Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 46 (1955)

Heft: 19

Rubrik: Communications ASE

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 14.12.2025

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

Suite de la page 896

Estampilles d'essai et procès-verbaux d'essai de l'ASE
(Suite)

isolé des parties métalliques accessibles. Poignée en caoutchouc. Appareil utilisable avec tuyau souple, rallonges et diverses embouchures pour aspirer et souffler. Interrupteur à bouton-poussoir et fiche d'appareil 6 A, 250 V, encastrés. Cordon de raccordement à deux conducteurs isolés au caoutchouc, avec fiche et prise d'appareil.

Cet aspirateur de poussière est conforme aux «Prescriptions et règles pour aspirateurs électriques de poussière» (Publ. n° 139 f), ainsi qu'au «Règlement pour l'octroi du signe distinctif antiparasite» (Publ. n° 117 f).

Valable jusqu'à fin juillet 1958.

P. N° 2815.

Objets: **Trois réfrigérateurs**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 30999, du 4 juillet 1955.

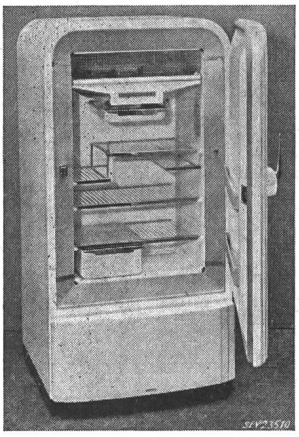
Commettant: S. A. Electrolux, 587, Badenerstrasse, Zurich.

Inscriptions:

ELECTROLUX

Volt 230 KM NH_3 (S)

L 158a 180 E, C_1 Hp 180L/M 158 Watt 100
M 270a 181 E, C_1 Hp 190L 230 M 270 Watt 115
L 500a 723 E, C_1 Hp 730 Watt 300 + 15



Description:

Réfrigérateurs, selon figure (L 500a). Groupe réfrigérant à absorption fonctionnant en permanence, à refroidissement naturel par air. Evaporateur, avec tiroir à glace, disposé en haut de l'enceinte. Modèle L 550a avec compartiment spécial de congélation à quatre tiroirs à glace. Modèle M 270a, à encastrer. Bouilleur logé dans un carter en tôle. Thermostat ajustable avec position de déclenchement. Amenée de courant à trois conducteurs, fixé au réfrigérateur, avec fiche 2 P + T. Extérieur en tôle laquée, intérieur émaillé. Contenance utile et poids: L 158a: 41 dm³, 50 kg; M 270a: 74 dm³, 60 kg; L 500a: 126 dm³, 150 kg. La partie électrique des réfrigérateurs L 230, L 312, L 730, L 1050, M 154, M 303 et MK 461 est de la même exécution que celle des modèles essayés.

Ces réfrigérateurs sont conformes aux «Prescriptions et règles pour les armoires frigorifiques de ménage» (Publ. n° 136 f).

Valable jusqu'à fin juin 1958.

P. N° 2816.

Objet: **Projecteur antidéflagrant à accumulateur**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 30778/I, du 4 juin 1955.

Commettant: EHB, Appareils électriques pour l'industrie et les métiers, Bâle.

Inscriptions:

sur le projecteur: EHB

(Sch) d Grubenlampenwerke Zwickau (Ex) d D 3

dans le couvercle:
Füllung Kalilauge Wichte 1,2
Laugenstand bis 5 mm über Platten
Ladung 6 Stunden mit 1,3 A
Glühlampe 3,5 V 0,5 A
Best. Nr. 833

Description:

Projecteur, selon figure. Dans un boîtier en matière plastique est logé un accumulateur à trois éléments. Le couvercle, la poignée et le corps du projecteur sont moulés d'une seule pièce en matière plastique, dans laquelle est également logé l'interrupteur à bouton-poussoir verrouillable.

Ce projecteur est conforme au projet de «Prescriptions pour le matériel d'installation et les appareils électriques antidéflagrants», élaboré par le CT 31 du CES. Utilisation: dans des locaux présentant des dangers d'explosion.

Valable jusqu'à fin juillet 1958.

P. N° 2817.

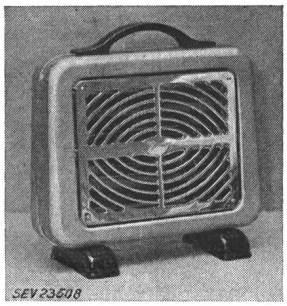
Objet: **Radiateur**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 31 015, du 5 juillet 1955.

Commettant: Friedrich von Känel, 30, Ostring, Berne.

Inscriptions:

GROSSAG
Type Nr. 761
220 V 1200 W



Description:

Radiateur, selon figure. Boudins chauffants enroulés autour de deux barreaux en matière céramique, disposés horizontalement l'un au-dessus de l'autre dans un bâti en tôle, avec réflecteur. Poignée et pieds en matière isolante moulée. Commutateur encastré. Fiche d'appareil avec contact de mise à la terre.

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

P. N° 2818.

Objet: **Appareil auxiliaire pour lampe à fluorescence**

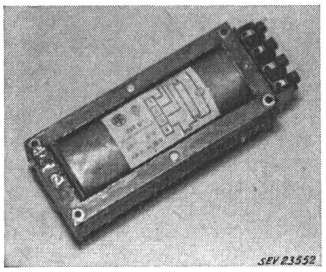
Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 30856, du 6 juillet 1955.

Commettant: TRAFAG, Fabrique de transformateurs S. A., 59, Löwenstrasse, Zurich.

Inscriptions:

ATG 220 Ui SE

220 V 50 Hz 0,36 A 14/20 W



Description:

Appareil auxiliaire, selon figure, pour lampe à fluorescence de 14/20 W, sans starter. Exécution svelte, sans plaque de base, ni couvercle, pour montage dans des luminaires fermés. Enroulements en fil de cuivre émaillé. Enroulement antagoniste pour augmenter l'intensité du courant de préchauffage. Deux cylindres de laiton servent à distancer nécessairement l'appareil de la base. Bornes fixées à l'une des extrémités.

Cet appareil auxiliaire a subi avec succès des essais analogues à ceux prévus dans les «Prescriptions pour transfor-

mateurs de faible puissance» (Publ. n° 140 f). Utilisations: 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 juin 1958.

P. N° 2819.

Objet: **Projecteur antidéflagrant à accumulateur**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 30 778/II, du 4 juin 1955.
Commettant: EHB Appareils électriques pour l'industrie et les métiers, Bâle.

Inscriptions:

EHB
Typ e 986
Sch e Ex eC / d3
4,5 V 1,5 A
4,5 V 0,4 A

Description:

Projecteur, selon figure. Dans un boîtier métallique cubique est logé un accumulateur alcalin. Sur ce boîtier est monté un projecteur à deux lampes à incandescence, avec interrupteur dans le corps du projecteur. Les lampes sont protégées par un disque de verre et un grillage. Le boîtier de l'accumulateur et le corps du projecteur ne sont accessibles qu'après ouverture de dispositifs de fermeture spéciaux.

Ce projecteur est conforme au projet de «Prescriptions pour le matériel d'installation et les appareils électriques antidéflagrants», élaboré par le CT 31 du CES. Utilisation: dans des locaux présentant des dangers d'explosion.

Valable jusqu'à fin juillet 1958.

P. N° 2820.

Objet: **Réfrigérateur**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 31 021a, du 4 juillet 1955.
Commettant: Frigorrex S. A., 36, Bürgenstrasse, Lucerne.

Inscriptions:

FRIGORREX
Frigorrex AG. Luzern
Typ A 18 220 Volt 120 W 50 Per.
Nr. 15085 Kältemittel F-12 0,275 kg

Description:

Réfrigérateur, selon figure. Groupe réfrigérant à compresseur, à refroidissement naturel par air. Compresseur à piston et moteur monophasé à induit en court-circuit, avec enroulement auxiliaire, formant un seul bloc. Relais pour le déclenchement de l'enroulement auxiliaire à la fin du démarrage. Disjoncteur de protection du moteur disposé séparément. Évaporateur avec enceinte pour tiroir à glace et conserves surgelées. Thermostat ajustable, avec position de déclenchement. Extérieur en tôle laquée blanc, intérieur émaillé. Amenée de courant à trois conducteurs, fixée au réfrigérateur, avec fiche 2 P + T. Dimensions intérieures: 885 × 450 × 425 mm; extérieures: 1240 × 580 × 605 mm. Contenance utile 158 dm³. Poids 98 kg. La partie électrique du réfrigérateur A 14 est de la même exécution que celle du modèle essayé, mais la contenance est plus petite.

Ce réfrigérateur est conforme aux «Prescriptions et règles pour les armoires frigorifiques de ménage» (Publ. n° 136 f).

Valable jusqu'à fin juin 1958.

P. N° 2821.

Objet: **Pistolet-soudeur**

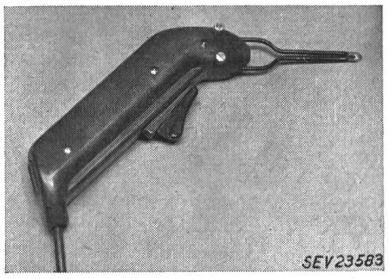
Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 30 224a, du 16 juin 1955.
Commettant: Henri Sutter, Fournitures électriques, 9, rue Centrale, Lausanne.

Inscriptions:

SUPERTONE
Alternatif — 50 ~
115 V — 220 V 50 W

Description:

Pistolet-soudeur, selon figure, consistant en un transformateur à enroulements séparés, logé dans une carcasse en matière isolante moulée, en forme de poignée. Enroulement primaire en fil de cuivre émaillé, enroulement secondaire



constitué par quelques spires de cuivre méplat, nu. Panne en boucle de fil, fixée par mâchoires à vis. Interrupteur unipolaire et commutateur 115/220 V, incorporés. Cordon de raccordement à deux conducteurs isolés au caoutchouc, fixé au pistolet-soudeur, avec fiche 2 P.

Ce pistolet-soudeur a subi avec succès des essais analogues à ceux prévus dans les «Prescriptions pour transformateurs de faible puissance» (Publ. n° 149 f).

Valable jusqu'à fin juillet 1958.

P. N° 2822.

Objet: **Brûleur à mazout**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 30 749, du 7 juillet 1955.
Commettant: Flexflam S. A., 9, Tödistrasse, Zurich.

Inscriptions:

Gilbarco
Oelbrenner
Serie No. S 32 1677 Type No. GBK-3 SW
Flexflam AG. Zürich

sur le moteur:

Gilbarco
Oelbrenner Motor Wechselstrom
Type FNE 42 Ser. No. 14823 HP 1/6
Volt 220 Per. 50 Phase 1 U/m 1450 Amp. 1,4
Flexflam AG. Zürich

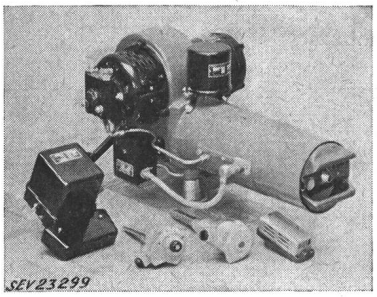
sur le transformateur d'allumage:

MOSER-GLASER u. Co. AG., Muttenz b. Basel
P 220 V 50 Hz S 14600 V Ampl.
Kurzschluss-Scheinleistung 210 VA Type Z 0,2 Ha
Kurzschluss-Strom sek 0,0204 A No. B 9579/156
Sek. Mittelpunkt ⏚ SE

Description:

Brûleur à mazout automatique, selon figure. Vaporisation du mazout par pompe et gicleur. Allumage à haute tension. Entraînement par moteur monophasé, à induit en court-circuit. Mise à la terre du point médian de l'enroulement à haute tension du transformateur d'allumage adossé. Clapet

d'air à commande automatique dans le tube du brûleur. Commande par appareil automatique, thermostat de cheminée, thermostat plongeur de chaudière et thermostat d'ambiance Landis & Gyr.



Ce brûleur à mazout a subi avec succès les essais relatifs à la sécurité de la partie électrique. Il est conforme au «Règlement pour l'octroi du signe distinctif antiparasite» (Publ. n° 117 f).

Valable jusqu'à fin juillet 1958.

P. N° 2823.

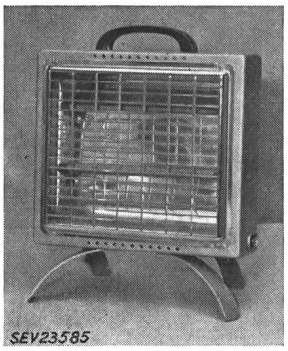
Objet: **Radiateur**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 31 058 a, du 15 juillet 1955.

Commettant: Edos S. A., 35, Stauffacherstrasse, Zurich.

Inscriptions:

EDOS
V 225 W 1200
No. 5 T 101



Description:

Radiateur, selon figure. Boudins chauffants enroulés autour de deux barreaux en matière céramique de 250 mm de longueur, disposés l'un au-dessus de l'autre. Réflecteur en tôle d'aluminium. Bâti en tôle vernie. Quatre pieds en fer plat. Poignée en matière isolante moulée. Fiche d'appareil encastrée pour le raccordement de l'amenée de courant.

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

Valable jusqu'à fin juillet 1958.

P. N° 2824.

Objet: **Plaque de cuisson**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 30 861, du 19 juillet 1955.

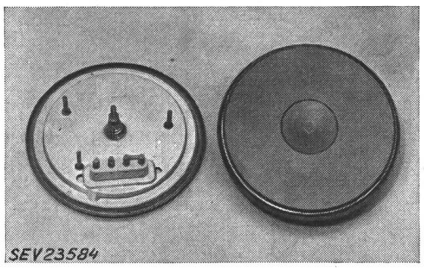
Commettant: Jura, Fabriques d'appareils électriques, L. Henzirohs S. A., Niederbuchsiten (SO).

Inscriptions:

Jura
V 380 W 1500
Tp. 1743 No. 5 F 39217

Description:

Plaque de cuisson en fonte, selon figure, pour montage à demeure sur des cuisinières. Face supérieure de 180 mm de diamètre, avec évidement de 70 mm de diamètre au centre. Bord en tôle d'acier inoxydable. Dessous fermé par une



tôle. Résistance chauffante en trois parties, logée dans une masse réfractaire. Quatre bornes de raccordement sur socle en matière céramique. Le raccordement du fil de terre s'opère au boulon central, sous la plaque. Poids 1,6 kg.

Cette plaque de cuisson est conforme, au point de vue de la sécurité, aux «Prescriptions et règles auxquelles doivent satisfaire les plaques de cuisson à chauffage électrique et les cuisinières électriques de ménage» (Publ. n° 126 f).

Valable jusqu'à fin juillet 1958.

P. N° 2825.

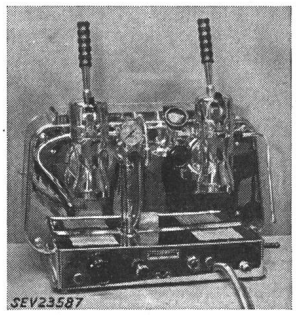
Objet: **Machine à café**

Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 30 886 du 19 juillet 1955.

Commettant: Faema Machines à café S. A., Valentin 23, Lausanne.

Inscriptions:

Officine FAEMA Milano
Infuso Idrocompresso di caffè
Via Ventura 5 Tel. 293.641
N 16304 V 3 × 380/220 W 3000+40
FAEMA
Machines à café SA. Lausanne Valentin 23



Description:

Machine à café, selon figure, avec récipient à eau renfermant trois corps de chauffe horizontaux. Régulateur de pression et contacteur de couplage montés à l'extérieur de la machine. Dispositif de sécurité incorporé contre une surchauffe. Armatures pour la préparation du café, ainsi que pour le soutirage d'eau chaude et de vapeur. Manomètre, soupape de sûreté et indicateur de niveau d'eau. Lampe soffite pour éclairage publicitaire. Amenées de courant à trois et quatre conducteurs pour la lampe et les corps de chauffe, fixées à la machine.

Cette machine à café a subi avec succès les essais relatifs à la sécurité.

Communications des organes des Associations

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

Nécrologie

Nous déplorons la perte de Monsieur *Wilhelm Max Keller*, président du Conseil d'administration de la S. A. R. & E. Huber, Pfäffikon (ZH), membre collectif de l'ASE. Monsieur Keller est décédé le 27 août 1955 à Zurich, à l'âge de 71 ans. Nous présentons nos sincères condoléances à la famille en deuil et à l'entreprise qu'il présidait.

Nous déplorons la perte de Monsieur *Emile Schlumberger*, ingénieur électricien principal honoraire de l'Association Alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur et Electriques, membre de l'ASE depuis 1949, décédé le 25 août 1955 à Mulhouse (France), à l'âge de 67 ans. Nous présentons nos sincères condoléances à la famille en deuil et à l'Association Alsacienne.

Le 19 août est décédé, à Fribourg, à l'âge de 74 ans,

M. Paul Joye, Dr, professeur

membre d'honneur de l'ASE
président de l'ASE de 1942 à 1947
membre du Comité de l'UCS de 1933 à 1941
ancien directeur des Entreprises Electriques Fribourgeoises

Le 22 août est décédé, à Berne, à l'âge de 71 ans

M. Emile Baumann

membre d'honneur de l'ASE
membre du Comité de l'ASE de 1916 à 1940
membre du Comité Electrotechnique Suisse de 1914 à 1950
ancien directeur du Service de l'électricité de la Ville de Berne

L'ASE déplore la perte de deux membres qui lui ont rendu de grands services pendant de longues années à des postes de premier ordre. Leurs noms resteront gravés dans les annales de l'Association.

Assemblée générale de l'ASE
le 2 octobre 1955, à Lucerne

Rectification

Dans le Bulletin de l'ASE 1955, n° 18 (numéro concernant l'Assemblée générale), p. 830, «Propositions du Comité de l'ASE à l'Assemblée générale du 2 octobre 1955, à Lucerne», des chiffres incorrects ont été imprimés par mégarde dans le tableau des cotisations des membres collectifs pour 1956.

La proposition en question doit avoir la teneur correcte ci-après:

N° 13: Cotisations des membres

Les cotisations des membres pour 1956 sont fixées comme suit, conformément à l'article 6 des statuts de l'ASE (mêmes cotisations qu'en 1955):

I. Membres individuels ... ... **fr. 30.—**
II. Membres étudiants ... ... **fr. 18.—**
III. Membres collectifs:

Nombre de voix	Capital investi fr.		fr.	Cotisation 1956 fr.
1		jusqu'à	100 000.—	**60.—**
2	de 100 001.—	à	300 000.—	**100.—**
3	„ 300 001.—	à	600 000.—	**150.—**
4	„ 600 001.—	à	1 000 000.—	**230.—**
5	„ 1 000 001.—	à	3 000 000.—	**310.—**
6	„ 3 000 001.—	à	6 000 000.—	**480.—**
7	„ 6 000 001.—	à	10 000 000.—	**700.—**
8	„ 10 000 001.—	à	30 000 000.—	**1050.—**
9	„ 30 000 001.—	à	60 000 000.—	**1500.—**
10		au-dessus de	60 000 000.—	**2050.—**

Comité Technique 4 du CES
Turbines hydrauliques

Le CT 4 du CES a tenu sa 25e séance le 4 juillet 1955, à Berne, sous la présidence de M. R. Dubs, président. Il s'est occupé tout d'abord, en deuxième lecture, d'une liste des modifications prévues pour la troisième édition des Règles suisses pour les turbines hydrauliques. Ces modifications ont été acceptées définitivement, après quelques légères corrections, notamment dans le but d'obtenir une concordance avec des dispositions des Règles allemandes (VDI), qui sont actuellement soumises à une revision, elles aussi.

Une requête à la CEI au sujet de la future manière d'indiquer des tolérances de construction et de mesure, en particulier pour le rendement, fut ensuite discutée en détail, de même que le programme des essais comparatifs prévus entre différentes méthodes de mesures hydrauliques. Sur proposition des représentants des constructeurs de turbines, ce programme comportera également des essais selon la méthode de mesure des températures mise au point par Electricité de France. En ce qui concerne les pertes par ventilation dans les roues de turbines à jets libres, une publication pourra paraître prochainement. Les Règles comporteront un chapitre spécial, consacré à l'exécution d'essais de réception sur maquette, c'est-à-dire en laboratoire.

Demandes d'admission comme membre de l'ASE

Selon décision du Comité, les membres suivants ont été admis à l'ASE depuis le 17 mai 1955:

a) comme membre individuel:

Borer M., dipl. Elektrotechniker, Feldbrunnenstrasse 109, Zürich 48.
Buchmann M., Elektrotechniker, I.B.T.E., P.O. Box 1162, Addis Abeba (Ethiopia).
Dänzer Pierre, ingénieur electricien EPUL, Zugerbergstrasse 17, Zug.
Gfeller Bruno, dipl. Elektrotechniker, Neuwiesenstrasse 47, Winterthur (ZH).
Hauser Willy, Electricien, Moutier (BE).
Lindenmann Carlo, Kaufmann, Via B. Luini, Locarno (TI).
Pasche André, chef de station, Services industriels, Travers (NE).
Ramos Eugénio, ingénieur électricien, Rua Jose Falcào 230, Porto (Portugal).
Stuber Peter, dipl. Elektroingenieur ETH, Assistent am Hochspannungslabor ETH, Gloriastrasse 35, Zürich 7/6.
Trümpy Ernst, dipl. Elektroingenieur ETH, Fritz-Fleiner-Weg 5, Zürich 44.
Widmer Hans, Elektrotechniker, Brünigring 14, Emmenbrücke (LU).
Zäch Alois, dipl. Elektrotechniker, Hauptstrasse 328, Welschenrohr (SO).

b) comme membre collectif:

ASTRA Handels AG., Gundeldingerstrasse 175, Basel.
Panelec S. A., Rue Marterey, Lausanne.
Licht- Technik- Zürich, LTZ, A. Stauber, Pilgerweg 15, Rüschlikon (ZH).
Baumgartner E., elektrische Anlagen, Sonneggstrasse 82, Zürich 6.

Admission de systèmes de compteurs d'électricité à la vérification

En vertu de l'article 25 de la loi fédérale du 24 juin 1909 sur les poids et mesures, et conformément à l'article 16 de l'ordonnance du 23 juin 1933 sur la vérification des compteurs d'électricité, la commission fédérale des poids et mesures a admis à la vérification les systèmes de compteurs d'électricité suivants, en leur attribuant les signes de systèmes indiqués:

Fabricant: *Rauscher & Stöcklin A.-G., Sissach*

S 81 Transformateur de courant, type support et de traversée, isolation en résine synthétique
Types StG 10, StG 20 et StGD 10, StGD 20 pour des rapports d'intensité de 50 à 600/5 A
Fréquence nominale 50 Hz pour les tensions nominales d'isolement 10 kV et 20 kV.

S 38 Transformateur de tension, isolation en résine synthétique
Types SpG 10 et SpG 20 pour les tensions nominales d'isolement 10 kV et 20 kV, fréquence nominale 50 Hz.

Fabricant: *Landis & Gyr A.-G., Zoug*

S 37 Changement de la désignation des types de transformateur de tension.
La désignation des types dans la publication du 29 décembre 1951 est remplacée comme suit:

Ancienne désignation	Nouvelle désignation
E 020	TOA 1.20
E 020 u	TOA 1.20 u
E 030	TOA 1.30

Le type TOA 1.20 à masse isolante est désigné: TMA 1.20.

Désignation supplémentaire pour installation extérieure: a, pour les types TOA 1.20, TOA 1.20 u et TMA 1.20, par exemple: TOA 1.20 a.

Fabricant: *Danubia A.-G., Vienne (Autriche)*
(représentée par la Compagnie des Compteurs S. A., Genève)

S 114 Compteur d'énergie active, à induction, pour installations à courant alternatif à 2 fils
Type B1X4

Tensions nominales	60	à 380	V
Courants nominaux	5 (10)	à 20 (40)	A
Fréquences nominales	40	à 60	Hz

Berne, le 22 juillet 1955.

Le président
de la commission fédérale des poids et mesures:
K. Bretscher

Vorort de l'Union suisse du commerce et de l'industrie

Nos membres peuvent prendre connaissance des publications suivantes du Vorort de l'Union suisse du commerce et de l'industrie:

Imposition égale des entreprises sans égard à leur forme juridique (Motion Piller).
Schweizerische Unfallversicherungsanstalt; Prämienrevision.
Revision des Bundesbeschlusses über wirtschaftliche Massnahmen gegenüber dem Ausland.
Révision de la réglementation sur les céréales panifiables.
Préparation de la réglementation du trafic des marchandises avec les Pays-Bas pour la prochaine année contractuelle (1er octobre 1955 au 30 septembre 1956).

Nouveau tirage à part

Selon la communication «Mise à la terre des rails de grues de chantiers» parue dans le Bulletin de l'ASE 1955, n° 9, p. 449...450, un tirage à part de cette publication est en vente en langues allemande et française. Il peut être obtenu auprès de l'Administration commune de l'ASE et de l'UCS, Seefeldstrasse 301, Zurich 8, au prix de fr. —.50 pour membres et de fr. —.75 pour non membres.

Nouvelles publications de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

1. **Recommandations de la CEI relatives à la couleur des boutons-poussoirs**
(Publ. N° 73 de la CEI)
Prix Fr. 1.50

2. **Recommandations de la CEI relatives à la détermination du rendement des machines électriques tournantes**
(à l'exclusion du rendement des moteurs de traction)
(Publ. N° 34 de la CEI, 5e édition, 2e partie, 34–2)
Prix Fr. 5.—

3. **Spécifications particulières pour amplificateurs reliés à un réseau de distribution d'énergie**
(Annexe I au Fascicule 65 de la CEI, Règles de sécurité pour les récepteurs radiophoniques reliés à un réseau de distribution d'énergie)
(Publ. N° 65 de la CEI, Annexe I — 1955)
Prix Fr. 4.—

4. **Spécifications particulières pour haut-parleurs indépendants**
(Annexe II au Fascicule 65 de la CEI, Règles de sécurité pour les récepteurs radiophoniques reliés à un réseau de distribution d'énergie)
(Publ. N° 65 de la CEI, Annexe II — 1955)
Prix Fr. 4.—

5. **Règles de la CEI pour les isolateurs en porcelaine pour lignes aériennes de tension nominale égale ou supérieure à 1000 volts**
(Publ. N° 75 de la CEI)
Prix Fr. 6.—

Ces publications ont paru comme fascicule de la CEI. Elles peuvent être obtenues aux prix indiqués à l'*Administration commune de l'ASE et de l'UCS, Seefeldstrasse 301, Zurich 8.*

Normes de dimensions de prises de courant pour tension réduite à fréquences élevées, pour usages industriels

Depuis que les Normes concernant les prises de courant à fréquences élevées, pour usages industriels, ont été soumises à l'approbation des membres de l'ASE par publication dans le Bull. ASE 1955, n° 3, et mises en vigueur à partir du 1er avril 1955, le besoin s'est fait sentir de pouvoir également utiliser de telles prises de courant pour tension réduite. En conséquence, des Normes pour prises de courant tripolaires, pour 10 A, 50 V, et 15 A, 50 V, 60...1000 Hz, ont été élaborées. Ces modèles ont été dérivés des prises de courant pour usages industriels déjà normalisées, leur dimensions étant inchangées et seule la position des contacts étant différente. La prise fixe devra être munie d'une plaque signalétique séparée, indiquant la fréquence nominale.

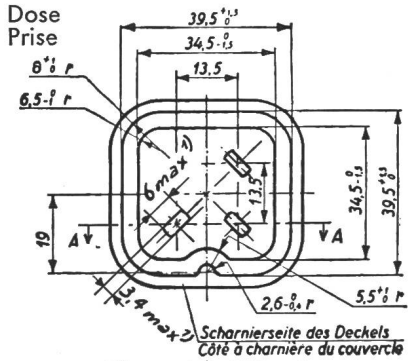
Le Comité de l'ASE publie ci-après les projets de Normes SNV 24573, 24574, 24588 et 24589, approuvés par la Commission d'administration de l'ASE et de l'UCS, concernant les prises de courant en question, et invite les membres de l'ASE à les examiner et à adresser leurs observations éventuelles *par écrit, en deux exemplaires, jusqu'au 10 octobre 1955,* au Secrétariat de l'ASE, 301, Seefeldstrasse, Zurich 8. Si aucune objection n'est formulée dans ce délai, le Comité de l'ASE admettra que les membres sont d'accord avec ces projets et décidera de la mise en vigueur de ces Normes.

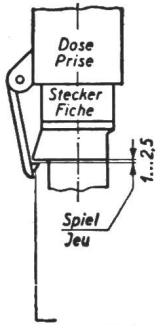
Steckkontakt für industrielle Zwecke
3 P, 10 A, 50 V
60...1000 Hz
Ausführung: Typ 43

Prise de courant pour usages industriels
3 P, 10 A, 50 V
60...1000 Hz
Exécution: Type 43

Normblatt — Norme
S N V
24573

Dose
Prise



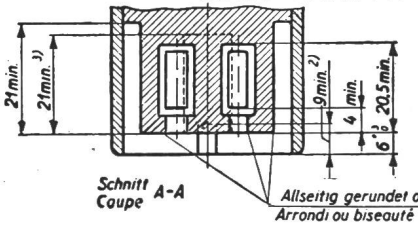


Masse in mm
Dimensions en mm

1) Für alle 3 Schlitze.
Pour les 3 fentes.

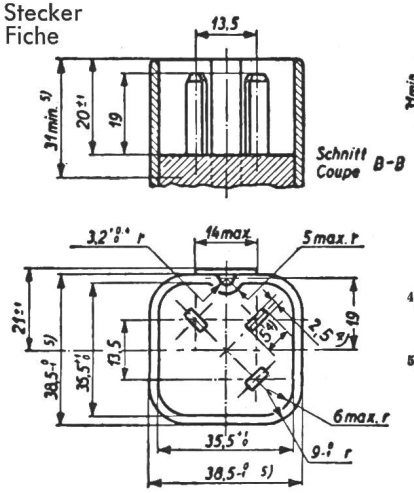
2) Länge des Nockens am Gehäuse.
Longueur de la saillie du boîtier.

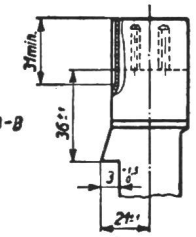
3) Tiefe der Nute im Doseneinsatz.
Profondeur de l'encoche de la prise.



Festhaltevorrichtung derart, dass der Stekker durch ruckweisen Zug in achsialer Richtung aus der Dose herausgezogen werden kann.
Dispositif de retenue constitué de façon à ce que la fiche puisse être retirée de la prise par une traction brusque dans le sens de l'axe.

Stecker
Fiche





4) Für alle 3 Stifte.
Pour les 3 broches.

5) Die Masse $38{,}5^{0}_{-1}$ müssen auf die Höhe 31 min. eingehalten werden.
Les cotes $38{,}5^{0}_{-1}$ doivent être observées jusqu'à la cote de hauteur 31 min.

Toleranzen:
Stiftbreite und Stiftdicke ± 0,06 mm.
Stiftlänge ± 1 mm.
Abstand für unbewegliche Stifte ± 0,15 mm.

Tolérances:
Largeur et épaisseur des broches ± 0,06 mm.
Longueur des broches ± 1 mm.
Entr'axe des broches fixes ± 0,15 mm.

Stiftform
Forme des broches

Stiftenden gerundet oder abgeschrägt.
Extrémités des broches arrondies ou biseautées.

Stifte massiv.
Broches massives.

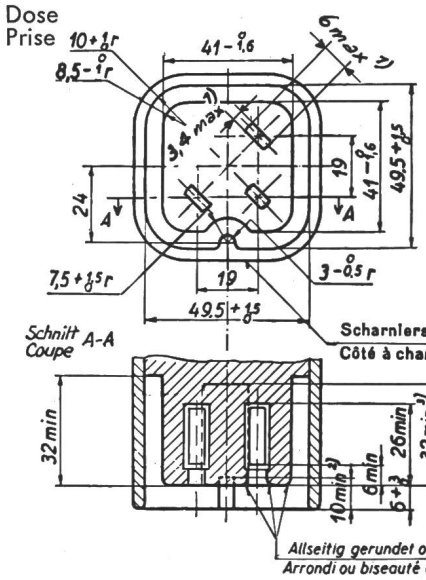
Ausserdem gelten die Bemerkungen SNV 24501 — Observer en outre les remarques SNV 24501

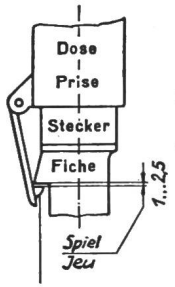
Steckkontakt für industrielle Zwecke
3 P, 15 A, 50 V
60...1000 Hz
Ausführung: Typ 44

Prise de courant pour usages industriels
3 P, 15 A, 50 V
60...1000 Hz
Exécution: Type 44

Normblatt — Norme
S N V
24574

Dose
Prise





Masse in mm
Dimensions en mm

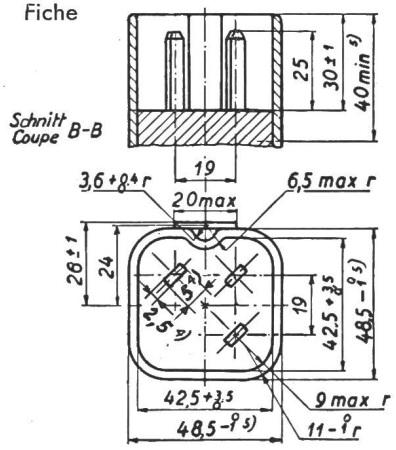
1) Für alle 3 Schlitze.
Pour les 3 fentes.

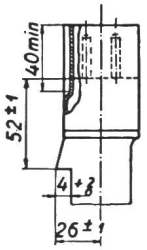
2) Länge des Nockens am Gehäuse.
Longueur de la saillie du boîtier.

3) Tiefe der Nute im Doseneinsatz.
Profondeur de l'encoche de la prise.

Festhaltevorrichtung derart, dass der Stecker durch ruckweisen Zug in achsialer Richtung aus der Dose herausgezogen werden kann.
Dispositif de retenue constitué de façon à ce que la fiche puisse être retirée de la prise par une traction brusque dans le sens de l'axe.

Stecker
Fiche





4) Für alle 3 Stifte.
Pour les 3 broches.

5) Die Masse $48{,}5^{0}_{-1}$ müssen auf die Höhe 40 min. eingehalten werden.
Les cotes $48{,}5^{0}_{-1}$ doivent être observées jusqu'à la cote de hauteur 40 min.

Toleranzen:
Stiftbreite und Stiftdicke ± 0,06 mm.
Stiftlänge ± 1 mm.
Abstand für unbewegliche Stifte ± 0,15 mm.

Tolérances:
Largeur et épaisseur des broches ± 0,06 mm.
Longueur des broches ± 1 mm.
Entr'axe des broches fixes ± 0,15 mm.

Stiftform
Forme des broches

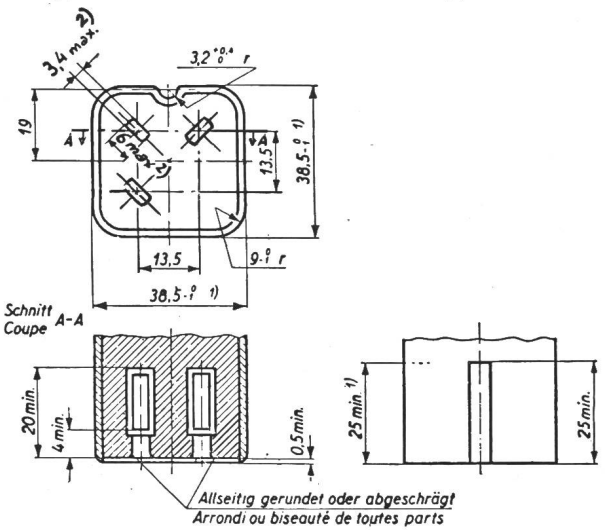
Stiftenden gerundet oder abgeschrägt.
Extrémités des broches arrondies ou biseautées.

Stifte massiv.
Broches massives.

Ausserdem gelten die Bemerkungen SNV 24501 — Observer en outre les remarques SNV 24501

Apparatesteckkontakt für industrielle Zwecke	Prise de courant d'appareil pour usages industriels	Normblatt — Norme
3 P, 10 A, 50 V 60...1000 Hz	3 P, 10 A, 50 V 60...1000 Hz	S N V
Ausführung: Typ 143	Exécution: Type 143	24588

Apparatesteckdose — Prise d'appareil



Masse in mm
Dimensions en mm

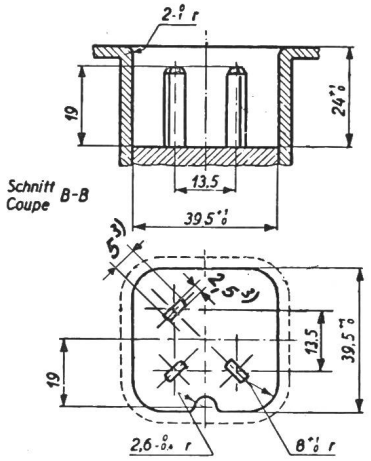
1) Die Masse 38,5 0 −1 dürfen bis auf die Höhe 25 min. nicht unter- oder überschritten werden.

1) Les cotes 38,5 0 −1 doivent être observées strictement jusqu'à la cote de hauteur 25 min.

2) Für alle 3 Schlitze.
2) Pour les 3 fentes.

Nutlänge
Longueur de l'encoche

Apparatestecker — Fiche d'appareil



Toleranzen:
Stiftbreite und Stiftdicke ± 0,06 mm.
Stiftlänge ± 1 mm.
Abstand für unbewegliche Stifte ± 0,15 mm.

Tolérances:
Largeur et épaisseur des broches ± 0,06 mm.
Longueur des broches ± 1 mm.
Entr'axe des broches fixes ± 0,15 mm.

Stiftform
Forme des broches

Stiftenden gerundet oder abgeschrägt.
Extrémités des broches arrondies ou biseautées.

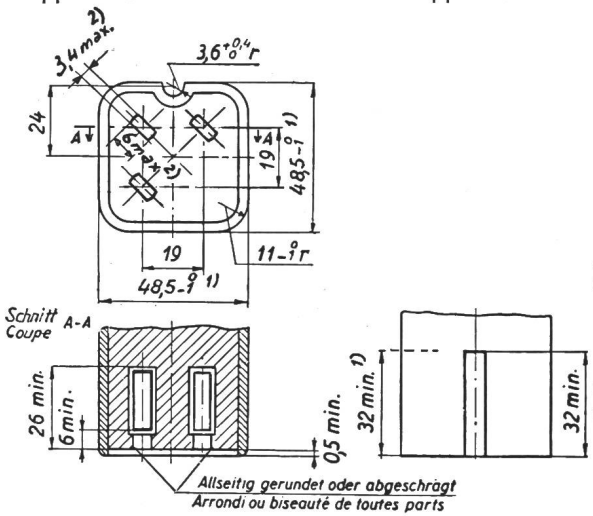
Stifte massiv.
Broches massives.

2) Für alle 3 Schlitze.
2) Pour les 3 fentes.

Ausserdem gelten die Bemerkungen SNV 24545 — Observer en outre les remarques SNV 24545

Apparatesteckkontakt für industrielle Zwecke	Prise de courant d'appareil pour usages industriels	Normblatt — Norme
3 P, 15 A, 50 V 60...1000 Hz	3 P, 15 A, 50 V 60...1000 Hz	S N V
Ausführung: Typ 144	Exécution: Type 144	24589

Apparatesteckdose — Prise d'appareil



Masse in mm
Dimensions en mm

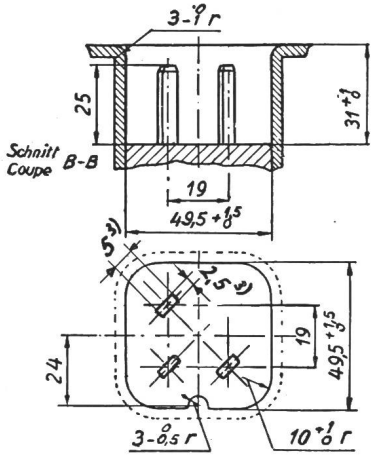
1) Die Masse 48,5 0 −1 dürfen bis auf die Höhe 32 min. nicht unter- oder überschritten werden.

1) Les cotes 48,5 0 −1 doivent être observées strictement jusqu'à la cote de hauteur 32 min.

3) Für alle 3 Stifte.
3) Pour les 3 broches.

Nutlänge
Longueur de l'encoche

Apparatestecker — Fiche d'appareil



Toleranzen:
Stiftbreite und Stiftdicke ± 0,06 mm.
Stiftlänge ± 1 mm.
Abstand für unbewegliche Stifte ± 0,15 mm.

Tolérances:
Largeur et épaisseur des broches ± 0,06 mm.
Longueur des broches ± 1 mm.
Entr'axe des broches fixes ± 0,15 mm.

Stiftform
Forme des broches

Stiftenden gerundet oder abgeschrägt.
Extrémités des broches arrondies ou biseautées.

Stifte massiv
Broches massives

3) Für alle 3 Stifte.
3) Pour les 3 broches.

Ausserdem gelten die Bemerkungen SNV 24545 — Observer en outre les remarques SNV 24545

Règles pour les transformateurs

Le Comité de l'ASE publie ci-après le projet des nouvelles Règles pour les transformateurs, destinées à remplacer les Publications n°s 108, 108a et 108b, qui ne sont valables que pour les transformateurs, depuis le 1er décembre 1952, date à laquelle furent mises en vigueur les nouvelles Règles pour les machines électriques tournantes, Publ. n° 188. Ce projet a été élaboré par le Comité Technique 14 du CES[1]).

Les membres de l'ASE sont invités à examiner ce projet et à adresser leurs observations éventuelles, *par écrit, en deux exemplaires*, au Secrétariat de l'ASE, 301, Seefeldstrasse, Zurich 8, *jusqu'au 8 octobre 1955*. Si aucune objection n'est formulée dans ce délai, le Comité de l'ASE admettra que les membres sont d'accord avec ce projet et décidera de la mise en vigueur de ces Règles.

Projet

Règles pour les transformateurs

Table des matières

Préface

A. Introduction
1. Objet
2. Domaine d'application
3. Symboles littéraux et signes

B. Définitions
11. Transformateur
12. Service nominal
13. Tension et courant
   a) Généralités
   b) Transformateurs triphasés
   c) Transformateurs diphasés
14. Puissance
15. Puissance nominale
16. Facteur de puissance
17. Rendement
18. Tension nominale primaire
19. Tension nominale secondaire
20. Tension secondaire en charge
21. Courant nominal (primaire, resp. secondaire)
22. Fréquence nominale
23. Prise principale
24. Modes de refroidissement
   a) Transformateurs à sec
   b) Transformateurs dans l'huile

C. Genres de services nominaux
31. Classification
32. Service continu nominal
33. Service temporaire nominal
34. Service intermittent nominal
35. Service ininterrompu nominal à charge intermittente

D. Dispositions générales concernant les essais
41. Essais
42. Essai de type
43. Essai de routine
44. Essai spécial

E. Echauffement
51. Définition de l'échauffement
52. Température de l'agent refroidissant
   a) Température normale de l'agent refroidissant
   b) Transformateurs devant fonctionner avec des agents refroidissants, dont la température est supérieure à la normale
   c) Transformateurs devant fonctionner avec des agents refroidissants, dont la température est inférieure à la normale
53. Transformateurs devant fonctionner à une altitude dépassant 1000 m
54. Classification des matières isolantes, selon leur résistance à la chaleur
55. Classe Y
56. Classe A
57. Classe B
58. Classe D
59. Classe F
60. Classe C
61. Limites des échauffements

F. Essais d'échauffement
71. Température de l'agent refroidissant durant l'essai
72. Mesure de la température de l'agent refroidissant durant l'essai
73. Méthodes de mesure de la température
   a) Méthode par résistance, pour les enroulements
   b) Méthode par thermomètre
74. Correction des mesures de température des enroulements effectuées après le déclenchement du transformateur
75. Résistance initiale
76. Durée de l'essai d'échauffement

[1]) Le Comité Technique 14, Transformateurs, a actuellement la composition suivante:

Abegg, H., ingénieur en chef, S. A. Brown, Boveri & Cie, Baden
Christen, F., ingénieur, Electrowatt S. A., Zurich
Dünner, E., professeur, Ecole Polytechnique Fédérale, Zurich
Fischer, J., vice-directeur, E. Haefely & Cie S. A., Bâle
Lutz, H., ingénieur, Ateliers de Construction Oerlikon, Zurich
Marty, H., directeur, S. A. des Forces Motrices Bernoises, Berne
Rossier, Cl., ingénieur, S. A. des Ateliers de Sécheron, Genève
Schiller, H., ingénieur en chef, S. A. Motor-Columbus, Baden
Schneebeli, E., ingénieur, Station d'essai des matériaux de l'ASE, Zurich
Wettler, J., chef de la Section d'exploitation de la Division des usines génératrices des CFF, Berne
Zobrist, W., vice-directeur, S. A. des Forces Motrices du Nord-Est Suisse, Baden
Krondl, M., ingénieur-docteur, Ateliers de Construction Oerlikon, Zurich

La **présidence** était assumée par M. *E. Dünner*, professeur à l'Ecole Polytechnique Fédérale, Zurich et le **secrétariat** par M. *H. Abegg*, ingénieur en chef, S. A. Brown, Boveri & Cie, Baden.

Les **travaux de détail** ont été exécutés par M. *H. Abegg*, ingénieur en chef, S. A. Brown, Boveri & Cie, Baden.

a) Transformateurs pour service continu nominal
b) Transformateurs pour service temporaire nominal
c) Transformateurs pour service intermittent nominal et service ininterrompu nominal à charge intermittente

77. Détermination de l'échauffement des enroulements par augmentation de la résistance
78. Modalités d'exécution de l'essai d'échauffement

G. Résistance d'isolement et essais de rigidité diélectrique

I. Généralités et définitions

81. Application des essais de rigidité diélectrique
82. Transformateurs à sec
83. Transformateurs dans l'huile
84. Tension maximum de réseau
85. Niveau d'isolement

a) Généralités
b) Transformateurs à sec
c) Transformateur dans l'huile
d) Transformateurs monophasés dans des réseaux triphasés

86. Couplages spéciaux des enroulements

a) Essai avec tension induite d'enroulements série-parallèle
b) Essai avec tension appliquée d'enroulements à couplage spécial

II. Transformateurs à sec

87. Essais normaux
88. Essai avec tension induite
89. Valeurs de la tension pour l'essai avec tension appliquée
90. Altitude du lieu d'installation

III. Transformateurs dans l'huile

91. Essais normaux
92. Choix de l'isolement
93. Mode de mise à la terre
94. Isolement pour réseaux dont la tension maximum ne dépasse pas 72,5 kV
95. Isolement des enroulements du côté des bornes de pôles, lorsque les tensions maxima de réseau dépassent 72,5 kV
96. Isolement de l'extrémité de l'enroulement du côté du point neutre, lorsque les tensions maxima de réseau dépassent 72,5 kV
97. Essais avec tensions alternatives
98. Essai avec tension induite
99. Valeurs de la tension pour l'essai avec tension induite
100. Durée de l'essai avec tension induite
101. Essai avec tension appliquée
102. Valeurs de la tension pour l'essai avec tension appliquée
103. Durée de l'essai avec tension appliquée
104. Répétition de l'essai de rigidité diélectrique
105. Essai avec tension de choc

a) Application
b) Couplage
c) Valeurs de la tension d'essai de choc
d) Nombre de chocs et leur forme
e) Exécution de l'essai
f) Méthodes de localisation des défauts

H. Rendement et pertes

111. Rendement
112. Pertes
113. Pertes à vide
114. Pertes en charge
115. Garanties concernant les pertes
116. Pertes dans les bobines d'inductance
117. Puissance absorbée par les appareils auxiliaires

J. Tension de court-circuit, chute de tension, courant de court-circuit

121. Tension de court-circuit, composantes ohmique et inductive
122. Chute de tension
123. Courants de court-circuit

K. Groupes de couplage et couplages

131. Groupes de couplage

L. Couplage en parallèle de transformateurs

141. Définition
142. Conditions pour le couplage en parallèle

M. Désignations des bornes

N. Tolérances et garanties

161. Définition
162. Garanties

O. Marque d'origine et plaque signalétique

171. Marque d'origine
172. Plaque signalétique

P. Valeurs normales

181. Valeurs normales de la puissance
182. Echelons normaux des prises supplémentaires

Appendice

Indications à fournir dans les demandes d'offres et les commandes de transformateurs

Préface

Les premières Règles suisses pour la construction et l'essai de transformateurs avaient été mises en vigueur le 1er mai 1934, sous forme de Publication n° 108 de l'ASE. Elles correspondaient textuellement à la Publication n° 34 de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), datant de 1930. Par la suite, ces Règles furent complétées en 1940 (Publication n° 108a), en tenant à nouveau exactement compte des Règles de la CEI. Quant aux compléments du 6 mai 1941 (Publication n° 108b), ils furent dictés principalement par la guerre. Toutes ces publications avaient essentiellement pour but de fixer les conditions régissant la durée de vie des transformateurs. Ces conditions étaient presque identiques à celles qui concernaient les machines électriques tournantes, de sorte qu'elles furent publiées conjointement à celles-ci.

La CEI n'ayant plus été à même, pendant longtemps, de déployer son activité, tandis qu'en Suisse le besoin se faisait sentir de disposer de Règles pour les transformateurs qui ne précisent pas seulement les conditions relatives à la durée de vie, mais fournissent également des indications qui permettent de juger de la qualité des transformateurs à tous les points de vue, le Comité Electrotechnique Suisse (CES) chargea en 1940 son Comité Technique 14 (Transformateurs) d'élaborer des Règles suisses pour les transformateurs, en tenant largement compte des règles existantes. Ce travail ayant exigé beaucoup de temps et la CEI ayant pu reprendre rapidement son activité, dès la fin des hostilités, les présentes Règles suisses pour les transformateurs s'appuient très étroitement aux Spécifications de la CEI, qui sont même reprises textuellement chaque fois que cela était possible. Les Règles suisses renferment toutefois quelques dispositions sur des points qui n'ont pas encore été liquidés définitivement par la CEI.

Par suite de l'entrée en vigueur des présentes Règles, les Publications 108, 108a et 108b sont abrogées, également en ce qui concerne les transformateurs. Du fait que ces Publications avaient déjà été abrogées le 1er décembre 1951 pour ce qui est des machines électriques tournantes, elles le sont ainsi désormais complètement.

Dans les cas douteux, le texte allemand fera foi, à moins que le texte français ne corresponde exactement au texte du Fascicule 76 (1955) de la CEI.

A. Introduction

1. Objet

Les présentes Règles ont pour objet d'unifier les caractéristiques et les garanties qui doivent être spécifiées dans les commandes de transformateurs, et d'en définir les méthodes de vérification.

2. Domaine d'application

Ces Règles s'appliquent aux transformateurs, aux autotransformateurs et aux bobines d'inductance monophasés et polyphasés, à l'exception des:

transformateurs monophasés d'une puissance inférieure à 1 kVA et transformateurs polyphasés d'une puissance inférieure à 3 kVA,
transformateurs de mesure,
transformateurs pour convertisseurs statiques,
transformateurs de démarrage,
transformateurs d'essais,
transformateurs de traction montés sur matériel roulant,
transformateurs de soudage.

Lorsqu'il existe des règles particulières pour les transformateurs désignés comme exceptions, il y a lieu de les appliquer, sinon les présentes Règles sont également valables, dans la mesure où elles leur sont applicables.

a) Altitude du lieu d'installation. En l'absence d'indications, cette altitude est supposée ne pas dépasser 1000 m au-dessus du niveau de la mer. Pour une altitude supérieure, voir chiffre 53.

b) Température normale de l'agent refroidissant. Sauf spécification contraire, on admettra que la température de l'eau ne dépasse pas 25 °C, dans le cas de transformateurs à refroidissement par eau, et que les températures suivantes ne sont pas dépassées dans le cas de transformateurs à refroidissement par air:

Température maximum de l'air ambiant . . .	40 °C
Température journalière moyenne de l'air . .	30 °C
Température annuelle moyenne de l'air . . .	20 °C

Lorsque l'une des valeurs ci-dessus est dépassée, il y a lieu de tenir compte des dispositions sous chiffre 52*b*.

c) Forme d'onde de la tension primaire. La forme d'onde de la tension appliquée aux bornes de l'enroulement primaire doit être pratiquement sinusoïdale. Une onde est admise comme pratiquement sinusoïdale si aucune de ses valeurs instantanées ne diffère de celle de l'onde fondamentale (premier harmonique) de la même phase, de plus de 5 % de la valeur maximum de cette onde.

d) Symétrie des systèmes polyphasés. Les tensions et les courants de systèmes polyphasés doivent être pratiquement symétriques.

Un système polyphasé est considéré comme pratiquement symétrique si les valeurs des composantes inverse et homopolaire ne dépassent 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.

Les présentes Règles ne fixent encore rien au sujet des systèmes qui ne sont pas pratiquement symétriques.

e) Maintien de la puissance nominale. La puissance nominale du transformateur doit pouvoir être maintenue sous des tensions s'écartant de ± 5 % de la valeur nominale. Pour une tension réduite de 5 %, les limites d'échauffement peuvent être augmentées de 5 °C.

3. Symboles littéraux et signes

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

B. Définitions

11. Transformateur

Un **transformateur** est un appareil statique servant à transmettre, par induction électromagnétique, de l'énergie électrique d'un ou de plusieurs circuits à un autre ou à plusieurs autres circuits de même fréquence, mais de tension et d'intensité généralement différentes.

12. Service nominal

Le **service nominal** d'un transformateur est fixé par les conditions de service, qui lui sont assignées par le fabricant, à savoir les valeurs nominales de la puissance, 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) Transformateurs triphasés

La **tension composée** ou, par abréviation, la **tension**, est la différence de potentiel entre deux bornes de pôles. Les bornes de pôles (dans la Publication n° 159 de l'ASE, il est fait usage de l'expression «les pôles») sont les points de raccordement du réseau.

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

Le **courant** d'un transformateur est celui qui passe par une borne de pôle; lorsqu'il y a plusieurs conducteurs par borne de pôle, il s'agit de la somme des courants qui passent par ces conducteurs.

c) Transformateurs diphasés

La **tension** est celle d'un enroulement monophasé.

Le **courant** est celui qui passe par un enroulement monophasé.

14. Puissance

a) La **puissance apparente** d'un transformateur est le produit de la tension par le courant et par le facteur de phase (par exemple $\sqrt{3}$ dans le cas de courant triphasé). Elle s'exprime en voltampères (VA), kilovoltampères (kVA) ou mégavoltampères (MVA).

b) La **puissance active** d'un transformateur est le produit de la puissance apparente par le facteur de puissance ($\cos\varphi$). Elle s'exprime en watts (W), kilowatts (kW) ou mégawatts (MW).

c) La **puissance réactive** est définie par la formule:

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

Elle s'exprime en vars (Var), kilovars (kVar) ou mégavars (MVar).

15. Puissance nominale

La **puissance nominale** est la puissance apparente indiquée sur la plaque signalétique; c'est une puissance conventionnelle, établie internationalement par la CEI pour permettre une comparaison exacte entre les transformateurs. La puissance nominale est le produit du courant nominal par la tension nominale et par le facteur de phase, à la fréquence nominale et rapporté à la prise principale du transformateur.

Lorsque sa prise principale est raccordée à la tension primaire nominale, avec la fréquence nominale, un transformateur peut fournir son courant secondaire nominal pendant une durée illimitée, sans que les limites d'échauffement prescrites au chapitre E ne soient dépassées.

Remarque:

Lorsque le transformateur est raccordé par sa prise principale à la tension primaire nominale et fournit le courant secondaire nominal, la puissance apparente aux bornes secondaires diffère de la puissance nominale d'une quantité correspondante à la chute de tension.

La chute de tension peut être compensée par ajustage de la tension primaire.

16. Facteur de puissance

Le **facteur de puissance** ($\cos\varphi$) est le rapport de la puissance active à la puissance apparente. Il est habituellement indiqué pour la puissance aux bornes secondaires.

17. Rendement

Le **rendement** η d'un transformateur est le rapport de la puissance active restituée à la puissance active absorbée.

18. Tension nominale primaire

La **tension nominale primaire** est la tension primaire indiquée sur la plaque signalétique et pour laquelle l'enroulement primaire est dimensionné. Il s'agit de la tension de la prise primaire principale dans des conditions de service normales. Elle doit être spécifiée par l'acheteur.

Remarque:

La tension nominale primaire sert de base à toutes les caractéristiques du transformateur, à l'exception de celles de l'isolement.

19. Tension nominale secondaire

La **tension nominale secondaire** est la tension secondaire indiquée sur la plaque signalétique. Il s'agit de la tension de la prise secondaire principale à vide, lorsque la prise primaire principale est raccordée à la tension nominale primaire. Elle doit être spécifiée par l'acheteur.

Le rapport du nombre de spires primaires au nombre de spires secondaires est égal au rapport de la tension nominale primaire à la tension nominale secondaire, multiplié par un facteur dépendant du mode de connexion du transformateur.

20. Tension secondaire en charge

La **tension secondaire en charge** est déterminée par la tension secondaire à vide et la chute de tension due à la charge.

21. Courant nominal (primaire ou secondaire)

Le **courant nominal, primaire ou secondaire,** est le courant obtenu en divisant la puissance nominale par la tension nominale, primaire ou secondaire, et par le facteur de phase.

22. Fréquence nominale

La **fréquence nominale** est celle pour laquelle le transformateur est dimensionné, en vue de satisfaire aux dispositions des présentes Règles.

23. Prise principale

La **prise principale** est la prise à laquelle les indications de la plaque signalétique se rapportent. A défaut d'entente particulière, on admettra comme prise principale la prise médiane, si le nombre de prises est impair, ou celle des deux prises médianes qui correspond au plus grand nombre de spires, si le nombre de prises est pair.

24. Modes de refroidissement

a) Transformateurs à sec

1. **Refroidissement naturel:** Les bobines et les noyaux sont refroidis par rayonnement et par circulation naturelle de l'air.

2. **Ventilation séparée:** L'air de refroidissement est soufflé.

b) Transformateurs dans l'huile

1. **Refroidissement naturel:** Les bobines et les noyaux baignent dans de l'huile. La cuve à huile est refroidie par rayonnement et par circulation naturelle de l'air.

2. **Ventilation séparée:** La cuve à huile est refroidie par de l'air soufflé.

3. **Circulation forcée de l'huile dans un réfrigérant à eau:** L'huile est refroidie dans un réfrigérant à eau disposé à l'extérieur de la cuve à huile. La circulation de l'huile est forcée.

4. **Circulation naturelle de l'huile dans un réfrigérant à air à refroidissement naturel ou ventilation séparée:** L'huile circulant naturellement est refroidie dans un réfrigérant à air, par rayonnement et circulation naturelle de l'air ou par ventilation séparée.

5. **Circulation forcée de l'huile dans un réfrigérant à air à refroidissement naturel ou ventilation séparée:** L'huile mise en circulation par une pompe est refroidie dans un réfrigérant à air, par rayonnement et circulation naturelle de l'air ou par ventilation séparée.

C. Genres de service nominaux

31. Classification

On distingue les services suivants:

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

Le genre de service nominal doit figurer sur la plaque signalétique, à l'aide des abréviations indiquées au tableau I. A défaut d'indication, il sera admis que le transformateur est prévu pour le service nominal continu selon chiffre 32.

Tableau I

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

32. Service continu nominal

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

33. 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 du transformateur, pendant la durée spécifiée pour ce service, sans que les limites des échauffements indiquées au chapitre E ne soient dépassées de plus de 10 °C. Le temps de fonctionnement convenu est moindre que celui requis pour atteindre les températures de régime. Les durées de 10, 30, 60 et 90 minutes sont normales.

34. 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 charge à la puissance nominale et une période de repos, sans que les limites des échauffements indiquées au chapitre E ne soient dépassées à la fin de la première moitié de la dernière période de charge observée, ni dépassée de plus de 10 °C à la fin de cette période. Durant la période de repos, le transformateur n'est pas sous tension. A défaut de conventions spéciales, la durée du cycle est de 10 minutes. Il y a lieu de convenir de la durée relative d'enclenchement, c'est-à-dire du rapport de la durée de charge à la durée du cycle. Les durées relatives d'enclenchement de 15, 25, 40 et 60 % sont normales.

35. Service ininterrompu nominal à charge intermittente

Le service ininterrompu nominal à charge intermittente correspond au service intermittent nominal selon chiffre 34, lorsque le transformateur 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 normales.

Remarques concernant les chiffres 33 à 35:

Les services sont généralement irréguliers, aussi bien quant à la valeur de la charge, que quant à la durée et à la composition du cycle. Les caractéristiques de service servant de base pour l'essai doivent donc être déterminées sur une période de service suffisamment longue. Les conditions réelles de charge pendant toute la durée de service ne devront jamais provoquer d'échauffements supérieurs à la limite prescrite, ce qui sera constaté lors de l'essai à la puissance nominale et pour le genre de service convenu.

D. Dispositions générales concernant les essais

41. Essais

Les essais spécifiés dans les présentes Règles seront, autant que possible, exécutés dans les ateliers du fabricant avec un transformateur neuf, en ordre de marche.

Des essais exécutés ailleurs ne sont admissibles que si l'on a toute garantie que les mesures pourront y être faites correctement et les prescriptions observées.

42. Essai de type

L'essai de type est un essai exécuté par le fabricant sur un transformateur représentatif d'une série de transformateurs du même type, ayant les mêmes caractéristiques nominales et la même construction.

L'essai de type doit établir que le type de transformateur satisfait aux présentes Règles.

43. Essai de routine

L'essai de routine est un essai exécuté sur chaque transformateur.

44. Essai spécial

L'essai spécial est un essai convenu entre l'acheteur et le fabricant et ne concernant qu'une commande déterminée.

E. Echauffement

51. Définition de l'échauffement

Dans le cas du service continu nominal (SC), intermittent nominal (SI) ou ininterrompu nominal à charge intermittente (SCI), l'échauffement d'une partie de transformateur est la différence entre sa température et celle de l'agent refroidissant. En cas de service temporaire nominal (ST), l'échauffement est la différence entre les températures de la partie considérée à la fin et au début de l'essai.

52. Température de l'agent refroidissant

a) Température normale de l'agent refroidissant

(Voir chiffre 2*b*)

b) Transformateurs devant fonctionner avec des agents refroidissants, dont la température est supérieure à la normale

Les transformateurs destinés à fonctionner en climat tropical ou dans toute autre condition anormale, où des températures sont supérieures à celles spécifiées sous chiffre 2*b*, doivent être dimensionnés en conséquence.

α) Transformateurs à refroidissement par air

S'il est spécifié par l'acheteur que, d'après les relevés météorologiques du lieu d'installation du transformateur, une ou plusieurs des conditions ci-après doivent être observées, les limites d'échauffement indiquées au tableau II seront réduites:

de 5 °C si la température de l'agent refroidissant est jusqu'à 5 °C plus élevée que la normale,

de 10 °C si la température de l'agent refroidissant est de 5 à 10 °C plus élevée que la normale.

Conditions:

1° La température annuelle moyenne de l'air ambiant dépasse 20 °C (resp. 25 °C), sans toutefois être supérieure à 25 °C (resp. 30 °C).

2° La température moyenne de l'air ambiant durant 24 heures dépasse 30 °C (resp. 35 °C), sans toutefois être supérieure à 35 °C (resp. 40 °C).

3° La température maximum de l'air ambiant dépasse 40 °C (resp. 45 °C), sans toutefois être supérieure à 45 °C (resp. 50 °C).

Lorsque, dans les trois conditions ci-dessus, la température de l'air ambiant dépasse la température normale de plus de 10 °C, les limites d'échauffement devront être convenues spécialement entre l'acheteur et le fabricant.

Lorsque des transformateurs construits pour des températures normales des agents refroidissants sont destinés à des emplacements où la température de l'air ambiant dépasse de plus de 10 °C la température normale, la réduction de l'échauffement de 10 °C peut également être obtenue pratiquement en réduisant la puissance à 85 %.

β) Transformateurs à refroidissement par eau

Lorsque les transformateurs doivent fonctionner dans des conditions où la température maximum de l'eau de refroidissement dépasse 25 °C, les limites d'échauffement devront être convenues spécialement entre l'acheteur et le fabricant.

c) Transformateurs devant fonctionner avec des agents refroidissants, dont la température est inférieure à la normale

Lorsque la température de l'agent refroidissant est constamment inférieure d'au moins 10 °C aux valeurs normales indiquées sous chiffre 2*b*, et si une entente spéciale est intervenue à ce sujet, la limite d'échauffement peut être augmentée d'autant de degrés que la température maximum de l'agent refroidissant est inférieure aux valeurs normales. Dans ce cas, la température convenue de l'agent refroidissant doit être indiquée sur la plaque signalétique [1]).

[1]) Lorsque la température de l'agent refroidissant est constamment inférieure à la normale, le transformateur peut être plus fortement chargé, mais il faut alors tenir compte non seulement de l'échauffement de l'huile, mais aussi de l'échauffement plus grand des enroulements.

53. Transformateurs devant fonctionner à une altitude dépassant 1000 m

Lorsque des transformateurs à refroidissement par air doivent fonctionner à une altitude dépassant 1000 m, leur refroidissement est moins rapide, de sorte que leur puissance doit être réduite. Pour des transformateurs essayés à une altitude de moins de 1000 m, mais devant être installés à plus de 1000 m, les limites des échauffements selon le tableau II seront réduites, pour l'essai, dans les proportions suivantes, pour chaque 100 m au-dessus de 1000 m:

Transformateurs dans l'huile à refroidissement naturel	0,4 %
Transformateurs à sec à refroidissement naturel	0,5 %
Transformateurs dans l'huile à ventilation forcée	0,6 %
Transformateurs à sec à ventilation forcée . .	1,0 %

Pour les transformateurs à refroidissement par eau, aucune correction ne doit intervenir en ce qui concerne l'effet du refroidissement lors d'un montage à une altitude dépassant 1000 m.

54. Classification des matières isolantes, selon leur résistance à la chaleur

Les matières isolantes sont classées de la façon suivante:

55. Classe Y

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

56. Classe A

Coton, soie, papier, cellulose, soie artificielle (viscose) et autres matières organiques, 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. Pour être convenable, la matière d'imprégnation doit avoir de bonnes propriétés isolantes, 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 solvant ou par d'autres causes; elle ne doit pas couler pendant le fonctionnement à pleine charge dans les conditions de température limite spécifiées; elle ne doit pas s'altérer sous l'action prolongée de la chaleur. L'expression «imprégné» comprend aussi l'imprégnation massive (masse compound, par exemple).

57. Classe B

Composés de mica, de fibre de verre, d'amiante ou de matières inorganiques similaires, 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 admissible pour les matières isolantes de la classe B. (L'expression «altérer» est employée dans le sens de produire une modification qui pourrait disqualifier l'isolant pour un service continu.)

Remarque:

La résistance à la chaleur de composés de mica, de fibre de verre, d'amiante ou de matières similaires, contenant une matière agglomérante, dépend beaucoup de la quantité des matières de la classe A employées et de la nature de la matière agglomérante. Pour celles des matières isolantes qui offrent une plus forte résistance à la chaleur, il a été créé une classe F.

58. 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, imprégnés) font partie de la classe D.

59. Classe F

Composés de mica, de fibre de verre, d'amiante ou de matières similaires, contenant une matière agglomérante et qui ne sont altérés ni au point de vue diélectrique, ni au point de vue mécanique, par l'application des échauffements permis pour les matières isolantes de la classe F. Lorsque la fabrication l'exige, de petites quantités de matières isolantes de la classe A peuvent être utilisées. (L'expression «altérer» est employée dans le sens de produire une modification qui pourrait disqualifier l'isolant pour un service continu.)

60. Classe C

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

61. Limites des échauffements

Le tableau II indique les limites des échauffements admissibles pour les transformateurs, destinés à fonctionner à la température maximum de l'agent refroidissant selon chiffre 2*b* et pour diverses classes des matières isolantes.

Limites des échauffements de transformateurs, en °C [1]

Tableau II

		Classe d'isolants			
		A °C	B °C	D °C	F °C
	A. Enroulements				
	a) Transformateurs à sec				
1	à refroidissement naturel .	55	75	75	95
2	à ventilation forcée . . .	55	75	75	95
	b) Transformateurs dans l'huile				
3	à refroidissement naturel .	60	60	60	60
4	à ventilation forcée . . .	60	60	60	60
5	à réfrigérants internes à eau	60	60	60	60
6	à circulation d'huile et ventilation forcées	65	65	65	65
7	à circulation d'huile forcée et réfrigérants externes à eau	65	65	65	65
	B. Parties diverses				
8	Huile, mesurée dans la cuve aussi près que possible du niveau supérieur	55 lorsque l'huile dans la cuve n'est pas en contact avec l'air. 50 lorsque l'huile dans la cuve est en contact avec l'air.			
9	Noyau de fer et autres parties ne touchant pas l'enroulement	L'échauffement ne doit en aucun cas atteindre une valeur telle qu'il y ait risque de détérioration de l'isolation voisine ou d'autres parties.			

[1] Les classes des matières isolantes Y et C ne figurent pas dans ce tableau, car elles n'entrent pas en question pour les transformateurs.

F. Essais d'échauffement

71. Température de l'agent refroidissant durant l'essai

L'essai d'échauffement du transformateur peut être exécuté à une température *quelconque* de l'air de refroidissement, comprise entre 10 et 40 °C, ou à une température *quelconque* de l'eau de refroidissement inférieure à 25 °C, à n'importe quelle altitude inférieure à 1000 m (voir chiffre 53) et sous n'importe quelle pression barométrique, sans que les résultats des mesures ne doivent être corrigés. Les échauffements ne devront pas dépasser les limites indiquées sous chiffre 61, quelle que soit la température de l'air ambiant ou de l'eau de refroidissement (exception, voir chiffre 52*c*).

Le fabricant peut élever la température de l'eau de refroidissement à 25 °C ou à une valeur voisine, durant les essais.

Les limites des échauffements s'entendent pour un service dans lequel, lors de l'essai, les valeurs nominales de courant et de tension ont été ajustées du côté d'alimentation.

72. Mesure de la température de l'agent refroidissant durant l'essai

La température de l'air de refroidissement est relevée au moyen de plusieurs thermomètres répartis autour et à mi-hauteur du transformateur, à une distance de 1 à 2 m de celui-ci, à l'abri de tout rayonnement de chaleur et des courants d'air.

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 grands transformateurs suit les variations de température de l'agent refroidissant, on prendra toute disposition convenable pour réduire ces variations et les erreurs qu'elles occasionnent.

Dans ce but, on peut recommander par exemple des thermomètres à mercure, plongés d'environ 5 cm dans un récipient métallique, rempli d'huile.

Pour le refroidissement par ventilation forcée, la température de l'air est celle qui est mesurée à son entrée dans le circuit de ventilation. Pour les transformateurs à refroidissement par eau, la température à considérer est celle à l'entrée de l'eau.

73. Méthodes de mesure de la température

Deux méthodes sont admises pour déterminer la température des enroulements et des autres parties:

a) Méthode par résistance
b) Méthode par thermomètre

a) Méthode par résistance, pour les enroulements

La méthode par résistance consiste à mesurer les échauffements des enroulements par l'augmentation de la résistance de ceux-ci, en appliquant les formules indiquées sous chiffre 77. La méthode par résistance doit être normalement appliquée pour les enroulements de transformateurs.

b) Méthode par thermomètre

La méthode par thermomètre consiste à mesurer la température au moyen de thermomètres disposés à la surface extérieure accessible des enroulements, dans le cas des transformateurs à sec, et aussi près que possible de la surface de l'huile, dans le cas des transformateurs dans l'huile. Le terme de «thermomètre» comprend non seulement les thermomètres à réservoir, mais aussi les couples thermo-électriques et les thermomètres à résistance qui ne sont pas installés à demeure.

Lorsque la détermination de la température des transformateurs à sec s'opère à l'aide de la méthode par thermomètre, la valeur de l'échauffement moyen de la surface extérieure de l'enroulement doit correspondre aux valeurs indiquées au tableau II.

L'emploi simultané de la méthode par thermomètre et de celle par résistance n'est pas prévu.

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.

74. Correction des mesures de température des enroulements effectuées après le déclenchement du transformateur

Si la température n'est mesurée qu'après le déclenchement du transformateur, la température maximum atteinte durant l'essai peut être déterminée selon les deux méthodes suivantes, au gré du fabricant:

a) Extrapolation de la courbe de la température en fonction du temps, à partir du moment du déclenchement.

b) Lorsque, pour des transformateurs dans l'huile, les pertes dues à la charge, mesurées avec un wattmètre, ne dépassent pas 66 W par kg de cuivre d'enroulement, la correction en °C peut être déterminée en multipliant les pertes en watts par kg de chaque enroulement par un facteur dépendant du temps qui s'écoule entre le moment du déclenchement et celui de la mesure:

Durée, en min	*Facteur*
1	0,09
1,5	0,12
2	0,15
3	0,20
4	0,23

Pour des valeurs intermédiaires de la durée, les facteurs peuvent être interpolés.

Ces facteurs représentent des valeurs moyennes pour des constructions usuelles de transformateurs. Ils peuvent fournir des valeurs inexactes lorsqu'il s'agit de transformateurs de construction spéciale. Dans ce cas, il est nécessaire de relever une courbe de refroidissement.

75. Résistance initiale

Lors de la mesure de la résistance initiale d'un enroulement, la température de celui-ci doit être déterminée aussi exactement que possible.

Pour mesurer la température de l'enroulement depuis l'extérieur de la cuve, il faut procéder comme suit: Température au niveau supérieur de l'huile, diminuée de la différence entre la température à ce niveau et celle mesurée à l'extérieur de la cuve à mi-hauteur de l'enroulement.

S'il s'agit d'un enroulement qui n'est pas plongé dans l'huile, des thermomètres seront disposés à différents endroits entre les bobines.

Avant de procéder à la mesure de sa résistance initiale, le transformateur non excité et non chargé sera placé dans l'huile durant 3 à 8 heures, selon sa grandeur.

76. Durée de l'essai d'échauffement

a) Transformateurs pour service continu nominal

La durée de l'essai d'échauffement sera déterminée par l'une des deux méthodes indiquées ci-après, au choix du fabricant.

Première méthode: L'essai est poursuivi jusqu'à ce qu'il soit évident que l'échauffement maximum ne dépasserait pas les limites spécifiées au tableau II si l'essai était prolongé jusqu'à ce que l'état stationnaire soit atteint. On relèvera si possible les températures durant le fonctionnement et après déclenchement. L'essai peut être considéré comme terminé, lorsque l'échauffement n'augmente plus d'une quantité supérieure à 2 à 3 °C par heure.

Remarque:

Pour déterminer l'échauffement final, il est recommandé d'appliquer la méthode indiquée par la figure 1.

Deuxième méthode: Lorsque l'essai d'échauffement commence sans refroidissement ou avec refroidissement réduit, il

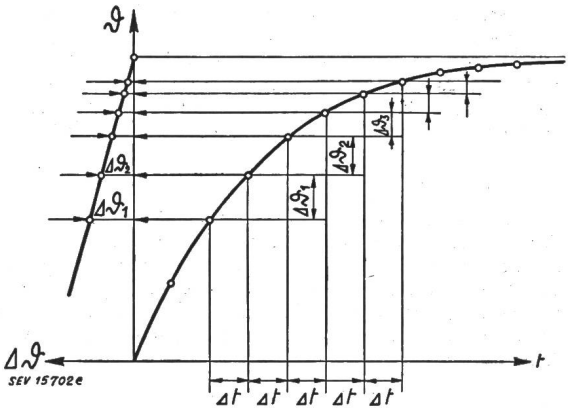


Fig. 1
Méthode de détermination de l'échauffement final des transformateurs prévus pour service continu
ϑ échauffement; Δϑ augmentation d'échauffement; *t* temps; Δ*t* intervalles de temps

doit être poursuivi avec refroidissement total jusqu'à ce que la température du transformateur ne varie pas de plus de 1 °C par heure, l'observation de cette condition devant être contrôlée chaque heure, durant quatre heures.

b) Transformateurs pour service temporaire nominal

Pour ces transformateurs, la durée de l'essai sera celle correspondant au service temporaire nominal indiqué sur la plaque signalétique. Au commencement de l'essai, la température du transformateur doit être la même que la température ambiante (transformateur «froid»).

c) Transformateurs pour service intermittent nominal et service ininterrompu nominal à charge intermittente

Pour ces transformateurs, l'essai sera poursuivi jusqu'à ce qu'il soit évident que la limite d'échauffement spécifiée au tableau II ne serait pas dépassée, si l'essai était prolongé jusqu'à ce que l'état stationnaire soit atteint. L'essai peut être considéré comme terminé, lorsque l'échauffement de l'huile n'augmente plus d'une quantité supérieure à 1 °C par heure. Cet essai peut commencer avec un transformateur chaud ou froid.

77. Détermination de l'échauffement des enroulements par augmentation de la résistance

L'échauffement $\Delta\vartheta$ [2]) des enroulements est déterminé par l'augmentation de leur résistance, 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

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

où

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).

78. Modalités d'exécution de l'essai d'échauffement

Il existe différentes méthodes pour cet essai, notamment la méthode de court-circuit, applicable surtout aux transformateurs dans l'huile, et la méthode de mise en charge par récupération. Ces deux méthodes donnent des résultats équivalents. Le fabricant pourra choisir celle qui lui convient.

Méthode de court-circuit

Lors de l'essai d'échauffement d'un transformateur dans l'huile, on détermine tout d'abord la température moyenne de l'huile (échauffement correspondant aux pertes totales), puis, par la méthode de variation de la résistance, l'échauffement de l'enroulement *au-dessus de la température moyenne de l'huile* (échauffement correspondant aux pertes dues à la *charge*).

a) On court-circuite l'un des enroulements et fait circuler dans l'autre un courant suffisant, à fréquence nominale, pour que la puissance absorbée soit égale à la somme, ramenée à 75 °C, des pertes à vide et des pertes en charge pour les valeurs nominales de la tension, du courant et de la fréquence.

Remarque:

La température moyenne de l'huile peut être prise égale à la température de la couche supérieure de l'huile, diminuée de la moitié de la chute de température de l'huile dans les dispositifs de refroidissement, déterminée par des mesures effectuées

1° en haut et en bas des tubes de refroidissement ou des radiateurs, aussi près que possible de la paroi de la cuve dans le cas de circulation de l'huile par thermosiphon, ou

2° à l'entrée et à la sortie du réfrigérant externe d'huile dans le cas de circulation forcée d'huile, ou

3° à l'extérieur de la cuve, sur une hauteur correspondant à celle des enroulements.

b) A la suite de l'essai ci-dessus, on ramène les courants dans les enroulements à leurs valeurs nominales, que l'on maintient constante pendant une heure, de sorte que l'échauffement des enroulements dépassant la température de l'huile peut être considéré comme stabilisé. On déclenche alors le transformateur et mesure la température des enroulements d'après leur résistance, avec correction par extrapolation jusqu'au moment du déclenchement.

Lors de cet essai, la température moyenne de l'huile sera déterminée comme indiqué dans la remarque du chiffre 78*a*. L'échauffement des enroulements par rapport à cette température moyenne se détermine par la différence des deux températures.

Le courant doit correspondre à la valeur nominale, sinon l'échauffement des enroulements devra être corrigé par l'un des facteurs suivants:

$$\left(\frac{\text{Courant nominal}}{\text{Courant mesuré}}\right)^{1,6} \text{ en cas de refroidissement naturel}$$

$$\left(\frac{\text{Courant nominal}}{\text{Courant mesuré}}\right)^{2} \text{ en cas de circulation forcée de l'huile}$$

c) L'échauffement d'un enroulement à pleine charge est la somme de l'échauffement moyen de l'huile dépassant la température de l'agent refroidissant (voir chiffre 78*a*) et de l'échauffement de l'enroulement (mesuré selon la méthode par résistance) au-dessus de la température moyenne de l'huile (voir chiffre 78*b*). Dans le cas de transformateurs à plusieurs enroulements, il peut être nécessaire de procéder à des essais supplémentaires, pour déterminer l'échauffement de tous les enroulements.

G. Résistance d'isolement et essais de rigidité diélectrique

I. Généralités et définitions

81. Application des essais de rigidité diélectrique

a) Les essais ne doivent s'appliquer qu'à un transformateur neuf, équipé de tous ses accessoires essentiels, dans des conditions équivalentes aux conditions normales de fonctionnement. Ils auront lieu dans les ateliers du fabricant. Le transformateur peut être froid.

b) L'essai de rigidité diélectrique effectué à la réception ne devrait pas être répété. Si une répétition est néanmoins exigée, la tension appliquée à l'essai de réception sera réduite à 75 % de la valeur primitive. Lorsque l'essai concerne un groupe de plusieurs transformateurs neufs, montés à leur emplacement définitif et reliés entre eux, chacun d'eux ayant déjà subi individuellement l'essai de rigidité diélectrique, la tension d'essai ne devra pas dépasser le 75 % de la plus faible des tensions d'essai applicable à l'un de ces transformateurs.

c) Les enroulements réparés seront essayés sous une tension égale à 75 % de la tension d'essai des transformateurs neufs. Il en sera de même pour l'essai de rigidité diélectrique de transformateurs usagés.

d) Lorsqu'il s'agit d'un rebobinage complet, avec remplacement de l'isolation principale, l'essai se fera dans les mêmes conditions que pour un transformateur neuf.

82. Transformateurs à sec

Selon les présentes Règles, les transformateurs à sec ne sont prévus que pour montage à des endroits non exposés aux surtensions d'origine atmosphérique [3]). Leur emploi

[2]) Sur la figure 1, l'échauffement est désigné exceptionnellement par ϑ au lieu de $\Delta\vartheta$.

[3]) Le Comité d'Etudes n° 28 de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), Coordination des isolements, définit comme suit les installations au point de vue de leur exposition aux surtensions atmosphériques:

Une installation en *situation exposée* est une installation susceptible d'être soumise aux surtensions d'origine atmosphérique. De telles installations sont en général reliées à des lignes aériennes soit directement, soit par l'intermédiaire d'un câble de faible longueur.

Une installation en *situation non exposée* est une installation qui n'est pas susceptible d'être soumise aux surtensions d'origine atmosphérique. De telles installations sont en général reliées à des réseaux de câbles.

n'est pas recommandé pour des tensions de service dépassant 24 kV. Il est admis que les transformateurs à sec sont maintenus en parfait état de propreté. Ces Règles ne renferment pas d'indications au sujet des essais sous tension de choc des transformateurs à sec.

83. Transformateurs dans l'huile

Les transformateurs dans l'huile doivent être construits en tenant compte de l'emplacement auquel ils sont destinés et du degré de protection contre les surtensions procuré par les dispositifs existants.

84. Tension maximum de réseau

La tension maximum de réseau est la valeur efficace maximum de la tension entre les bornes de pôles, qui peut se présenter, dans des conditions de service normales, à un instant quelconque et en un point quelconque du réseau. Il n'est pas tenu compte de brèves variations de tension dues à des incidents dans le réseau ou à de subites modifications de la charge.

La tension à circuit ouvert sur certaines prises d'un transformateur peut dépasser la tension maximum du réseau, mais d'après les présentes Règles, ce fait n'implique pas une élévation de la tension d'essai au choc ou de la tension alternative d'essai.

Sauf indications contraires, la tension maximum de réseau et la tension nominale correspondante d'une installation seront celles indiquées au tableau III.

Tensions nominales et tensions maxima de réseau correspondantes
(Valeurs de la CEI [1]) basées sur la pratique européenne)

Tableau III

Tension nominale U_n en kV	Tension maximum de réseau U_m en kV	Tension nominale U_n en kV	Tension maximum de réseau U_m en kV
3	3,6	60	72,5
(6)	(7,2)	(80)	(100)
10	12	100	123
15	17,5	120	145
20	24	150	170
30	36	220	245[2])
45	52	380	400

[1]) Commission Electrotechnique Internationale.
[2]) En cas de mise à la terre rigide du point neutre, cette tension peut être élevée jusqu'à la valeur de 275 kV, pour l'instant, à la condition d'utiliser du matériel pour isolement complet.
() Les valeurs entre parenthèses doivent être autant que possible évitées.

85. Niveau d'isolement

a) Généralités

La rigidité diélectrique d'un transformateur est déterminée par son niveau d'isolement, qui s'exprime par la valeur de crête de la tension d'essai de choc à onde pleine et par la tension alternative d'essai.

Sauf indications contraires, on admettra que l'isolement du point neutre d'enroulements couplés en étoile est le même qu'aux extrémités des enroulements connectées aux bornes de pôles.

b) Transformateurs à sec

L'isolation des transformateurs à sec doit être capable de supporter, entre enroulement et terre, un essai avec tension appliquée. A cet essai avec tension appliquée est associé l'essai avec tension induite (voir chiffre 88). La valeur de la tension alternative d'essai du transformateur dépend de la tension maximum du réseau (voir chiffre 89).

c) Transformateurs dans l'huile

La tension alternative d'essai (voir chiffres 99 et 102) est en rapport avec la tension d'essai de choc, qui dépend de la tension maximum de réseau et du couplage du point neutre. L'isolation des transformateurs dans l'huile doit être capable de supporter l'essai avec tension de choc, sauf dans le cas des transformateurs destinés à des installations non exposées.

d) Transformateurs monophasés dans des réseaux triphasés

Les transformateurs monophasés dans des réseaux triphasés doivent présenter un niveau d'isolement approprié à la tension maximum du réseau triphasé et au mode de mise à la terre, quel que soit leur mode de couplage (en triangle, en étoile, etc.).

86. Couplages spéciaux des enroulements

a) Essai avec tension induite d'enroulements série-parallèle

L'essai sous tension induite d'enroulements série-parallèle doit se faire pour les enroulements couplés en série, puis en parallèle.

b) Essai avec tension appliquée d'enroulements à couplage spécial

L'essai avec tension appliquée, approprié au mode de couplage des enroulements, se fera comme suit:

α) Pour les enroulements dont la tension nominale est différente, mais qui doivent être reliés électriquement en service les uns aux autres, la tension d'essai sera choisie d'après la tension maximum du réseau auquel les enroulements sont raccordés. L'essai doit se faire avec les enroulements reliés les uns aux autres.

β) Pour les enroulements reliés en série avec d'autres appareils sous tension du réseau, la tension d'essai sera choisie d'après la tension maximum de réseau de l'ensemble du groupe.

II. Transformateurs à sec

87. Essais normaux

Les deux essais suivants sont exécutés:

Essai avec tension induite
Essai avec tension appliquée

En ce qui concerne les valeurs des tensions d'essai, voir sous chiffres 88 et 89.

88. Essai avec tension induite

L'essai avec tension induite est destiné à vérifier la rigidité diélectrique entre enroulements, entre spires et entre bornes. La tension entre les parties à essayer doit atteindre le double de la tension existant entre ces parties, lorsque la tension nominale est appliquée aux bornes du transformateur (voir également chiffre 86a).

89. Valeurs de la tension pour l'essai avec tension appliquée

Les tensions d'essai sont les suivants:

a) Enroulements pour tensions maxima de réseau inférieures à 750 V: Tension d'essai = 2,5 kV.

b) Enroulements pour les tensions maxima de réseau jusqu'à et y compris 24 kV: Tension d'essai $= 1 + 2\,U_m$ kV, où U_m est la tension maximum (voir tableau IV).

c) Enroulements secondaires de transformateurs dont la tension primaire dépasse 1000 V et dont les côtés secondaires sont destinés à être raccordés directement à des réseaux de distribution ou à des consommateurs publics ou particuliers (tensions inférieures à 1000 V): Tension d'essai = 4 kV [4]).

Tensions alternatives d'essai pour transformateurs à sec
(Valeurs efficaces)

Tableau IV

Tension maximum de réseau U_m en kV . .	...1,1	3,6	7,2	12	17,5	24
Tension alternative d'essai U_p en kV . . .	2,5	8	15	25	36	50

90. Altitude du lieu d'installation

Les tensions d'essai indiquées sous chiffres 87 à 89 s'entendent pour des appareils destinés à fonctionner à une altitude jusqu'à 1000 m. Pour des altitudes comprises entre 1000 et 3000 m, les tensions à appliquer lorsque les essais ont lieu à une altitude inférieure à 1000 m devront être multipliées

[4]) Selon l'article 18 de l'Ordonnance fédérale sur les installations à fort courant, du 7 juillet 1933.

par un facteur d'altitude F tiré de la formule ci-après et lisible sur le diagramme de la figure 2

$$\text{Facteur d'altitude } F = \frac{\text{Densité de l'air à 1000 m}}{\text{Densité de l'air au lieu d'installation}}$$

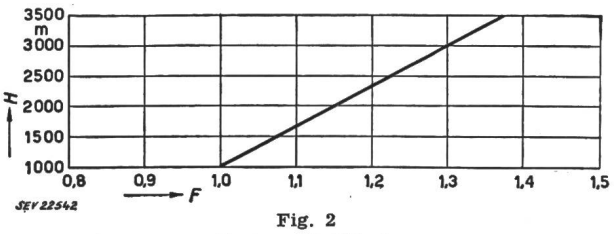


Fig. 2
Facteur d'altitude
(valable de —10 à + 40 °C)
F Facteur d'altitude; H Altitude

La valeur de la tension d'essai à l'emplacement des essais doit en outre être calculée en partant de la valeur de la tension d'essai à 760 mm Hg, 20 °C et 11 g/m³, selon les Règles de l'ASE pour les essais diélectriques (Publication n° 173 de l'ASE).

III. Transformateurs dans l'huile

91. Essais normaux

a) Pour les transformateurs destinés à fonctionner en situation non exposée, les essais avec tension alternative sont seuls exigés.

b) Pour les transformateurs destinés à fonctionner en situation exposée et où la tension maximum de réseau atteint 3,6 kV et plus, deux sortes d'essais sont prévues:

1° Essai avec tension alternative (voir chiffre 97).

2° Essai avec tension de choc, à titre d'essai de type (voir chiffre 105).

c) Pour des tensions maxima de réseau supérieures à 72,5 kV, les présentes Règles distinguent deux séries normales de niveaux d'isolement pour les bornes de pôles et les enroulements du transformateur: l'isolement complet et l'isolement réduit.

Si le point neutre est mis à la terre, l'isolement contre la terre peut être gradué ou uniforme (voir chiffre 93).

Les tensions d'essai normales dépendent des conditions de service et du mode de mise à la terre du réseau.

92. Choix de l'isolement

L'isolement normal (complet ou réduit) est déterminé par la tension maximum du réseau et par le mode de mise à la terre de celui-ci.

Lorsque les exigences d'exploitation sont très sévères et que les conditions le justifient, il peut être prescrit un degré d'isolement de un ou deux échelons plus élevé que normalement, par exemple aux endroits particulièrement exposés à la foudre.

93. Mode de mise à la terre

Il existe deux modes de mise à la terre:

a) Point neutre du réseau isolé ou mis à la terre par l'intermédiaire de résistances, bobines d'inductance ou bobines d'extinction, le neutre étant normalement au potentiel de la terre.

b) Point neutre mis directement à la terre (voir chiffre 95 *a*).

94. Isolement pour réseaux dont la tension maximum ne dépasse pas 72,5 kV

Que le neutre du réseau et celui du transformateur (s'il existe) soient mis à la terre ou non, l'isolement des enroulements ne doit pas être gradué.

Les tensions d'essai à appliquer dans ce cas sont indiquées au tableau V.

Tensions alternatives d'essai pour transformateurs dans l'huile
(Valeurs efficaces)

Tableau V

Tension max. du réseau kV	...1,1	3,6	7,2	12	17,5	24	36	52	72,5	100	123	145	170	245 [3]	420
Isolement complet kV	2,5 [1]	16	22	28	38	50	70	95	140	185	230	275	325	460	—
Isolement réduit kV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150	185	230	275	395	640 [2]

[1]) Exception, voir chiffre 89 c.

[2]) Cette valeur n'a pas encore été fixée internationalement.

[3]) En cas de mise à la terre rigide du point neutre, cette tension peut être élevée jusqu'à la valeur de 275 kV, pour l'instant, à la condition d'utiliser du matériel pour isolement complet.

95. Isolement des enroulements du côté des bornes de pôles, lorsque les tensions maxima de réseau dépassent 72,5 kV

Deux niveaux d'isolement sont prévus: isolement complet et isolement réduit. En général, l'isolement réduit doit être de 80 % de l'isolement complet, c'est-à-dire d'un degré plus faible dans la série des tensions. Les valeurs correspondantes des tensions alternatives d'essai peuvent être tirées du tableau V.

a) L'*isolement réduit* ne peut être appliqué qu'aux réseaux mis directement à la terre et dont les dispositifs de protection sont réglés pour 80 % du niveau de protection d'un réseau qui n'est pas mis à la terre. Cela est admissible lorsque la valeur efficace maximum de la tension alternative à la fréquence de service contre la terre aux bornes de pôles du transformateur et du dispositif de protection ne dépasse pas le 80 % de la tension composée, ceci pour toutes les configurations de réseau pouvant se présenter au cours de l'exploitation, ainsi qu'en cas de déclenchement ou de mise à la terre accidentelle de l'une des bornes de pôles.

Remarque 1:

Un niveau d'isolement réduit est admissible dans un réseau où tous les transformateurs qui y sont raccordés sont couplés en étoile et dont les points neutres sont mis directement à la terre.

Lorsqu'un transformateur de courant ne comportant qu'une seule spire au primaire est branché entre la borne de point neutre d'un transformateur et la terre, on considère que le transformateur est néanmoins mis directement à la terre. Par contre, lorsqu'il s'agit de transformateurs de courant comportant plusieurs spires au primaire, les conditions devront être examinées dans chaque cas particulier.

Remarque 2:

Lorsque des enroulements de transformateurs à plusieurs enroulements n'ont pas un point neutre sorti et mis à la terre, ou sont couplés en triangle, l'isolement réduit sera néanmoins applicable dans les conditions suivantes:

Pour tous les états de couplage, de service et d'alimentation, rapportés au côté considéré des bornes de réseau du transformateur, le rapport de la réactance homopolaire à la réactance directe du réseau doit être inférieur à 3 et le rapport de la résistance homopolaire à la réactance directe inférieur à 1.

b) L'*isolement complet* est toujours exigé lorsque l'isolement réduit n'est pas applicable.

Remarque:

Dans le cas de transformateurs en situation exposée, il est recommandable, même lorsque l'isolement est complet, de prévoir des dispositifs de protection destinés à limiter à une valeur admissible l'amplitude des tensions de choc.

96. Isolement de l'extrémité de l'enroulement du côté du point neutre, lorsque les tensions maxima de réseau dépassent 72,5 kV

a) Dans le cas d'enroulements couplés en étoile, à isolement uniforme, l'extrémité du côté du point neutre doit être soumise aux mêmes essais avec tension alternative que l'extrémité du côté des bornes de pôles.

b) Dans le cas d'enroulements couplés en étoile, avec point neutre mis directement à la terre et isolement gradué,

allant en diminuant du côté des bornes au côté du point neutre, la tension d'essai à appliquer du côté du point neutre doit être choisie conformément aux indications sous chiffre 102 *d*.

97. Essais avec tensions alternatives

Les essais avec tensions alternatives sont des essais de routine. On distingue:

Essai avec tension induite
Essai avec tension appliquée

98. Essai avec tension induite

L'essai avec tension induite doit être exécuté pour tous les transformateurs:

a) Pour les transformateurs à isolement non gradué, dans le but de vérifier la rigidité diélectrique entre bobines et entre spires. (La vérification de la rigidité diélectrique entre enroulements et terre s'opère par l'essai avec tension appliquée.)

b) Pour les transformateurs à enroulements couplés en étoile et à isolement gradué à partir de l'extrémité côté ligne jusqu'à celle côté neutre des enroulements, dans le but de vérifier la rigidité diélectrique entre enroulements et terre, ainsi qu'entre bobines et entre spires.

c) Pour tous les transformateurs, dans le but de vérifier la rigidité diélectrique entre les bornes.

Remarque:

Il est permis de procéder à l'essai avec tension induite à une fréquence plus élevée que la fréquence nominale du transformateur.

99. Valeur de la tension pour l'essai avec tension induite

a) Pour des transformateurs à isolement non gradué, la tension d'essai entre deux parties ne doit pas être inférieure au double de la tension qui existe entre ces parties, lorsque la tension nominale est appliquée aux bornes du transformateur.

b) Pour des transformateurs à isolement gradué, la tension d'essai sera choisie de telle sorte que la tension entre les bornes et les parties métalliques reliées à la terre soit conforme aux valeurs indiquées au tableau V.

Remarque:

Dans le cas de transformateurs triphasés, il est permis de procéder successivement à l'essai des diverses phases (par exemple entre chaque borne de pôle et la terre) et de coupler, au besoin, les enroulements de phase de telle sorte que les tensions entre bornes ne soient pas anormalement élevées.

Si l'on choisit des valeurs intermédiaires pour les tensions d'essai selon le tableau V, ce qui n'est admis que pour une tension maximum de réseau supérieure à 72,5 kV, la tension d'essai devra atteindre le double de la tension la plus élevée qui apparaît en service aux bornes de traversée du transformateur.

Dans ces cas, les tensions d'essai à appliquer aux bornes de traversée doivent toujours correspondre aux valeurs normalisées, mais ces traversées doivent alors être adaptées à l'isolement interne plus faible, en ajustant en conséquence l'éclateur de sécurité.

100. Durée de l'essai avec tension induite

La durée de l'essai avec tension induite est d'une minute. Lorsque la fréquence de la tension d'essai dépasse le double de la fréquence nominale du transformateur (ce qui est normalement le cas), la durée sera déterminée comme suit:

$$1 \text{ minute} \cdot \frac{2 \cdot \text{Fréquence nominale}}{\text{Fréquence de la tension d'essai}}$$

avec un minimum de 15 secondes.

101. Essai avec tension appliquée

La tension de la valeur spécifiée, fournie par une source séparée, sera appliquée successivement entre chacun des enroulements et les autres enroulements reliés entre eux et à la terre (voir chiffre 86 *b*). Par «enroulement», on entend en principe l'ensemble des enroulements de phase reliés en service (primaires, ou secondaires, ou tertiaires).

102. Valeurs de la tension pour l'essai avec tension appliquée

a) Pour des enroulements dont la tension maximum de réseau ne dépasse pas 1,1 kV, la tension alternative pour l'essai avec tension appliquée est de 2,5 kV.

b) Pour des enroulements de transformateurs destinés à des situations exposées et dont la tension de service dépasse 1,1 kV, les valeurs de la tension d'essai sont celles indiquées au tableau V.

c) Pour des enroulements de transformateurs destinés à des installations protégées et dont la tension maximum de réseau ne dépasse pas 17,5 kV, les valeurs de la tension d'essai sont celles indiquées au tableau IV; lorsque la tension maximum de réseau dépasse 17,5 kV, ce sont les valeurs indiquées au tableau V qui entrent en ligne de compte.

d) Pour des enroulements couplés en étoile et reliés à un réseau dont la tension maximum dépasse 72,5 kV, avec isolement gradué entre l'extrémité du côté des bornes et l'extrémité du côté du point neutre, il y a lieu de considérer les 3 catégories d'isolement suivantes pour le point neutre du transformateur:

Catégorie 1: Lorsque le point neutre du transformateur est mis directement à la terre par une connexion sans autres impédances que l'enroulement primaire d'un transformateur de courant à une spire, la tension d'essai sera de 34 kV. Si le transformateur de courant utilisé comporte plusieurs spires primaires, la tension d'essai pourra être également de 34 kV, à la condition que l'on ait prévu un parafoudre approprié en parallèle avec le transformateur de tension.

Catégorie 2: Lorsque le point neutre du transformateur est mis à la terre par l'intermédiaire d'un transformateur de réglage, et à la condition que l'on ait prévu un parafoudre en parallèle avec ce transformateur, la tension d'essai selon le tableau V sera réduite conformément au rapport de la tension maximum du transformateur de réglage à la tension nominale du transformateur à essayer.

Catégorie 3: Lorsque le point neutre du transformateur est mis à la terre par l'intermédiaire d'une bobine d'extinction, d'une résistance relativement élevée ou d'une réactance, ou lorsqu'il est isolé, la tension d'essai atteindra le 58 % des valeurs du tableau V, à la condition que l'on ait prévu un parafoudre approprié entre le point neutre et la terre.

103. Durée de l'essai avec tension appliquée

La durée de l'essai avec tension appliquée est d'une minute.

104. Répétition de l'essai de rigidité diélectrique

Lorsqu'un transformateur ayant déjà subi avec succès un essai de rigidité diélectrique doit être soumis une seconde fois à cet essai, la tension à appliquer ne dépassera pas le 75 % de celle du premier essai.

105. Essai avec tension de choc

a) Application

L'essai avec tension de choc est un essai de type, qui n'est exécuté que sur demande expresse du commettant. Il aura lieu avec le transformateur non excité, si possible dans les ateliers du fabricant. Pour l'instant, cet essai n'est pas prévu pour des enroulements dont la tension de service est inférieure à 45 kV.

Pour les transformateurs de puissance dans l'air, aucun essai avec tension de choc n'est encore prévu. Les enroulements de transformateurs qui ne sont pas raccordés, en service, directement à des réseaux de lignes aériennes (raccordement à des réseaux de câbles, à des alternateurs, etc.) ne sont, en principe, pas essayés avec tension de choc.

b) Couplage

Aux enroulements pour lesquels un essai avec tension de choc a été convenu, chaque enroulement de phase est successivement soumis à des chocs, la tension de choc étant appliquée à l'enroulement par la borne de pôle. Il n'est pas procédé à un essai avec tension de choc portant sur le point neutre. Les connexions avec d'autres enroulements doivent être autant que possible supprimées. Durant l'essai, l'extrémité non soumise à la tension de choc de l'enroulement de phase sera reliée à la terre directement ou,

lorsqu'il est procédé à des mesures de courant, par l'intermédiaire d'une résistance de mesure faiblement ohmique. Si cette extrémité d'enroulement n'est pas accessible (par exemple enroulements triphasés couplés en étoile, sans point neutre sorti), on mettra à la terre d'une façon appropriée le point accessible le plus proche de l'un ou des deux autres enroulements de phase. Un condensateur de faible capacité pourra être branché en parallèle avec la résistance de mesure, afin de réduire la pointe de courant initiale dans cette résistance. Durant l'essai avec tension de choc d'un enroulement de phase, tous les autres enroulements doivent être mis directement à la terre par l'une de leurs extrémités, si possible celle la plus proche de l'entrée de l'enroulement de phase en essai. L'autre extrémité de ces enroulements de phase doit être mise à la terre directement ou par l'intermédiaire d'une résistance telle, que la tension à ces endroits soit limitée à 80 % au maximum de la tension d'essai de choc prévue selon *c*). Dans les cas des autotransformateurs, on procédera de même pour limiter la tension à la seconde borne de pôle de l'enroulement de phase en essai.

c) Valeurs de la tension d'essai de choc

Conformément aux Recommandations de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) pour la coordination des isolements, les valeurs indiquées au tableau VI pour l'essai avec tension de choc doivent être observées sans tenir compte de la densité et de l'humidité de l'air au moment de l'essai.

Une répétition de l'essai avec tension de choc effectué lors de la réception doit être évitée; si elle est néanmoins désirée, elle ne devra avoir lieu qu'avec le 75 % des valeurs ci-dessus. Les enroulements réparés doivent être essayés sous une tension égale à 75 % de la tension d'essai appliquée au transformateur neuf.

Les transformateurs avec commutateur de prises sont essayés de la même façon que les transformateurs ordinaires. Les chocs sont appliqués à un certain échelon, d'entente avec le commettant.

Valeurs de la tension d'essai de choc selon la CEI [1])

Tableau VI

Tension maximum de réseau kV	Tension d'essai de choc avec onde 1|50 positive et négative kV (valeur de crête)	
3,6	45	
7,2	60	
12	75	
17,5	95	
24	125	
36	170	
52	250	
72,5	325	
	Isolement normal kV (valeur de crête)	Isolement réduit kV (valeur de crête)
100	450	380
123	550	450
145	650	550
170	750	650
245 [3])	1050	900
420	—	1450 [2])

[1]) Dans l'additif 0183.1954 aux Règles et recommandations de l'ASE pour la coordination des isolements, Publ. n° 183 de l'ASE, les valeurs de l'ASE pour l'essai avec tension de choc sont indiquées en faisant mention des valeurs de la CEI.

[2]) Cette valeur n'a pas encore été fixée internationalement.

[3]) En cas de mise à la terre rigide du point neutre, cette tension peut être élevée jusqu'à la valeur de 275 kV, pour l'instant, à la condition d'utiliser du matériel pour isolement complet.

d) Nombre de chocs et leur forme

Trois chocs positifs et trois chocs négatifs avec onde pleine normale 1|50, de la tension prévue selon chiffre 105*c*, sont appliqués successivement à une borne de pôle de l'enroulement en essai (voir chiffre 105*b*). Les éclateurs de sécurité prévus aux isolateurs de traversée devront être éventuellement écartés ou enlevés, afin qu'il ne s'y produise certainement pas de claquage lors de l'essai. Lorsque les valeurs de la densité ou de l'humidité de l'air sont défavorables, l'essai pourra au besoin n'être exécuté qu'avec la polarité négative; dans ce cas, l'essai doit comporter 6 chocs négatifs complets.

Remarque:

Ultérieurement, lorsqu'un essai avec tension de choc coupée sera introduit, le nombre total de chocs sera fixé à nouveau.

Pour des transformateurs de grande capacité, de faible inductance ou de très grande puissance et pour une tension très élevée, il n'est pas toujours possible d'observer les durées prescrites pour le front et de mi-amplitude, même en faisant pleinement usage des tolérances admises. Dans de tels cas, les durées du front et de mi-amplitude devront se rapprocher autant que possible des valeurs normalisées.

Lorsque la courbe de la tension de choc comporte des oscillations à haute fréquence, de période inférieure à 2 microsecondes, la valeur de crête sera déterminée en traçant une courbe moyenne par les oscillations. Si la période des oscillations atteint ou dépasse 2 microsecondes, la valeur de crête sera celle des oscillations à haute fréquence.

e) Exécution de l'essai

Lorsque le transformateur est raccordé, aucun étalonnage ne doit être effectué à l'éclateur à sphères avec la pleine tension. Des essais préliminaires, destinés au réglage du générateur de chocs, ne sont également pas admis. Il faut donc déterminer tout d'abord, avec tension réduite, la chute de tension due à la charge du transformateur. En outre, on a besoin d'oscillogrammes cathodiques relevés avec tension réduite, afin de pouvoir les comparer à ceux obtenus avec la pleine tension. Pour l'étalonnage et l'essai, il y a donc lieu de procéder comme suit:

α) La mesure préliminaire est exécutée avec tension réduite à 60...50 %, selon *c*). Le générateur de chocs est réglé de façon à fournir probablement cette tension lorsque le transformateur sera raccordé (on estime provisoirement la chute de tension). Pour ce réglage, la tension de choc est relevée oscillographiquement une fois avec et une fois sans le transformateur. La différence des amplitudes de tension constatée en comparant ces oscillogrammes indique la chute de tension. On procédera de la même façon pour les deux polarités.

β) Pour l'essai avec la pleine tension, le générateur de chocs sera réglé comme suit: La distance disruptive de l'éclateur de mesure est réglée à une valeur correspondant à la somme de la tension d'essai selon *c)* et de la chute relative de tension, telle qu'elle a été déterminée par la mesure préliminaire. Le générateur de chocs est ensuite réglé, sans que le transformateur soit raccordé, à la tension 50 % d'amorçage au choc de l'éclateur de mesure, après quoi on procédera à l'essai avec tension de choc proprement dit, le transformateur étant raccordé et les sphères de l'éclateur de mesure ayant été légèrement écartées.

f) Méthodes de localisation des défauts

Une avarie survenant au cours de l'essai peut être constatée par:

α) la montée de bulles gazeuses,
β) un bruit dans le transformateur,
γ) des variations dans l'allure de la tension de choc à la borne à laquelle elle est appliquée,
δ) des variations dans l'allure du courant de choc contre la terre,
ε) des variations dans l'allure de la tension de choc à une borne qui n'est pas mise directement à la terre, d'un enroulement auquel la tension de choc n'est pas appliquée.

Dans tous les cas, deux grandeurs sous pleine tension selon *c)* et sous tension réduite selon *e)* doivent être relevées oscillographiquement, à savoir la tension à la borne à laquelle la tension de choc est appliquée et le courant à la terre ou la tension d'un enroulement de phase auquel la tension de choc n'est pas appliquée.

L'effet mentionné sous α) ne se produit que dans le cas de défauts grossiers, tandis que l'effet mentionné sous β) permet déjà de déceler des défauts minimes. Le transformateur électroacoustique est un dispositif très sensible pour déceler les plus petites oscillations de pression acoustique

qui se produisent dans l'huile, même celles qui ne sont pas perceptibles auditivement. L'oscillogramme selon *γ)* permet de reconnaître surtout des contournements ou des perforations à la terre, tandis que les oscillogrammes selon *δ)* et *ε)* servent principalement à déceler des courts-circuits entre spires. Les oscillogrammes selon *γ)* et *δ)* ou *ε)* relevés sous pleine tension doivent être comparés aux oscillogrammes correspondants, relevés pour la même polarité, sous tension réduite. Ils ne devront présenter aucun écart de l'allure caractéristique, ni de fortes décharges à haute fréquence. La nature de l'enregistrement d'une perturbation sur l'oscillogramme renseigne sur la position de l'endroit du défaut. Toutefois, même avec un blindage soigneusement établi, il n'est pas toujours possible d'éviter complètement un effet de la tension de choc sur le circuit de mesure et, du fait que l'élévation de la tension n'est pas absolument identique pour chaque choc, il arrive souvent que les courbes du courant ne coïncident pas parfaitement au début. De faibles écarts de l'allure de la courbe du courant de choc avec tension réduite et avec pleine tension ou entre des oscillogrammes de tensions de même valeur durant les 3 premières microsecondes ne sont donc pas déterminantes pour un défaut et il n'y a pas lieu de s'en préoccuper. Au cas où l'on aurait des raisons de douter de l'interprétation d'un oscillogramme, l'enroulement considéré du transformateur devra être essayé avec 5 autres chocs sous 90 % de la valeur de la tension selon *c)*. Si les oscillations ou autres écarts observés sur l'oscillogramme comparé n'ont pas augmenté durant ces 5 chocs, l'essai de choc sera considéré comme satisfaisant.

H. Rendement et pertes

111. Rendement

a) Le rendement est donné par la relation:

$$\eta = 100 \left(1 - \frac{P_v}{P_2 + P_v}\right) \quad \text{en } \%,$$

où P_2 est la puissance active débitée et

P_v la somme des pertes (sans la puissance absorbée par les appareils auxiliaires).

b) La puissance P_2 à pleine charge s'obtient à l'aide de la formule:

$$P_2 = P \left(1 - \frac{\varepsilon_\varphi}{100}\right) \cos \varphi_2$$

où P est la puissance nominale du transformateur,

$\cos \varphi_2$ le facteur de puissance dans le circuit secondaire et

ε_φ la chute de tension, en %.

112. Pertes

Dans les présentes Règles, les pertes sont subdivisées en pertes à vide P_{v0} et en pertes en charge P_{ch}.

113. Pertes à vide

Les pertes à vide P_{v0} sont égales à la puissance active absorbée par le transformateur fonctionnant à vide. Elles se composent des pertes dans le circuit magnétique, des pertes diélectriques et des pertes dues au courant à vide. Elles sont mesurées lorsque la tension primaire nominale de forme sinusoïdale est appliquée à l'enroulement primaire, à la fréquence nominale, et que cet enroulement est connecté à la prise principale. Les autres bornes ne sont pas raccordées. Pour la mesure à partir du côté secondaire, on procède d'une manière analogue.

La mesure des pertes à vide peut se faire de la façon suivante, le transformateur étant froid ou chaud:

a) Pour tous les types de transformateurs (à l'exception des transformateurs triphasés sans aucun enroulement couplé en triangle), la tension doit être mesurée à l'aide d'un voltmètre indiquant la valeur moyenne. Lorsque cela n'est pas possible, il faudra utiliser d'autres moyens appropriés. La valeur efficace de la tension sinusoïdale correspondant à la perte à vide mesurée est égale au produit de la valeur moyenne par le facteur de forme (1,11) de la courbe sinusoïdale.

b) Pour les transformateurs triphasés sans aucun enroulement couplé en triangle, la mesure doit se faire sous la tension efficace, mesurée à l'aide d'un voltmètre électrodynamique ordinaire. La forme d'onde de la tension doit être pratiquement sinusoïdale (voir chiffre 2).

114. Pertes en charge

Les pertes en charge P_{ch} sont les pertes dans le transformateur parcouru par les courants nominaux primaire et secondaire et à la fréquence nominale, lorsqu'il est connecté par la prise principale.

Elles se composent des pertes par effet Joule dans les enroulements et des pertes supplémentaires, dues aux flux de dispersion. Les pertes en charge sont mesurées en court-circuitant un enroulement et en réglant l'intensité du courant à la valeur nominale. Lorsque la mesure avec le courant nominal donne lieu à des difficultés, on pourra utiliser une méthode équivalente en mesurant les pertes en cas d'intensité de courant réduite. La conversion au courant nominal s'opère proportionnellement au carré du courant.

Les résultats d'essai doivent être ramenés à une température moyenne des enroulements de 75 °C et être garantis pour cette température de référence. On tiendra compte du fait que les pertes par effet Joule sont directement proportionnelles à la résistance et que les pertes supplémentaires leur sont inversement proportionnelles. Les pertes par effet Joule doivent être multipliées par les facteurs:

$$c = \frac{310}{235 + \vartheta} \quad \text{pour les enroulements en cuivre}$$

$$c = \frac{305}{230 + \vartheta} \quad \text{pour les enroulements en aluminium}$$

ϑ étant la température de l'enroulement à laquelle la résistance a été mesurée.

Les pertes supplémentaires doivent être divisées par les facteurs c correspondants.

115. Garanties concernant les pertes

Le devis doit fournir une indication au sujet des pertes à vide et en charge, afin de permettre de calculer le rendement pour une charge quelconque et un facteur de puissance quelconque de cette charge.

116. Pertes dans les bobines d'inductance

Les pertes dans les bobines d'inductance seront déterminées selon entente particulière.

117. Puissance absorbée par les appareils auxiliaires

La puissance absorbée par les appareils auxiliaires, tels que moteurs de ventilateurs ou de pompes de circulation, doit être indiquée séparément.

J. Tension de court-circuit, chute de tension, courant de court-circuit

121. Tension de court-circuit, composantes ohmique et inductive

a) La tension de court-circuit est la tension, exprimée en pour cent de la tension primaire nominale, qui est appliquée à l'enroulement primaire, afin que le courant nominal y circule lorsque l'enroulement secondaire est court-circuité. Inversement, la tension de court-circuit est exprimée en pour cent de la tension nominale secondaire. L'enroulement doit être relié à la prise principale (voir chiffre 23), à moins que la position du commutateur de prises ne soit indiquée expressément. La tension de court-circuit peut également être mesurée pour un courant plus faible que le courant nominal, mais les résultats doivent alors être convertis proportionnellement au courant nominal et à 75 °C, selon chiffre 114. Le tableau VII donne des valeurs recommandées pour les tensions de court-circuit.

b) La tension de court-circuit U_c est la somme vectorielle de deux composantes:

$$U_c = \sqrt{U_R^2 + U_X^2}$$

où U_R est la composante ohmique de la tension de court-circuit et

U_X la composante inductive de la tension de court-circuit

c) La tension de court-circuit relative ε_c est

$$\varepsilon_c = 100 \frac{U_c}{U_n} \quad \text{en } \%$$

où U_n est la tension nominale.

d) La composante ohmique relative ε_R de la tension de court-circuit, due aux pertes par effet Joule, se calcule à l'aide de la formule:

$$\varepsilon_R = 100 \frac{P_{ch}}{P} \quad \text{en } \%$$

où P_{ch} sont les pertes en charge, rapportées à une température d'enroulement de 75 °C et

P est la puissance nominale du transformateur.

e) La composante inductive relative ε_X de la tension de court-circuit se calcule à l'aide de la formule:

$$\varepsilon_X = \sqrt{\varepsilon_c^2 - \varepsilon_R^2}$$

Elle est indépendante de la température des enroulements.

Valeurs recommandées pour les tensions de court-circuit

Tableau VII

Puissance kVA	Tension de court-circuit relative ε_c pour haute tension %						
	...20 kV	30 kV	45 kV	60 kV	110 kV	150 kV	220 kV
...100	4	—	—	—	—	—	—
250	4,5	5	6	—	—	—	—
500	4,5	5	6	7	—	—	—
1 000	5	5,5	6	7	—	—	—
2 500	6	6,5	7	7,5	—	—	—
5 000	6,5	7	7,5	8	10	—	—
10 000	7	7,5	8	8,5	10	12	—
30 000	—	8,5	9	9,5	11	12	12,5
50 000	—	—	9,5	10	11	12	12,5

122. Chute de tension

a) La chute de tension d'un transformateur est la différence entre la tension secondaire à vide et la tension secondaire correspondant au courant nominal, pour un certain facteur de puissance, lorsque la tension primaire et la fréquence ont leur valeur nominale.

b) La chute de tension relative ε_φ est exprimée en pour cent de la tension secondaire nominale. Elle se calcule en partant des composantes ohmique et inductive de la tension de court-circuit (ε_R et ε_X), en pour cent, à l'aide de la formule:

$$\varepsilon_\varphi = \left[\varepsilon_R \cos\varphi + \varepsilon_X \sin\varphi + \frac{1}{200} (\varepsilon_R \sin\varphi - \varepsilon_X \cos\varphi)^2\right] \quad \text{en } \%$$

Pour des transformateurs ayant une tension de court-circuit inférieure ou égale à 4 %, le dernier terme peut être négligé et la formule devient:

$$\varepsilon_\varphi = [\varepsilon_R \cos\varphi + \varepsilon_X \sin\varphi], \quad \text{en } \%$$

c) La chute de tension relative $\varepsilon_{\varphi n}$ pour un courant partiel relatif (n) se calcule à l'aide de la formule:

$$\varepsilon_{\varphi n} = \left[n (\varepsilon_R \cos\varphi + \varepsilon_X \sin\varphi) + \frac{n^2}{200} (\varepsilon_R \sin\varphi - \varepsilon_X \cos\varphi)^2\right] \quad \text{en } \%$$

$$\text{où } n = \frac{\text{Courant partiel}}{\text{Courant nominal}}$$

d) En cas de fourniture de puissance réactive aux bornes secondaires, il y a lieu d'introduire dans les formules ci-dessus $\sin\varphi$ avec signe positif et, en cas de consommation de puissance réactive, avec signe négatif.

123. Courants de court-circuit

a) Les courants de court-circuit nominaux sont les courants de court-circuit permanent qui circulent dans les bornes de pôles, lorsque le transformateur court-circuité au secondaire est alimenté au primaire sous tension nominale à la fréquence nominale. Ils sont égaux aux courants nominaux multipliés par le facteur $\frac{100}{\varepsilon_c}$, ε_c étant la tension de court-circuit nominale relative, en pour cent.

b) Le *courant de court-circuit de choc* d'une phase est la valeur instantanée la plus élevée du courant, au début du court-circuit.

Pour des transformateurs à trois enroulements ou plus, la durée pendant laquelle le transformateur doit supporter le courant de court-circuit dépend de l'intensité maximum du courant qui peut circuler dans chaque enroulement mis en court-circuit (voir tableau VIII), lorsque tous les autres sont raccordés à une source de courant dont la tension est maintenue à sa valeur nominale.

Durée de tenue aux courts-circuits d'un enroulement

Tableau VIII

Tension de court-circuit relative ε_c du transformateur %	Courant efficace symétrique de court-circuit que le transformateur doit supporter	Durée en s
Inférieure ou égale à 4 %	$25\ I_n$	2
Supérieure à 4 %	$I_n \frac{100}{\varepsilon_c}$	3

I_n Courant nominal; ε_c en %.

Chaque enroulement doit être essayé individuellement.

Remarque 1:

Lorsque des transformateurs sont reliés directement à d'autres appareils possédant une impédance propre, situés à une très petite distance, la liaison ayant lieu par câbles ou barres, ce qui exclut pratiquement tout court-circuit dans cette liaison, l'impédance dont il y a lieu de tenir compte est la somme des impédances du transformateur et de l'appareil, en ce qui concerne la limitation du courant de court-circuit.

Remarque 2:

Les autotransformateurs étant connectés en série, ils sont exposés à de très forts courants de court-circuit, à moins qu'ils ne soient protégés par des dispositifs limiteurs de courant. Pour ces transformateurs, il est pratiquement impossible de déterminer le courant de court-circuit maximum pouvant se présenter, car les forces électrodynamiques lors du court-circuit peuvent dans certains cas se répéter et cumuler. Pour abaisser ces courants de court-circuit, il est donc recommandé d'installer des bobines d'inductance à des endroits appropriés, afin que le courant de court-circuit soit limité à 25 fois le courant nominal du transformateur.

Remarque 3:

Lorsque, dans le cas de transformateurs à plusieurs enroulements, il n'est pas possible de se conformer aux indications des paragraphes précédents, des bobines d'inductance peuvent être installées en série avec les enroulements du transformateur, après entente entre le commettant et le fabricant.

c) Un essai en vue de vérifier la résistance aux courts-circuits n'est généralement pas exécuté. S'il est nécessaire, il devra faire l'objet d'une entente particulière entre le commettant et le fabricant.

K. Groupes de couplage et couplages

131. Groupes de couplage

Les tableaux IX et X indiquent les groupes de couplage et les couplages possibles, ainsi que les schémas et diagrammes vectoriels correspondants. Les couplages recommandés sont:

Yy0 (A2), Dy5 (C1), Yd5 (C2), Yz5 (C3), ainsi que le groupe de couplage monophasé 0(A).

Remarque 1:

Dans les schémas de la 5e colonne, les enroulements haute et basse tension sont supposés être bobinés dans le même sens.

Remarque 2:

Pour les transformateurs triphasés, les bornes U, V, W et u, v, w doivent être disposées de gauche à droite, pour un observateur faisant face au côté haute tension.

Groupes de couplage, couplages, schémas de couplage et diagrammes vectoriels pour transformateurs triphasés

Tableau IX

Groupe de couplage		Couplage		Schéma de couplage	Diagramme vectoriel
Ancien	Nouveau	Ancien symbole	Nouveau symbole		
1	2	3	4	5	6
A	0	A1	Dd0		
		A2	Yy0		
		A3	Dz0		
B	6	B1	Dd6		
		B2	Yy6		
		B3	Dz6		

Selon les Règles de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) pour les transformateurs, les couplages des transformateurs triphasés sont désignés par les lettres suivantes:

Mode de couplage	Côté haute tension	Côté basse tension
Triangle	D	d
Etoile	Y	y
Zigzag	Z	z

Pour désigner le couplage, on indique tout d'abord la lettre (majuscule) du couplage de l'enroulement haute tension, puis la lettre (minuscule) du couplage de l'enroulement basse tension et finalement un chiffre caractérisant le déphasage des vecteurs de tension de deux bobinages correspondants des côtés haute et basse tension.

Pour cela, la direction des vecteurs de tension sur le diagramme vectoriel est comptée en partant du point neutre réel ou fictif vers les bornes de la phase principale correspondante, des côtés haute et basse tension.

Le chiffre caractéristique s'obtient en amenant le vecteur côté haute tension à la position de l'aiguille des minutes d'une montre indiquant 12, tandis que l'aiguille des heures est amenée dans la direction du vecteur, côté basse tension, de même désignation. L'aiguille des heures indique alors sur le cadran le chiffre caractéristique en question.

Tableau IX, suite

Groupe de couplage		Couplage		Schéma de couplage	Diagramme vectoriel
Ancien	Nouveau	Ancien symbole	Nouveau symbole		
1	2	3	4	5	6
C	5	C1	Dy5		
		C2	Yd5		
		C3	Yz5		
D	11	D1	Dy11		
		D2	Yd11		
		D3	Yz11		

Groupes de couplage, couplages, schémas de couplage et diagrammes vectoriels pour transformateurs monophasés

Tableau X

Groupe de couplage		Couplage		Schéma de couplage	Diagramme vectoriel
Ancien	Nouveau	Ancien symbole	Nouveau symbole		
1	2	3	4	5	6
A	0	—	—		
B	6	—	—		

Si l'aiguille des heures marque 12, c'est-à-dire si le déphasage est nul, on indiquera 0 et non 12 comme chiffre caractéristique. Multiplié par 30, le chiffre caractéristique indique l'angle de déphasage entre les vecteurs haute tension et basse tension. La figure 3 donne un exemple de ce mode de désignation.

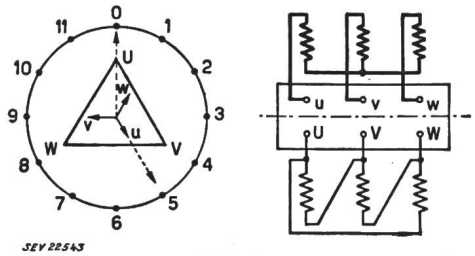


Fig. 3
Exemple du mode de désignation d'un couplage
Désignation du couplage: Dy5
Angle de déphasage: 5 · 30 ° = 150 °

L. Couplage en parallèle de transformateurs

141. Définition

Des transformateurs sont couplés en parallèle lorsqu'ils sont branchés aux mêmes barres primaires et secondaires. Le fonctionnement en parallèle est parfait lorsque les charges se répartissent au prorata des puissances nominales des divers transformateurs.

142. Conditions pour le couplage en parallèle

Afin que deux transformateurs ou plus puissent travailler parfaitement en parallèle, les conditions suivantes doivent être satisfaites:

a) Les transformateurs doivent avoir la même tension primaire nominale et la même tension secondaire nominale.

b) Les transformateurs doivent appartenir au même groupe de couplage.

c) Les bornes de même désignation doivent être reliées à la même barre omnibus.

Exception:

Des transformateurs du groupe 5 peuvent travailler en parallèle avec ceux du groupe 11, lorsqu'ils sont reliés entre eux selon le tableau XI.

Modes de raccordement des transformateurs au réseau

Tableau XI

		Haute tension	Basse tension
Barres omnibus		R S T	r s t
Transformateur	Groupe 5	U V W	u v w
	Groupe 11	U W V W V U V U W	w v u v u w u w v

d) Sauf entente particulière, la tension de court-circuit du transformateur à coupler en parallèle ne doit pas s'écarter de plus de 10 % de la tension de court-circuit moyenne des transformateurs existants. Pour d'autres prises que la prise principale, une tolérance de ± 15 % est admise pour les tensions de court-circuit.

e) Le rapport des puissances nominales ne devrait pas dépasser 3 : 1.

M. Désignation des bornes

(Ce chapitre sera traité ultérieurement)

N. Tolérances et garanties

161. Définition

Une tolérance est l'écart maximum admissible entre la valeur mesurée 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 de fabrication et des erreurs de mesure.

162. Garanties

Toutes les grandeurs indiquées au tableau XII ne font pas nécessairement l'objet de garanties.

Les tolérances admises sur les garanties doivent être conformes au tableau XII.

Tolérances

Tableau XII

N°	Objet	Tolérance
1	*a)* Pertes totales *b)* Pertes partielles	+ 1/10 des pertes totales [1]). + 1/7 de chacune des pertes partielles avec tolérance de + 1/10 sur les pertes totales [1]).
2	Tensions nominales à vide	± 1/200 de la tension nominale garantie ou 10 % de la tension de court-circuit garantie pour le courant nominal. La plus petite des deux valeurs est valable.
3	Tension de court-circuit *a)* Pour la prise principale *b)* Pour les autres prises	± 1/10 de la tension de court-circuit garantie pour cette prise. Pour les transformateurs de moins de 500 kVA, la tolérance de ± 1/10 n'est valable que lorsque les enroulements haute et basse tension sont équilibrés électromagnétiquement sur la prise principale. Si cela n'est pas possible, une tolérance plus grande sera admise. Lorsqu'une garantie de tension de court-circuit est demandée ou indiquée, la tolérance sera de ± 1/7 de la valeur garantie, si la tension ne s'écarte pas de plus de ± 1/20 de la tension correspondant à la prise principale. Si cet écart est plus grand, cette tolérance devra être convenue spécialement.
4	Courant à vide	+ 3/10 du courant à vide garanti [1]).
5	Tension de court-circuit (en %) des bobines d'inductance limitant le courant *a)* Pour le courant maximum (valeur efficace du courant de court-circuit symétrique du réseau) pour lequel la bobine est prévue *b)* Pour le courant nominal	— 1/20 de la tension de court-circuit pour les bobines d'inductance à noyau de fer. Pour les bobines sans fer, la tension de court-circuit ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée. **Remarque:** L'indication sous 5*a* concerne la construction et doit être déterminée par l'essai de type ou par tout autre moyen convenu. + 1/5 de la tension de court-circuit spécifiée. **Remarque:** Les indications sous 5*a* et 5*b* sont des valeurs maxima et il est recommandé de construire les bobines d'inductance de telle sorte que l'impédance au courant maximum ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée et que l'impédance en charge nominale soit obtenue avec la tolérance la plus faible possible.

[1]) Il n'est pas fixé de valeur inférieure.

O. Marque d'origine et plaque signalétique

171. Marque d'origine

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

Au cas où l'enroulement du transformateur a été modifié par une maison autre que la maison d'origine (rebobinage partiel ou complet, modification de couplage ou remplacement), cette maison doit apposer, à côté de la plaque d'origine, une autre plaque signalétique indiquant le nom de la maison, les nouvelles caractéristiques du transformateur et l'année de la modification.

172. Plaque signalétique

Chaque transformateur doit être muni d'une plaque signalétique, disposée autant que possible de façon à demeurer bien visible en service.

La plaque signalétique doit porter, en caractères lisibles et indélébiles, les *renseignements* suivants, correspondant aux valeurs nominales:

1. Genre de transformateur
2. Type
3. Numéro de fabrication
4. Puissance nominale
5. Genre de service
6. Tension nominale primaire
7. Tension nominale secondaire
8. Tension de court-circuit
9. Courant nominal primaire
10. Courant nominal secondaire
11. Couplage et groupes de couplage
12. Fréquence nominale
13. Températures de l'agent refroidissant (si celles-ci diffèrent des prescriptions)
14. Règles de référence (ASE)

Remarques:

Concernant 5: A défaut d'indication, il sera admis que le transformateur est prévu pour le service continu.

Concernant 8: Tension de court-circuit mesurée.

P. Valeurs normales

181. Valeurs normales de la puissance

Les valeurs normales de transformateurs de puissance doivent être choisies dans la série 10 des nombres normaux, comme suit:

10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000 kVA

182. Echelons normaux des prises supplémentaires

Les prises supplémentaires d'enroulements de transformateurs jusqu'à et y compris 500 kVA, qui ne sont pas destinées à être commutées en charge, doivent être échelonnées en multiples de 2,5 % de la tension nominale, l'étendue totale de réglage ne devant pas dépasser 10 %.

Lorsque les échelons sont exprimés en pour cent, ce pourcentage est rapporté à la tension à vide sur la prise principale, c'est-à-dire proportionnellement au nombre de spires.

Appendice

Indications à fournir dans les demandes d'offres et les commandes de transformateurs

Afin de faciliter la tâche du fabricant, chaque demande d'offre ou commande doit contenir les indications suivantes:

A. Indications générales

1. Nombre de transformateurs.
2. Transformateur monophasé, triphasé ou polyphasé.
3. Transformateur à sec ou transformateur dans l'huile.
4. Fréquence, en Hz.
5. Transformateur à enroulements séparés ou autotransformateur.
6. Puissance nominale en service continu, conditions de service.
7. Tension nominale primaire.
8. Tension nominale secondaire ou tension secondaire en charge (dans ce dernier cas, il y a lieu d'indiquer pour quel facteur de puissance).
9. Tension la plus élevée du réseau (pour permettre de déterminer les tensions d'essai).
10. Limites éventuelles des variations des tensions primaire et secondaire.
11. Prises supplémentaires à prévoir pour l'un ou l'autre des enroulements, commutation en charge, prises à prévoir pour puissance constante ou courant constant.
12. Couplage et groupe de couplage des enroulements.
13. Mode de refroidissement.
14. Indication de la température de l'eau ou de l'air de refroidissement, lorsqu'elle diffère des valeurs normales de référence.
15. Indication de l'altitude du lieu d'installation, lorsqu'elle dépasse 1000 m.

B. Indications concernant la construction

1. Transformateur pour montage à l'intérieur ou en plein air.
2. Disposition des bornes ou des boîtes d'extrémité de câbles.
3. Accessoires désirés ou demandés, tels que galets de roulement (indiquer le sens de déplacement), réservoir d'expansion, aérateur, dessiccateur d'air, thermomètre, appareils de protection spéciaux, cuve étanche au vide.
4. Conditions de transport.

C. Indications spéciales pour le service en parallèle

1. Puissance nominale du transformateur existant.
2. Valeurs des tensions nominales primaire et secondaire ou nombre de spires des enroulements primaire et secondaire.
3. Tension de court-circuit et pertes en charge pour un courant déterminé, si possible pour le courant nominal.

   S'il est exigé un fonctionnement en parallèle à une position quelconque des prises supplémentaires, la tension de court-circuit et les pertes en charge doivent être indiquées pour les prises supplémentaires en question. Il y a également lieu d'indiquer pour quelle prise supplémentaire et à quelle température ces valeurs ont été mesurées.
4. Groupe de couplage.
5. Schéma des connexions.

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. 45.— par an, fr. 28.– pour six mois, à l'étranger fr. 55.— par an, fr. 33.— 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.

Rédacteur en chef: **H. Leuch,** ingénieur, secrétaire de l'ASE.

Rédacteurs: **H. Marti, E. Schiessl, H. Lütolf,** ingénieurs au secrétariat.