Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 48 (1957)
Heft: 22

Artikel: Ein neuer Pressgas-Normalkondensator von 100 pF für Spannungen bis 30 kV

Autor: Meier, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1058700

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: 15.12.2025

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

hauses Premadio wird dieses mit einem Bruttogefälle von rund 710 m eine installierte Leistung von 375 000 kW aufweisen, und seine Gesamtproduktion im Durchschnittsjahr wird 540 Millionen kWh betragen.

Auch für die nächstfolgende Kraftwerkstufe ist ein Neubau geplant mit Namen Grosio (400 000 kW). Weitere Stufen wie Loverno, Stazzona u. a. vervollständigen die Ausnützung der Wasserkräfte im Addagebiet.

8. Anlagekosten und Gestehungspreis der Energie

Die auf der Preisbasis vom Herbst 1956 durchgeführte Preiskalkulation ergibt folgende Anlagekosten:

Speicheranlage Chamuera	111 Millionen Fr.
Obere Inn-Stufe	297 Millionen Fr.
Untere Inn-Stufe . . .	125 Millionen Fr.
Kraftwerk Tasna . . .	47 Millionen Fr.
Speicheranlage Livigno .	142 Millionen Fr.
Total:	722 Millionen Fr.

Der Gestehungspreis der Energie im Jahresdurchschnitt beläuft sich auf 3,45 Rp./kWh. Unter der Annahme eines Sommerenergiewertes von 1,75 Rp./kWh beträgt der Gestehungspreis der Winterenergie für den 1. Ausbau (Obere Inn-Stufe und Speicheranlage Livigno) 4,7 Rp./kWh, für den Vollausbau 5,3 Rp./kWh.

Adresse des Autors:
M. Philippin, dipl. Ingenieur ETH, Sekretär der EKW, Malzgasse 32, Basel.

Ein neuer Pressgas-Normalkondensator von 1000 pF für Spannungen bis 30 kV

Von *K. Meier*, Fribourg

621.319.46

Es wird ein neuartiger Pressgas-Normalkondensator für mittlere Spannungen (bis 30 kV) beschrieben. Seine relativ grosse Kapazität von 1000 pF, sowie die Ausführung mit doppelter Abschirmung machen ihn besonders geeignet für die Präzisionsmessung der Kapazität und des Verlustfaktors von Prüflingen mit kleinerer Kapazität. Derselbe Normalkondensator kann aber auch in der normalen Scheringbrücke verwendet werden zur Ausmessung von Kapazitäten bis über 100 μF.

Description d'un condensateur étalon d'un nouveau genre, à gaz comprimé, pour tensions moyennes (jusqu'à 30 kV). Grâce à sa capacité relativement importante, de 1000 pF, ainsi qu'à son exécution à double blindage, ce condensateur convient tout particulièrement pour la mesure précise de la capacité et de l'angle de pertes diélectriques de condensateurs d'une capacité moins grande. En outre, ce condensateur étalon peut également être utilisé dans un pont de Schering normal, pour la mesure de capacités jusqu'à plus de 100 μF.

1. Anwendung und Aufbau

Pressgas-Normalkondensatoren werden vorwiegend verwendet für Messungen der Kapazität und des dielektrischen Verlustfaktors, sowie für Messungen von hohen Wechselspannungen als hochspannungsseitige Kapazität im Spannungsteiler. Der hier beschriebene Normalkondensator ist entwickelt worden für Präzisionsmessungen der Kapazität und des Verlustfaktors mit der Scheringbrücke und gestattet Meßspannungen bis zu 30 kV zu verwenden. Damit wird eine Lücke in der Anwendung von Normalkondensatoren geschlossen, wurden doch bis heute für Niederspannungsmessungen (bis max. etwa 3000 V) Luftkondensatoren und für Hochspannung (100...800 kV) die bekannten Pressgaskondensatoren vom Typ Schering-Vieweg verwendet. Der neue Normalkondensatortyp kann selbstverständlich überall dort gebraucht werden, wo ein verlustfreies, abgeschirmtes Normal verlangt wird, so z. B. auch in der Präzisionsbrücke nach *Giebe-Zickner* [1][1]). Die doppelte Abschirmung macht ihn besonders geeignet für die Verwendung mit einer Potentialsteuerung.

Die drei hauptsächlichsten Forderungen, die an Normalkondensatoren gestellt werden, sind nach *Keller* [2]: Verlustfreiheit, Unveränderlichkeit der Kapazität und Unabhängigkeit von Aussenfeldern. Diese Forderungen werden von dem gewählten konstruktiven Aufbau (Fig. 1) erfüllt. Es wurde auch ein möglichst grosser Kapazitätswert angestrebt unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Prinzipes der doppelten Abschirmung. Daraus ergab sich eine Lösung, die erheblich von den üblichen Pressgaskondensatoren des Schering-Vieweg-Typs abweicht [1]. Die von *Keller* beschriebenen Normalkondensatoren eignen sich vor allem für Messungen mit sehr hohen Spannungen.

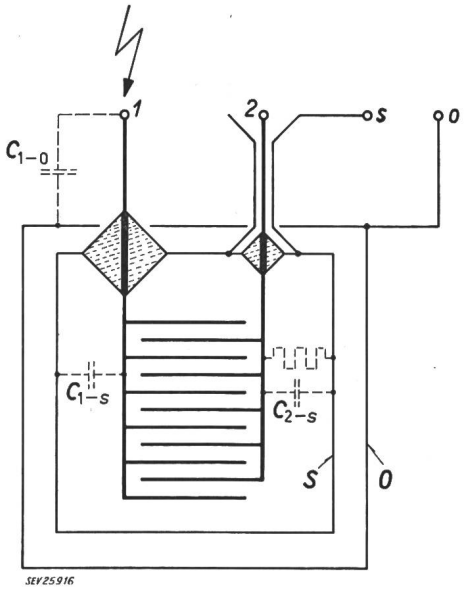

Fig. 1
Aufbau des Normalkondensators

1 Hochspannungspol des Normalkondensators
2 Niederspannungspol des Normalkondensators
S Druckgehäuse (= 1. Abschirmung)
O 2. Abschirmung (normalerweise geerdet)
C_{1-0}; C_{1-s}; C_{2-s} unwirkame Streukapazitäten

[1]) siehe Literatur am Schluss der Arbeit.

Für mittlere und kleine Spannungen bestand das Bedürfnis nach Entwicklung eines Normalkondensators mit kleineren Dimensionen bei gleichzeitig höherem Kapazitätswert ($\approx$ 1000 pF).

Der Normalkondensator ist als Plattenkondensator ausgebildet, der in das Druckgehäuse S eingebaut ist (Fig. 1). Dieses dient gleichzeitig als Abschirmung und wird von einem zweiten Gehäuse O umgeben, das im Normalfall geerdet ist. Das Messergebnis wird bestimmt durch den Strom, der den Normalkondensator bei Punkt 2 verlässt und in die Brücke einfliesst. Daraus folgt, dass Ströme, die durch die (verlustbehafteten) Teilkapazitäten C_{1-s} und C_{1-o} fliessen, die Messung nicht beeinflussen, weil sie nicht in die Brücke gelangen und diese beeinflussen können. Die Wirkung von C_{2-s} wird dadurch verhindert, dass die Punkte 2 und s auf gleiches Potential gesteuert werden.

Aus dem Gesagten ist ersichtlich, dass die Verlustfreiheit sowie die Unveränderlichkeit der Kapazität lediglich durch die Eigenschaften des Füllgases (siehe 3. Abschnitt) bestimmt werden, und dass Isolatorverluste sowie schädliche Teilkapazitäten und Fremdfelder durch den konstruktiven Aufbau keine Wirkung auf die Messergebnisse haben.

2. Verwendung des Normalkondensators in der Scheringbrücke

Die Scheringbrücke wird einerseits zur Messung der Kapazität und der Verluste von imprägnierten Papierkondensatoren verwendet, anderseits zur Bestimmung des Kapazitäts- und Verlustfaktorverhaltens neuer Dielektrika in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand. Der Vorteil der Scheringbrücke liegt darin, dass die Meßspannung variiert werden kann und praktisch nur durch die Spannungsfestigkeit des Prüflings und des verwendeten Normalkondensators nach oben begrenzt ist. Die Änderung der Meßspannung spielt z. B. bei Untersuchungen von mit Chlordiphenyl imprägnierten Papieren eine wichtige Rolle.

Die Prüflinge können entsprechend ihren Kapazitäten in zwei Gruppen eingeteilt werden: Die erste Gruppe bilden Prüflinge mit grosser Kapazität (Grössenordnung von 1 μF) mit meistens grossen Verlustfaktoren ($> 20 \cdot 10^{-4}$). Die Messungen sind hier relativ einfach. Die Messungen in der zweiten Gruppe, mit kleiner Kapazität (Grössenordnung von 100 pF) und oft auch kleinen Verlusten erfordern besondere Sorgfalt bezüglich Abschirmung und Streukapazitäten. Sie werden mit Vorteil in der normalen Brückenschaltung nach Schering gemessen (Fig. 2).

An der Schaltung nach Fig. 2 interessieren folgende Eigenschaften: Empfindlichkeit, Einfluss einer (durch gute Abschirmung zu vermeidenden) Teilkapazität C_Z sowie Wirkung der doppelten Abschirmung von C_N.

Empfindlichkeit: Schering [3] hat die Empfindlichkeit der Brückenanordnung nach Fig. 2 berechnet und folgenden Zusammenhang gefunden:

$$I_0 = V \frac{U \omega C_N}{1 + \frac{R_0}{R_4} + \frac{C_N}{C_X}}$$

Darin bedeutet I_0 den Strom, der bei einer Verstimmung V eines Brückenzweiges durch den Nullindikator G fliesst. R_0 ist der Wirkwiderstand des Nullindikators. Die Empfindlichkeit der Brücke ist proportional zur Meßspannung und für $C_X > C_N$ annähernd proportional zur Normalkapazität. Berücksichtigt man, dass die Eingangsimpedanz der üblichen Nullstromindikatoren im Bereiche von 100...600 Ω liegt, so wird es klar, dass für $C_X < C_N$ der Vorteil eines grossen C_N in bezug auf die Empfindlichkeit unbedeutend ist. Um so wichtiger ist die Möglichkeit, mit höherer Spannung arbeiten zu können.

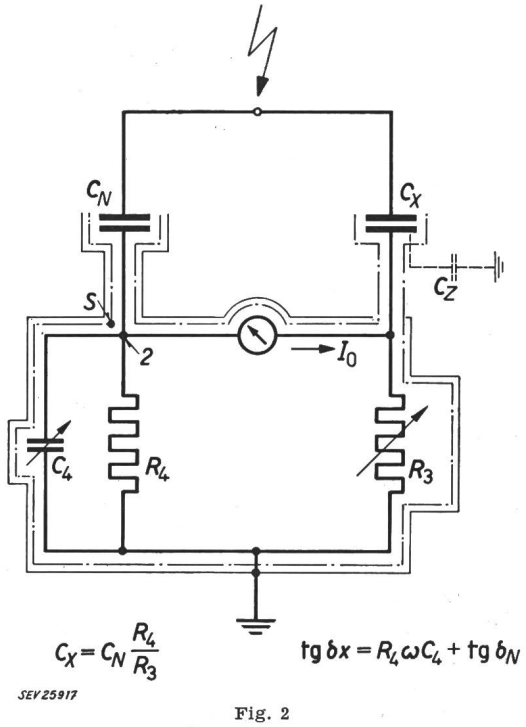

Fig. 2
Normale erdunsymmetrische Brückenschaltung nach Schering
Die Abschirmung S wird auf das Potential des Punktes 2 gesteuert
C_N Normalkondensator; C_X Prüfling; C_Z durch Abschirmung unwirksam gemachte Streukapazität; C_4 variabler Brückenkondensator; R_3 variabler Brückenwiderstand; R_4 Brückenfestwiderstand; I_0 Strom durch den Nullindikator

Die Messresultate fälschende Teilkapazität C_Z: Weist die Niederspannungselektrode des Prüflings eine Kapazität gegen Erde auf, so wirkt sich diese parallel zu R_3 aus (s. Fig. 2), wodurch die Gleichung für den Verlustfaktor folgende Form annimmt:

$$\mathrm{tg}\,\delta_x = R_4 C_4 - R_3 C_Z$$

$R_4 C_4$ stellen den nach der üblichen Methode errechneten Verlustfaktor dar, welcher aber in Wirklichkeit um das Korrekturglied $R_3 C_Z$ kleiner ist. Die Korrektur liegt in normalen Fällen zwischen $1 \cdot 10^{-5}$ und $1 \cdot 10^{-4}$.

Doppelte Abschirmung des Normalkondensators: Die äussere, an Erde liegende Abschirmung verhindert sämtliche Einwirkungen von aussen auf die

potentialgesteuerte Abschirmung, insbesondere deren direkte Berührung. Der Normalkondensator kann also ohne Bedenken an jedem beliebigen Platz aufgestellt werden. Dank der Anordnung der Abschirmungen beeinflusst der Kondensator seinerseits die Umgebung in keiner Weise.

3. Veränderlichkeit der Nenngrössen

Unter Nenngrössen sollen Kapazität, Verlustfaktor und Durchschlagspannung verstanden werden. Diese müssen bei einem Normalkondensator in Abhängigkeit von der Spannung, der Frequenz, der Temperatur und dem Druck des Füllgases bekannt

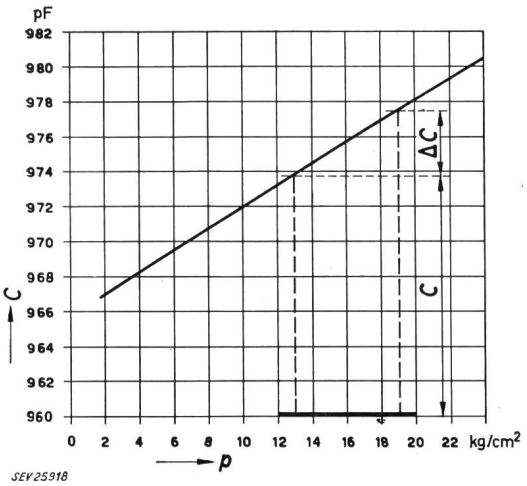

Fig. 3
Abhängigkeit der Kapazität vom Gasdruck bei konstanter Temperatur
C Kapazität des Pressgas-Normalkondensators; ΔC Vergrösserung der Kapazität bei Druckerhöhung; p Gasdruck

sein. Eigene und fremde Messungen haben jedoch ergeben, dass in den praktisch vorkommenden Fällen lediglich eine Druck- und Temperaturabhängigkeit der Kapazität sowie eine Druckabhängigkeit der Durchschlagspannung besteht. Der Verlustfaktor ist für sämtliche Betriebszustände so klein, dass seine genaue Bestimmung z. Z. nicht durchführbar ist. Im Substitutionsverfahren lässt sich feststellen, dass er kleiner als $1 \cdot 10^{-5}$ ist.

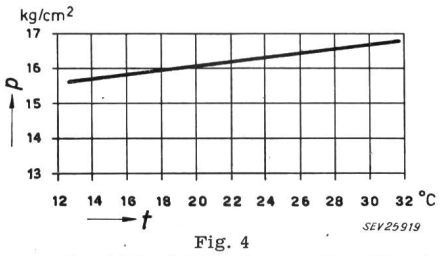

Fig. 4
Temperaturabhängigkeit des Druckes für einen Normalkondensator, welcher bei 20 °C einen Gasdruck von ≈16 kg/cm² aufweist
p Gasdruck; t Temperatur

Fig. 3 zeigt die lineare Abhängigkeit der Kapazität vom Druck des Gases (Stickstoff). Den Zusammenhang gibt folgende Formel an:

$$\frac{\Delta C}{C} = 6{,}2 \cdot 10^{-4}/\mathrm{kg/cm^2} \qquad \text{(s. Fig. 3)}$$

Schwieriger zu messen ist die Kapazitätsänderung infolge von Temperaturunterschieden. Messungen im Bereich von 15...30 °C ergaben eine ebenfalls lineare Beziehung:

$$\frac{\Delta C}{C} = 5 \cdot 10^{-5}/\,^{\circ}\mathrm{C}$$

Sie gilt, solange der Druck bei jeder Temperatur auf denselben Wert eingeregelt wird. Die Änderung der Kapazität wird, wie eine Überschlagsrechnung zeigt, in der Hauptsache durch die Ausdehnung der metallischen Teile verursacht.

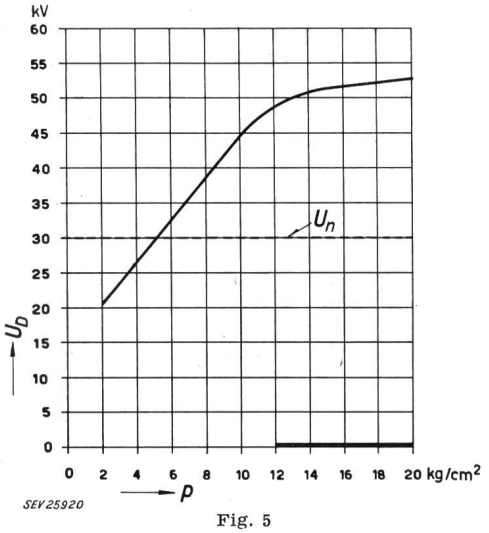

Fig. 5
Druckabhängigkeit der Durchschlagsspannung
U_D effektive Durchschlagsspannung bei 50 Hz; U_n Nennspannung; p Druck

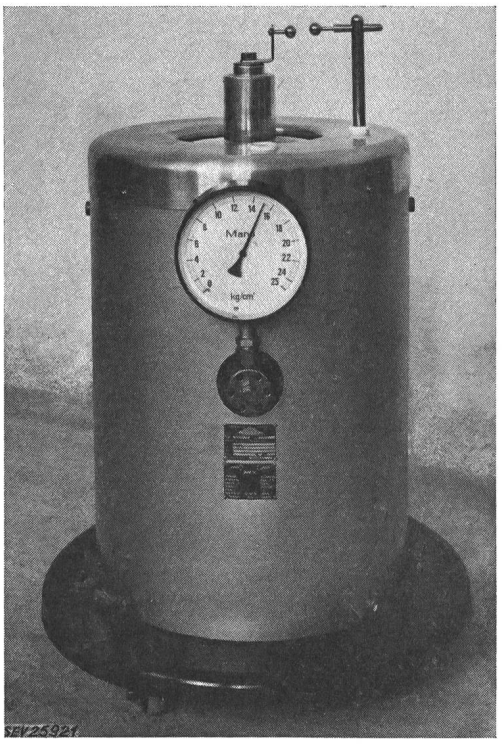

Fig. 6
Normalkondensator C = 1000 pF, Nennspannung U_n = 30 kV
Condensateurs Fribourg S. A.

Aus Fig. 4 ist ersichtlich, dass Druckänderungen infolge von Temperaturdifferenzen auf den Kapazitätswert einen grösseren Einfluss haben als Temperaturänderungen bei konstantem Druck.

Der Druck hat auch einen grossen Einfluss auf die Durchschlagspannung. Er bestimmt bei gegebenem Plattenabstand die maximal zulässige Betriebsspannung. Interessant ist das scharfe Abbiegen der Kurve in Fig. 5 oberhalb von 12 kg/cm^2. Dies ist der Grund, weshalb es keinen Sinn hat, den Betriebsdruck grösser als 18...20 kg/cm^2 zu wählen. Bei der Aufnahme einer Kurve gemäss Fig. 5 stösst man übrigens auf das Phänomen der Gasreinigung, d. h. die Durchschlagspannung bei einem bestimmten Druck liegt um so höher, je öfters Durchschläge im Gas stattfinden. Dieses Phänomen wurde auch von andern Autoren festgestellt [4]; es bewirkt, dass die Durchschlagskurve in Wirklichkeit einen (normalerweise innerhalb von 10 % liegenden) Streubereich aufweist. Die Erscheinung wird begründet durch die Störung des elektrischen Feldes durch Staubpartikel im Gas und evtl. durch Inhomogenitäten der Elektroden.

Infolge der Druckabhängigkeit der Kapazität und der Durchschlagspannung muss der Gasdruck möglichst genau abgelesen werden können. Dafür wird vorzugsweise ein Manometer auf das Gehäuse des Normalkondensators aufgebaut, welches eine Ablesegenauigkeit von 0,1 kg/cm^2 gestattet. Der Druckverlust ist unter normalen Umständen äusserst gering, so dass oft während Jahren keine Neufüllung notwendig ist. Sinkt der Druck aber einmal unter 12 kg/cm^2, so kann normaler Industrie-Stickstoff nachgefüllt werden. Das Gas soll zur Trocknung durch ein Filter mit Silika-Gel durchfliessen, bevor es in den Kondensator gelangt.

Fig. 6 zeigt die Ausführung des beschriebenen Normalkondensators.

Literatur

[1] *Wiessner, W.:* Die genaue Bestimmung der Kapazität von Pressgaskondensatoren. ETZ-A Bd. 77(1956), Nr. 22, S. 824...828.

[2] *Keller, A.:* Pressgaskondensatoren als verlustfreies Normal für Hochspannungsmessungen. ETZ-A Bd. 75(1954), Nr. 24, S. 817...819.

[3] *Schering, H.:* Die Empfindlichkeit einer Wechselstrombrücke. Elektrotechn. Z. Bd. 52(1931), Nr. 36, S. 1133...1134.

[4] *Goossens, R. F.:* Le gaz sous pression utilisé comme isolant. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), Paris 1948, Bd. 2, Rapp. 117, 24 S.

Adresse des Autors:
K. Meier, Dipl. Ingenieur, Condensateurs Fribourg S. A., Fribourg.

Prescriptions revisées de l'ASE sur les installations intérieures

Le 27 février 1947, le Département fédéral des postes et des chemins de fer avait chargé l'ASE de procéder à une revision des Prescriptions de l'ASE sur les installations intérieures, afin qu'il puisse les homologuer définitivement. Cette tâche fut confiée à la Commission de l'ASE et de l'UCS pour les installations intérieures, qui se rendit bientôt compte que seule une revision complète de l'ensemble de ces Prescriptions pouvait conduire à un résultat valable pour une période suffisamment longue. Une sous-commission de la Commission pour les installations intérieures prépara, en plus de 170 séances, un premier projet, qui fut ensuite examiné par la Commission. Le résultat de cet examen a permis de mettre au net un deuxième projet.

Ces Prescriptions revisées remplacent les Prescriptions relatives à l'établissement, à l'exploitation et à l'entretien des installations électriques intérieures, datant de 1927, ainsi que les modifications, compléments et appendices adoptés depuis lors [1]). Leur teneur n'est guère différente, mais elles ont été ordonnées et rédigées selon de nouveaux points de vue. Les principes s'appliquant d'une manière générale sont groupés au chapitre 1. Le chapitre 2 renferme les dispositions relatives au matériel, qui ne concernent pas seulement les installateurs, mais aussi les fabricants; elles servent en outre de base aux prescriptions particulières détaillées de l'ASE se rapportant aux divers matériels. Le chapitre 3 renferme toutes les dispositions relatives à l'établissement des installations; elles concernent principalement les installations usuelles pour 380/220 V en courant alternatif; pour d'autres installations, les dérogations sont indiquées dans des sections spéciales.

Ce projet admis à la publication par la Commission d'administration de l'ASE et de l'UCS, ainsi que par le Comité de l'ASE, est maintenant soumis à l'appréciation des membres de l'ASE. Etant donné qu'il n'est pas possible de publier ce projet in extenso dans le Bulletin, le Comité de l'ASE a décidé de le mettre à la disposition des membres sous forme de polycopies, à un prix adapté au coût effectif. Ce projet pourra donc être obtenu au prix de fr. 10.— par exemplaire, en langue allemande à partir du 26 octobre 1957, et, en langue française, à partir du 1er janvier 1958, auprès du Bureau commun d'administration de l'ASE et de l'UCS, 301, Seefeldstrasse, Zurich 8.

Le Comité de l'ASE invite les membres intéressés dans cette matière 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 *31 décembre 1957* pour le texte en langue allemande et jusqu'au *28 février 1958* pour le texte en langue française. Si aucune objection n'est formulée d'ici-là, le Comité admettra que les membres de l'ASE sont d'accord avec ce projet.

Bureau commun d'administration de l'ASE et de l'UCS

---

[1]) L'ASE a publié jusqu'ici les Prescriptions ci-après, concernant des installations électriques à courant fort et des installations électriques intérieures:

1896 «Prescriptions de sécurité sur la construction et l'exploitation d'installations électriques à fort courant»

1900 «Prescriptions de sécurité de l'Association Suisse des Electriciens sur la construction et l'exploitation d'installations électriques à fort courant».
Première partie: Prescriptions générales.
Deuxième partie: Prescriptions pour les installations intérieures

1909 «Prescriptions concernant l'établissement et l'entretien des installations électriques intérieures», approuvées en 1908 et renfermant les prescriptions fédérales sur l'établissement et l'entretien des installations électriques à fort courant, 1re édition, 1908

1911 Idem, 2^{e} édition

1914 Idem, 3^{e} édition

1919 Idem, 4^{e} édition

1927 «Prescriptions relatives à l'établissement, à l'exploitation et à l'entretien des installations électriques intérieures», 1re édition

1928 Idem, 2^{e} édition

1929 Idem, 3^{e} édition

1934 Idem, modifications et compléments apportés à la 3^{e} édition, Publ. n° 101 de l'ASE

1936 Idem, 4^{e} édition, Publ. n° 131 de l'ASE renfermant pour la première fois les Publ. n^{os} 102 et 103 de l'ASE

1940 Idem, 5^{e} édition, Publ. n° 152 de l'ASE, renfermant pour la première fois la Publ. n° 137 de l'ASE

1944 Idem, modifications motivées par la guerre, Publ. n° 161e de l'ASE, renfermant toutes les modifications publiées depuis 1941 (n^{os} 161a...d)

1946 Idem, 6^{e} édition, Publ. n° 152 de l'ASE

1949 Idem, additif, Publ. n° 152a de l'ASE

1950 Idem, modifications et compléments, Publ. n° 152/1 de l'ASE

1954 Idem, modifications et compléments, Publ. n° 152/2 de l'ASE