusquement et simultanément entre toutes les phases du stator, excepté la borne neutre si elle existe. Il durera jusqu'à ce que le courant ait atteint sa valeur stationnaire. Pour cette épreuve, il y a lieu de mettre hors service les dispositifs de protection et de réglage faisant éventuellement partie de la machine, tels que les relais de surintensité de courant.

L'épreuve de court-circuit est considérée comme satisfaisante s'il ne s'est produit aucune déformation dangereuse et si la machine est ensuite capable de supporter les essais diélectriques prévus. Lorsqu'il s'agit de prouver que le courant de court-circuit de choc (chiffre 151 a) ne dépasse pas une certaine valeur garantie, la preuve est considérée comme faite, si cette valeur n'est pas dépassée en cas de court-circuit franc à vide, sous 1,05 fois la tension nominale.

M. Surchage

160. Généralités

Remarque:

En ce qui concerne l'échauffement, aucune garantie n'étant fournie pour la capacité de surcharge par rapport au service nominal, les dispositions ci-après ne concernent que la capacité de surcharge mécanique et électrique.

Les machines prévues pour un service continu doivent supporter, à l'état chaud de service, un courant d'intensité égale à 1,5 fois la valeur nominale pendant 2 minutes, sans subir d'avarie, ni de déformation permanente. Pour les moteurs, cet essai a lieu sous tension nominale et, pour les génératrices, sous une tension se rapprochant le plus possible de la valeur nominale.

Sous tension nominale à fréquence nominale et avec l'excitation nominale, les moteurs synchrones doivent développer un couple de décrochage égal à au moins 1,5 fois le couple nominal.

Les machines à induction doivent être capables de supporter pendant 15 secondes, sans calage ni changement brus-

que de vitesse (sous une augmentation graduelle du couple), un couple supérieur de 60% au couple nominal, la tension et la fréquence étant maintenues à leur valeur nominale. Lorsqu'il s'agit de moteurs à induction dont les conditions de service sont spécifiées ou de moteurs à induction à rotor d'un type spécial (par exemple à double cage, à courants de Foucault) avec caractéristiques de démarrage spéciales, la valeur du couple maximum devra toutefois faire l'objet d'une entente particulière.

161. Couple maximum des machines à induction

Le couple maximum des machines à induction peut également être déterminé au moyen du diagramme du cercle, lorsqu'il s'agit de machines à faible effet pelliculaire (voir chiffre 125 c).

Dans ce but, on estime tout d'abord la valeur du courant au couple maximum I_{Mmax} , puis on procède à l'essai de court-circuit indiqué au chiffre 125 c, mais sous une tension telle, que le courant de court-circuit I_c atteigne la valeur estimée

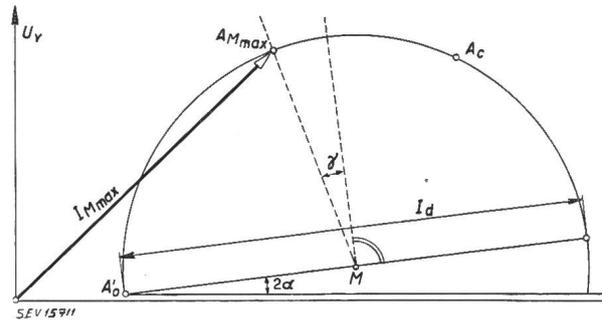


Fig. 11

Diagramme du cercle pour la détermination du couple maximum de la machine à induction

I_{Mmax} courant au couple maximum; I_d diamètre du cercle, en ampères

du courant au couple maximum I_{Mmax} . On construit alors, comme indiqué au chiffre 125 c, le diagramme du cercle et on détermine le point correspondant au couple maximum A_{Mmax} , en traçant par le centre M du cercle un rayon décalé de l'angle γ (fig. 11).

$$\text{tg } \gamma = \frac{I_d R_1}{U_Y}$$

où I_d est le diamètre du cercle en ampères.

Si le courant au couple maximum ainsi déterminé diffère sensiblement de la valeur I_{Mmax} estimée au début, on appliquera à nouveau le même procédé, en partant de la valeur I_{Mmax} plus précise que l'on vient de déterminer.

Lorsque l'essai de court-circuit ne peut pas être effectué jusqu'à la valeur du courant I_{Mmax} qui correspond au couple maximum, il y a lieu d'extrapoler par la tangente d'extrémité (fig. 12) la caractéristique en court-circuit mesurée jusqu'à une valeur aussi rapprochée que possible du

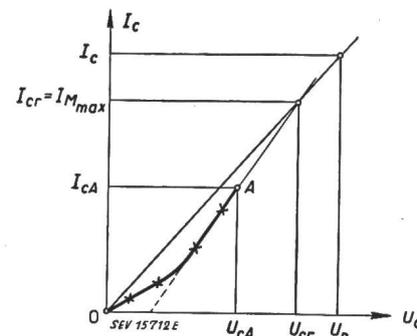


Fig. 12
Caractéristique en court-circuit pour la détermination du courant I_{Mmax} au couple maximum de la machine à induction

coude de la courbe, puis de mesurer sur le diagramme la tension U_{cr} qui correspond au courant de court-circuit $I_{cr} = I_{Mmax}$. Le courant I_{cr} rapporté à la tension nominale s'obtient alors en appliquant la formule:

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

La puissance absorbée P_c correspondant à ce courant I_c se calcule au moyen de la formule

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

où P_{cA} est la puissance absorbée avec le plus fort courant de court-circuit I_{cA} encore mesuré. A l'aide de P_c , I_c et de la tension nominale U_n , on calcule le facteur de puissance $\cos\varphi$ et on poursuit la construction du diagramme du cercle comme indiqué au chiffre 125c.

Sur le diagramme de la figure 11, on détermine la puissance absorbée qui correspond au point du couple maximum $A_{M_{max}}$, puis on soustrait de cette puissance les pertes Joule et les pertes supplémentaires calculées comme indiqué au chiffre 125 et les pertes à vide calculées selon chiffre 124; on obtient ainsi la puissance $P_{12M_{max}}$ transmise au rotor à l'instant où le couple est maximum.

Ce couple maximum est alors

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

ou, en kg^*m :

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

$P_{12M_{max}}$ est la puissance en kW, transmise au rotor à l'instant où le couple est maximum
 M_{max} est le couple maximum en kg^*m
 n_{syn} est le nombre de tours synchrones en tours par min.

N. Démarrage

(pour les machines à induction seulement)

170. Définitions

a) Le courant de démarrage est la valeur stationnaire du courant dans la partie primaire sous tension nominale à fréquence nominale, le rotor étant en repos ou tournant lentement; il s'agit de la valeur maximum pour toutes les positions du rotor.

b) La tension du rotor à l'arrêt est la tension qui existe entre deux bagues des moteurs polyphasés alimentés à la tension nominale et à la fréquence nominale, le rotor étant à l'arrêt; il s'agit de la valeur moyenne pour toutes les positions du rotor.

Remarque:

Au cours de leur démarrage, les moteurs synchrones démarrant en asynchrone sont considérés comme des moteurs à induction.

171. Couple minimum de démarrage

Les moteurs à induction doivent développer, sous tension nominale à fréquence nominale et avec leur démarreur, un couple (couple minimum de démarrage) atteignant au moins 0,3 fois le couple nominal durant toute la durée du démarrage et pour n'importe quelle position du rotor.

172. Détermination des caractéristiques de démarrage

a) Lorsque le démarrage ne peut être mesuré que sous une tension réduite, il y a lieu d'extrapoler jusqu'à la pleine tension le courant de démarrage par la tangente d'extrémité de la caractéristique en court-circuit (fig. 13). Cette caracté-

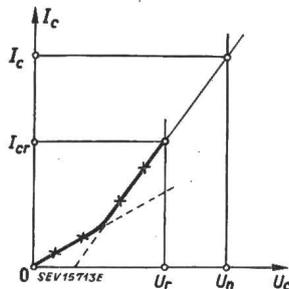


Fig. 13

Caractéristique en court-circuit pour la détermination des caractéristiques de démarrage de la machine à induction

ristique doit toutefois être mesurée jusqu'à une valeur aussi élevée que possible, c'est-à-dire au delà du coude de la courbe. Les couples initial, minimum et maximum mesurés sous tension réduite U_f peuvent être ramenés suivant la loi du carré à la pleine tension U , en tenant compte en outre de l'influence du couple de frottement et de ventilation M_f

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

où

M est le couple sous pleine tension U ,

M_r le couple sous tension réduite U_f , et

M_f le couple de frottement et de ventilation lors de la mesure.

L'effet du couple de frottement M_f à l'instant du début du démarrage peut être éliminé en mesurant le couple initial lors de la rotation extrêmement lente du rotor, d'une part avec le champ tournant et, d'autre part, contre ce champ, puis en prenant la moyenne de ces deux indications. Dans ce cas, M_f est égal à zéro dans l'équation des couples. Le couple de frottement et de ventilation M_f lors de la marche de la machine se détermine en appliquant l'un des procédés indiqués au chiffre 125. La valeur réelle des couples sous pleine tension est supérieure à la valeur calculée, au moyen de l'équation des couples et elle peut être déterminée exactement en reportant les valeurs mesurées des couples M_r en fonction de la tension variable U_f sur un papier logarithmique double ou en fonction du carré de la tension U_f , puis en extrapolant à la pleine tension au moyen de la tangente d'extrémité.

b) Le couple initial, le couple minimum et le couple maximum, de même que la courbe entière des couples, peuvent également être déterminés en partant des résultats de l'essai de démarrage. Dans ce but, on mesure la courbe de vitesse du moteur au moyen d'une dynamo tachymétrique et d'un oscillographe, en même temps que la tension et le courant de démarrage. Le couple effectif à la vitesse n s'obtient par la formule:

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

ou bien, converti dans le système des unités employées lors de la mesure:

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

M est le couple en kg^*m ,
 GD^2 exprimé en français par PD^2 , en kg^*m^2 (voir aussi chiffre 123 b),

n le nombre de tours par minute,

t le temps en secondes, et

M_e le couple de freinage extérieur (frottements, ventilation, etc. des machines et masses tournantes accouplées, en marche à vide) pour un nombre n de tours par minute.

Le couple de freinage M_e se détermine à l'aide de l'une des méthodes indiquées au chiffre 123 b, de préférence la méthode du ralentissement. Le moment d'inertie GD^2 se détermine comme indiqué au chiffre 123 b.

Commentaire: Lors de l'essai de démarrage, des phénomènes transitoires se produisent dans la machine et il y a lieu de veiller à ce qu'ils ne viennent pas fausser les résultats des mesures. L'essai de démarrage ne doit donc jamais se faire trop rapidement (moins de 2 s); il faut en conséquence accoupler des masses d'inertie suffisamment grandes ou procéder sous tension réduite. En outre, le moteur ne devrait prendre de la vitesse qu'après que l'à-coup de courant d'enclenchement se soit amorti. Cela peut s'obtenir, par exemple, en faisant tourner le moteur pendant un court instant en sens inverse et en enclenchant dans le sens de rotation correct pendant son ralentissement, de sorte que le courant d'enclenchement ait eu le temps de s'affaiblir, avant que la vitesse ne s'annule. Enfin, les accouplements qui relient les masses d'inertie et la dynamo tachymétrique au moteur en essai doivent être aussi rigides que possible.

O. Essais mécaniques et prescriptions

180. Sens de rotation

Le sens de rotation d'une machine est dit «à droite» quand il a lieu dans le sens des aiguilles d'une montre et «à gauche» quand il a lieu dans le sens inverse. Il est déterminé comme suit:

A. Vu du côté de la commande.

B. Lorsque la notion de «côté de la commande» peut prêter à confusion:

a) Vu du côté opposé au collecteur ou aux bagues, lorsqu'il n'y a un collecteur ou des bagues que d'un seul côté de la machine.

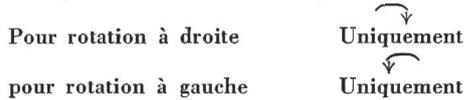
b) Vu du côté des bagues, lorsque la machine possède d'un côté des bagues et de l'autre un collecteur.

C. Selon entente particulière dans les cas où les conventions précédentes prêtent à confusion.

Pour les machines à courant triphasé de plus de 100 kVA environ et pour tous les alternateurs, les bornes *U V W* doivent se succéder de la même manière que les phases pour le sens de rotation convenu.

Si aucun sens de rotation n'a été convenu, les bornes *U V W* des machines à courant triphasé doivent se succéder de la même manière que les phases pour le sens de rotation déterminé par le fournisseur.

Le sens de rotation du moteur ou de la génératrice doit être indiqué par une flèche figurant sur la plaque signalétique ou sur le flasque-palier. Lorsqu'il s'agit d'une machine qui ne doit tourner que dans un seul sens et pour laquelle une inversion du sens de rotation n'est possible que par une modification de la construction ou du couplage interne, la flèche devra porter l'indication «Uniquement», comme suit:



Ces dispositions ne dispensent pas du contrôle de la succession des phases avant la mise en service.

181. Machines prévues pour les deux sens de rotation

Lorsque des machines doivent pouvoir être utilisées à volonté dans les deux sens de rotation, cela devra faire l'objet d'une entente particulière.

Dans ce cas, il y a lieu de désigner la relation existant entre le sens de rotation, la succession des phases, la succession alphabétique des bornes et les positions des balais.

182. Essai d'emballlement

L'essai d'emballlement n'est exécuté que s'il est exigé dans la commande. Pour cet essai, les survitesses indiquées au tableau V doivent être maintenues pendant 2 minutes. L'essai est considéré comme satisfaisant s'il ne se manifeste aucune déformation permanente et si, à la suite de cet essai, la machine est capable de satisfaire aux essais diélectriques spécifiés au chapitre H.

Survitesses Tableau V

N°	Catégorie de machines	Survitesse
1	Génératrices entraînées par turbine hydraulique	Vitesse d'emballlement de la turbine
2	Génératrices entraînées par turbine à vapeur ou à gaz Génératrices entraînées par moteur Diesel, ainsi que d'autres machines synchrones	1,25 × vitesse nominale
		1,2 × vitesse nominale
3	Moteurs à vitesse constante	1,2 × vitesse à vide
4	Moteurs à plusieurs vitesses	1,2 × vitesse maximum à vide
5	Moteurs à vitesse réglable	1,2 × vitesse maximum à vide
6	Moteurs à caractéristique série	1,2 × vitesse maximum indiquée sur la plaque signalétique, mais au moins 1,5 × vitesse nominale

En cas d'entraînement par turbine à vapeur, il y a lieu d'utiliser une vanne à fermeture rapide qui fonctionne dès que la vitesse nominale est dépassée de 10 %.

Si la plaque signalétique indique des vitesses admissibles en service plus élevées, la survitesse sera déterminée en multipliant ces vitesses maxima par les facteurs spécifiés dans la colonne des survitesses du tableau V.

P. Commutation

(ce chapitre sera traité ultérieurement)

Q. Bornes

190. Disposition des bornes dans un plan parallèle à l'axe de la machine

(applicable aux machines de faible puissance)

Pour un observateur placé face aux bornes, les bornes

U V W doivent se succéder dans l'ordre alphabétique de gauche à droite.

Tolérances

Tableau VI

N°	Objet	Tolérance
1	Rendement selon a) chiffres 112, 113, 114 b) chiffre 111	-10 % de (1-η) -15 % de (1-η) Minimum 0,007
2	Pertes globales	+ 10 % des pertes globales
3	Facteur de puissance cosφ	± 1/6 de (1-cosφ) Minimum 0,02 Maximum 0,07
4	Variation de tension des alternateurs synchrones	± 20 %
5	Courant de court-circuit de choc dans des conditions déterminées	± 30 %
6	Courant permanent de court-circuit pour une excitation déterminée	± 15 %
7	Couple maximum des moteurs	-10 %
8	Couple initial de démarrage des moteurs	± 10 %
9	Glissement des moteurs à induction	± 20 %
10	Courant de démarrage des moteurs à cage	+ 20 %
11	a) Vitesse des moteurs à courant continu shunt (à la puissance nominale et à la température de service) b) Vitesse des moteurs à courant continu série (à la puissance nominale et à la température de service)	kW par 1000 t./min: Au-dessus de 2/3, mais au-dessous de 2,5 ¹⁾ : ± 10 % De 2,5 à 10: ± 7,5 % 10 et plus: ± 5 %
		Au-dessus de 2/3, mais au-dessous de 2,5 ¹⁾ : ± 15 % De 2,5 à 10: ± 10 % 10 et plus: ± 7,5 %
12	Variation de tension des génératrices à courant continu à excitation shunt ou séparée	± 20 % de la variation de tension garantie
13	Variation de tension des génératrices à courant continu à excitation compound	± 20 % de la variation de tension garantie, avec un minimum de 2 % de la tension nominale. (Cette tolérance s'applique à l'écart maximum à une charge quelconque entre la tension observée à cette charge et une ligne droite tracée par les points de la tension garantie à vide et en charge.)
14	Variation de vitesse des moteurs à courant continu à excitation en dérivation ou compound (entre marche à vide et puissance nominale)	± 20 % de la variation garantie, avec un minimum de 0,2 % de la vitesse nominale

¹⁾ Ne s'applique pas aux moteurs d'une puissance nominale inférieure à 1 kW.

191. Disposition des bornes dans un plan perpendiculaire à l'axe de la machine

(applicable aux machines de grande puissance)

Les bornes $U V W$ doivent se succéder dans le sens de rotation de la machine. Un point considéré à la périphérie du rotor doit donc passer successivement devant les bornes $U V W$ ou, quand le point neutre est sorti, devant les bornes $X Y Z$.

192. Exceptions

Si, pour des motifs de construction, les conducteurs ne peuvent pas être sortis de la machine selon la succession prescrite, on désignera les bornes dans l'ordre de la succession des phases, sans tenir compte de leur position sur la machine.

Dans ce cas, les croquis d'encombrement et les schémas des connexions devront attirer l'attention sur cette dérogation à la disposition normale des bornes.

193. Borne de mise à la terre

Les machines doivent être munies, si possible sur leur carcasse, d'une borne de mise à la terre de dimensions suffisantes, désignée en jaune et aisément accessible.

Les arbres n'ont pas besoin d'être mis spécialement à la terre, à condition que l'un des paliers au moins puisse être relié à la terre.

R. Tolérances et garanties

200. Définition

La tolérance admise sur une valeur garantie est l'écart maximum admissible entre la valeur mesurée de cette grandeur et la valeur garantie suivant les prescriptions des présentes Règles. Elle a pour but de tenir compte des différences inévitables dans la qualité des matières premières, des irrégularités normales de fabrication et des erreurs de mesure.

201. Application

Les tolérances admises sur les grandeurs garanties sont indiquées au tableau VI. Toutes les grandeurs mentionnées ne font pas nécessairement l'objet de garanties, celles qui en font l'objet doivent être stipulées au contrat.

S. Marques d'origine et plaques

210. Marque d'origine

Chaque machine doit porter le nom du fabricant ou la marque de fabrique.

Dans le cas où une modification affectant les caractéristiques de la machine, telle qu'un rebobinage ou un changement de couplage, est effectuée par une maison différente de la maison d'origine, cette maison doit apposer, à côté de la plaque d'origine, une autre plaque signalétique indiquant les nouvelles caractéristiques, ainsi que la date de la modification.

211. Plaque signalétique

Chaque machine doit porter une plaque signalétique, disposée de façon que ses indications restent bien visibles après le montage.

La plaque signalétique doit porter, en caractères lisibles et indélébiles, les indications ci-après, correspondant aux valeurs nominales:

1. Genre de machine
2. Type
3. Numéro de fabrication
4. Puissance nominale
5. Genre de service
6. Vitesse nominale
7. Tension nominale (pour les machines à induction, également la tension nominale du rotor à l'arrêt)
8. Courant nominal (pour les machines à induction, également le courant nominal du rotor)
9. Facteur de puissance nominal
10. Mode de couplage de l'enroulement statorique (pour les machines à induction, également celui de l'enroulement rotorique)
11. Tension d'excitation nominale
12. Courant d'excitation pour service nominal
13. Fréquence nominale
14. Règles considérées (ASE)
15. Survitesse (s'il y a lieu)
16. Température de l'agent de refroidissement (s'il y a lieu)

Remarques:

Concernant 1: Il y a lieu d'indiquer le genre de fonctionnement et le nombre de phases de la machine.

Concernant 5: A défaut d'indication, il sera admis que la machine est prévue pour le service continu.

Concernant 6: Pour les moteurs à caractéristique série et pour ceux qui peuvent, en service, tourner à des vitesses supérieures à la vitesse nominale (par exemple les moteurs d'engins de levage), il y a lieu d'indiquer non seulement la vitesse nominale, mais également la vitesse maximum admissible.

Concernant 7 et 10: Pour les moteurs triphasés prévus pour plusieurs tensions nominales, il y a lieu d'indiquer le couplage pour chacune des tensions nominales.

Concernant 8: Les indications du courant peuvent être arrondies, dans le cas des moteurs et des alternateurs asynchrones, car elles sont considérées comme approximatives. L'approximation peut atteindre

- 4 % environ pour les moteurs de faible puissance,
- 2 % environ pour les machines de grande puissance.

Concernant 9: L'indication du facteur de puissance de machines à induction est considérée comme approximative.

Concernant 10: Le mode de couplage doit être indiqué par les symboles spécifiés dans la Publication n° 104 f de l'ASE «Symboles graphiques pour installations à courant fort», Section I. Pour les rotors triphasés, il n'y a pas lieu de fournir d'indications.

212. Indications multiples

Pour les machines destinées à plusieurs services nominaux, les indications de la puissance, du courant, etc., doivent figurer pour chaque service nominal, au besoin sur plusieurs plaques signalétiques.

Lorsqu'une machine doit fonctionner sous des tensions qui dépassent l'étendue spécifiée au chiffre 140, les limites de tension et les données correspondantes doivent être indiquées.

Pour les moteurs prévus pour plusieurs vitesses, les limites de celles-ci et les données correspondantes doivent être indiquées.

Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, édité par l'Association Suisse des Electriciens comme organe commun de l'Association Suisse des Electriciens et de l'Union des Centrales Suisses d'électricité. — Rédaction: Secrétariat de l'Association Suisse des Electriciens, 301, Seefeldstrasse, Zurich 8, téléphone (051) 34 12 12, compte de chèques postaux VIII 6133, adresse télégraphique Elektroverein Zurich. — La reproduction du texte ou des figures n'est autorisée que d'entente avec la Rédaction et avec l'indication de la source. — Le Bulletin de l'ASE paraît toutes les 2 semaines en allemand et en français; en outre, un «annuaire» paraît au début de chaque année. — Les communications concernant le texte sont à adresser à la Rédaction, celles concernant les annonces à l'Administration. — Administration: case postale Hauptpost, Zurich 1 (Adresse: S. A. Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei, Stauffacherquai 36/40, Zurich 4), téléphone (051) 23 77 44, compte de chèques postaux VIII 8481. — Abonnement: Tous les membres reçoivent gratuitement un exemplaire du Bulletin de l'ASE (renseignements auprès du Secrétariat de l'ASE). Prix de l'abonnement pour non-membres en Suisse fr. 40.— par an, fr. 25.— pour six mois, à l'étranger fr. 50.— par an, fr. 30.— pour six mois. Adresser les commandes d'abonnements à l'Administration. Prix de numéros isolés en Suisse fr. 3.—, à l'étranger fr. 3.50.