

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 57 (1966)
Heft: 5

Artikel: Vermeidung von unzulässig hohen Kaltspannungen zwischen Gitter und Kathode bei Längsröhren in stabilisierten Netzgeräten
Autor: Matt, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916577>

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: 18.02.2026

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

zweite über einen Hilfskontakt des Schnellschlussventils ebenfalls auf den Leistungsschalter; bei gesperrter Dampfzufuhr ist dieser Kontakt geschlossen und ermöglicht nach dem 2. Abschnitt das momentane Öffnen des Leistungsschalters.

Bei grossen Turbogeneratoren, die durchwegs mit Wasserstoffkühlung ausgeführt werden, betragen die Leistungsverluste der Maschinengruppe etwa 0,6...0,7% der Nennleistung, so dass in der Praxis Rückwattrelais mit einer Empfindlichkeit von 0,5% verwendet werden.

4. Lagerisoliationsüberwachung

Durch magnetische Unsymmetrien können zwischen der Rotorwelle und den Lagerschalen von Generatoren Spannungen entstehen. Sie können auch ein Durchschlagen des Ölfilms ermöglichen. An den Überslagstellen kommt es in solchen Fällen [8] zu Lagerperforationen und Anfressungen. Derart beschädigte Lager müssen mit der Zeit ausgewechselt werden.

Ein Schutz gegen solche Lagerbeschädigungen wird durch konstruktive Massnahmen erzielt. Beim Generator wird das Lager auf einer Seite gegen Erde doppelt isoliert, womit Durchschläge mit Sicherheit verhindert werden und auch eine Überwachung der Isolierschichten auf Durchschlag möglich ist. In der Schaltung nach Fig. 10 wird ähnlich wie beim Rotorerdschlußschutz (s. Abschnitt 2.2) über jede der beiden Isolierschichten des Lagers mittels eines Isoliertransformators 4 eine kleine Hilfswechselspannung U_0 gelegt. Zu ihr in Serie ist je ein Maximalstromrelais 5 geschaltet. Wird eine

der Isolierschichten durchgeschlagen, so melden die Relais, nach der am eingebauten Steuerschutz eingestellten Anzugsverzögerung, welche der Isolierschichten durchgeschlagen wurde.

Durch die Zweischichtisolationen wird selbst bei Durchschlagen einer Schicht noch die Isolation des Lagers gewährleistet; dadurch ist eine maximale Sicherheit gegeben. Die Maschine braucht im Defektfall nicht sofort aus dem Betrieb genommen zu werden, sondern man kann Stillstandszeiten für die Reparatur abwarten.

Literatur

- [1] A. Kolar: Schutz des Stators von Grossgeneratoren durch elektrische Relais. Bull. SEV 56(1965)24, S. 1074 ... 1084.
- [2] R. Roeper: Kurzschlußströme in Drehstromnetzen. Siemens-Schuckertwerke, Erlangen 1957.
- [3] J. E. Barkle und W. E. Glassburn: Protection of Generators against Unbalanced Currents. Trans. AIEE Power Apparatus and Systems 72(1953)—, S. 282...286.
- [4] H. A. Baumann, J. M. Driscoll, P. T. Onderdonk and R. L. Webb: Protection of Turbine Generators and Boilers by Automatic Tripping. Trans. AIEE Power Apparatus and Systems 72(1953)—, S. 1248...1260.
- [5] R. Schacher: Entwicklungstendenzen bei der Spannungsregelung von Synchrongeneratoren. Bull. Oerlikon —(1964)357/358, S. 8...12.
- [6] W. Horn und H. Witte: Assynchronlaufschutz. AEG-Mitt. 54(1964)3/4, S. 234...238.
- [7] P. Lauper: Moderne Spannungsregler für Synchrongeneratoren. Industr. Forschung 7(1962)2, S. 1...6.
- [8] O. Haus: Wellenspannung und Lagerströme, ihre Ursache, Wirkung und Abhilfemassnahmen. ETZ-A 85(1964)4, S. 106...112.

Adresse des Autors:

A. Kolar, Ingenieur der Maschinenfabrik Oerlikon, Postfach, 8050 Zürich.

Vermeidung von unzulässig hohen Kaltspannungen zwischen Gitter und Kathode bei Längsröhren in stabilisierten Netzgeräten

Von E. Matt, Ulm/Donau

621.316.722.1

1. Prinzipieller Aufbau von stabilisierten Netzgeräten

Zur Stabilisierung von Gleichspannungen mittels Verstärkerröhren benützt man gewöhnlich zwei Verstärkerstufen, und zwar eine Längsstufe (Stabilisierungsröhre) und eine Querstufe (Regelverstärker). Fig. 1a und b zeigen die Prinzipschaltungen, wie sie üblicherweise verwendet werden. $G1$ ist dabei der Gleichrichter mit dem Innenwiderstand R_G , $Rö 1$ die Längsröhre, $Rö 2$ die Regelröhre, U_v die Vergleichsspannung, U_1 die Gleichrichterspannung und U_2 die stabilisierte Spannung. Üblicherweise benützt man die Spannung U_2 (Fig. 1a) oder die Spannung U_1 (Fig. 1b) zur Spannungsversorgung des Regelverstärkers. In beiden Fällen stellt R_L den Belastungswiderstand dar.

Die Regelung von U_2 erfolgt dadurch, dass von dieser Spannung über die Teilerwiderstände R_1 und R_2 eine Teilspannung

$$k U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_2$$

auf das Steuergitter von $Rö 2$ gelangt. An der Kathode von $Rö 2$ liegt die Vergleichsspannung U_v . Die Gitterspannung U_{g1} ergibt sich als Differenz zwischen U_v und der Teilspannung $k U_2$. Der dabei fliessende Anodenstrom I_{ap} bewirkt am Anodenwiderstand R_a einen Spannungsabfall, wodurch an $Rö 1$ eine bestimmte Gitterspannung U_g entsteht. An der Längsröhre stellt sich ein solcher Anodenstrom ein, dass sich die

erwünschte Ausgangsspannung U_2 ergibt. Eine Verkleinerung des Lastwiderstandes R_L bewirkt zunächst ein Absinken von U_2 . Dadurch wird U_{g1} negativer, infolgedessen I_{ap} kleiner, so dass auch der negative Wert von U_g kleiner wird. $Rö 1$ wird dadurch soweit geöffnet, dass U_2 annähernd den alten Wert erreicht. Eine Vergrösserung des Lastwiderstandes hat den umgekehrten Regelvorgang zur Folge.

Bei der nach Fig. 1a verwendeten Schaltung liegt R_a parallel zur Gitter-Kathoden-Strecke von $Rö 1$, und U_2 dient zur Spannungsversorgung von $Rö 2$. Bei der Schaltung nach Fig. 1b aber liegt R_a parallel zur Gitter-Anoden-Strecke von $Rö 1$ und U_1 dient zur Spannungsversorgung von $Rö 2$. Es ergeben sich dadurch unterschiedliche Regeleigenschaften.

Die Schaltung nach Fig. 1b ist in Bezug auf Stabilität und Brummunterdrückung besser als die nach Fig. 1a, so dass diese Art sehr häufig verwendet wird.

Die erwähnten Potentialverhältnisse und Regelvorgänge gelten nur für den Fall, dass beide Röhren betriebsbereit sind. Bei der Schaltung nach Fig. 1b treten aber während der Anheizzeit Schwierigkeiten auf, auf die im folgenden eingegangen wird.

2. Einfluss der Gleichrichterspannung auf die Gitterspannung U_g während der Anheizzeit der Verstärkerröhren

Normale Verstärker- und Gleichrichterröhren haben eine Anheizzeit von etwa 10...20 s. Dabei sollen alle Röhrenstufen

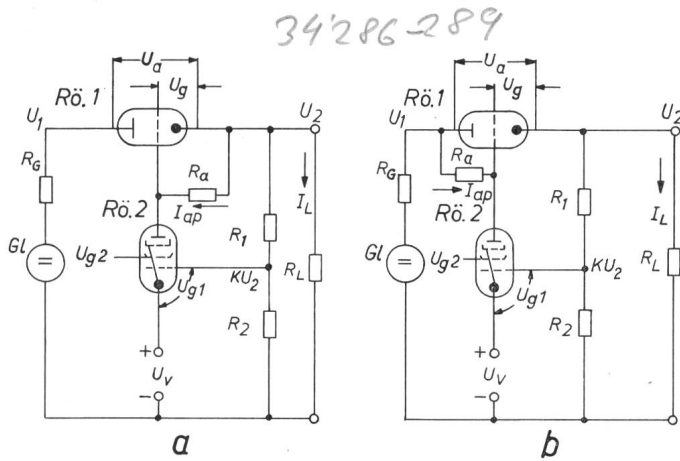


Fig. 1

Prinzipielle Schaltung zur Stabilisierung von Gleichspannungen

- a* Spannungsversorgung der Röhre 2 durch U_2 ,
Stabilisierungsröhre;
b Spannungsversorgung der Röhre 2 durch U_1 ;
Röhre 1, Röhre 2 Regelverstärker;
Gl Gleichrichter;
 R_a Anodenwiderstand von Röhre 2;
 R_1, R_2 Teilerwiderstände;
 R_L Belastungswiderstand;
 R_G Innenwiderstand des Gleichrichters;
 U_a Anodenspannung von Röhre 1;
 U_g Gitterspannung von Röhre 1;
 U_{g1}, U_{g2} Gittervor-, Schirmgitterspannung;
 U_1, U_2 Gleichrichter-, stabilisierte Spannung;
 KU_2 Teilerspannung;
 U_v Vergleichsspannung;
 I_{ap} Anodenstrom von Röhre 2;
 I_L Laststrom;

möglichst zur gleichen Zeit ihre Betriebswerte erreichen. Die Spannung U_1 besitzt aber bei Verwendung von Trockengleichrichtern, Halbleiterdioden usw. sofort nach dem Einschalten ihren vollen Wert. Benützt man nun eine Schaltung nach Fig. 1b, so gelangt über den Widerstand R_a die volle Spannung U_1 an das Gitter der Längsröhre. Über die Teilerwiderstände R_1 und R_2 und den Lastwiderstand R_L liegt die Kathode auf Null-Potential. U_1 liegt somit während der Anheizzeit der Röhre zwischen Gitter und Kathode, wie aus Kurve *a* in Fig. 2 zu ersehen ist. Es entsteht dadurch zwischen beiden Elektroden eine unzulässig hohe elektrische Feldstärke, die zu einer Zerstörung der Röhre führen kann.

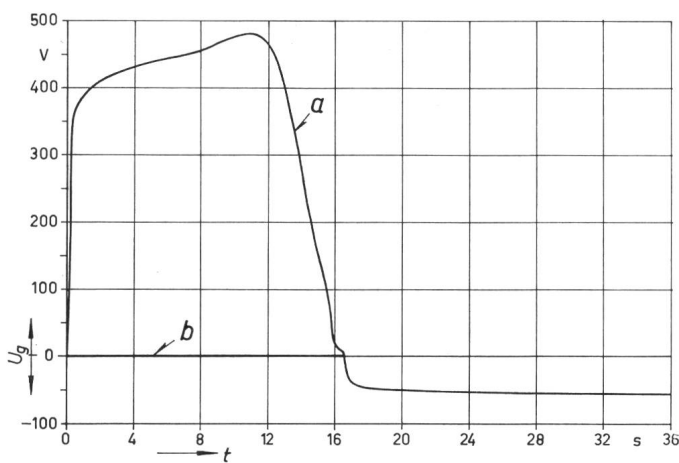
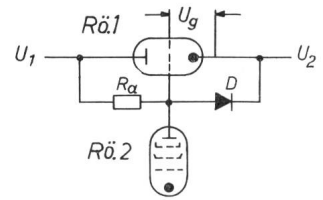


Fig. 2

Verlauf der Gitter-Kathodenspannung U_g in stabilisierten Netzgeräten während der Anheizzeit bei Verwendung eines Trockengleichrichters ($U_1 = 470$ V)

- a* ohne Schutzdiode; *b* mit Schutzdiode;
 t Zeit

Fig. 3
Vermeidung von Kaltspannungen zwischen Gitter und Kathode von Röhre 1 durch eine Schutzdiode
 D Schutzdiode
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1



3. Vermeidung von unzulässig hohen Kaltspannungen zwischen Gitter und Kathode der Längsröhre

Zur Vermeidung von unzulässig hohen Kaltspannungen U_g zwischen Gitter und Kathode benützt man entweder eine Schaltung nach Fig. 1a oder verwendet in der Schaltung nach Fig. 1b eine Diode, die das Auftreten einer so hohen Spannung U_g verhindert. Sie ist derart zwischen Gitter und Kathode (Fig. 3) zu schalten, dass sie leitend wird, wenn eine bezüglich der Kathode positive Spannung an das Gitter gelangt.

Der maximale Diodenstrom ergibt sich aus der Beziehung:

$$I_{D \max} = \frac{U_{1\max}}{R_a + R_{ges}}$$

$U_{1\max}$ ist dabei der Wert, der sich ergibt, wenn der Gleichrichter unbelastet ist. R_{ges} setzt sich zusammen aus dem Durchlasswiderstand der Diode und der Parallelschaltung der Teilerwiderstände mit dem Lastwiderstand. Gewöhnlich wird ein sehr hoher Anodenwiderstand verwendet (etwa 200 k Ω bis 2 M Ω), der gross gegenüber R_{ges} ist, so dass I_D praktisch klein bleibt. Es kann somit eine Diode mit relativ kleiner Verlustleistung und kleinem Durchlaßstrom verwendet werden. Aus Fig. 2 ist der Verlauf von U_g als Funktion der Anheizzeit mit und ohne Verwendung einer solchen Schutzdiode zu ersehen.

Im Betriebszustand ist U_g negativ (Fig. 3). Bei Netzgeräten mit konstantem U_2 und konstanter Last ist U_g klein und ändert sich nur wenig. Im Gegensatz dazu ändert sich U_g bei Netzgeräten mit einstellbarem U_2 und veränderlicher Last sehr stark und nimmt hohe negative Werte an. U_g erreicht hierbei seinen maximalen negativen Wert, wenn U_2 klein, der Lastwiderstand sehr gross und die Netzspannung den höchsten Wert erreicht. Im Betriebszustand liegt somit U_g als Sperrspannung an der Diode. Diese ist so zu wählen, dass U_{sperr} grösser als der maximale Wert von U_g ist. Zusätzlich aber darf in diesem Falle noch kein nennenswerter Rückstrom $-I_D$ fließen, da dieser den Regelvorgang negativ beeinflusst.

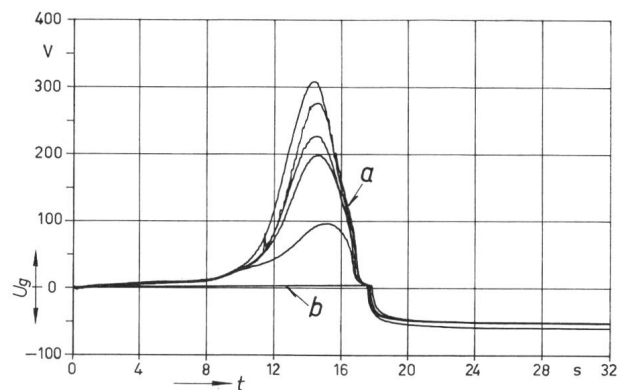


Fig. 4

Wie Fig. 2, aber bei Verwendung von fünf verschiedenen Gleichrichterröhren ($U_1 = 510$ V)
Bezeichnungen siehe Fig. 2

Benützt man zur Gleichrichtung an Stelle eines Trockengleichrichters eine Röhre, so kann deren Anheizzeit kürzer als die der Verstärkerstufen sein. Auch hier entsteht dann eine Kaltspannung am Gitter der Längsröhre. Da die Anheizzeit bei verschiedenen Röhren des gleichen Typs streut, ist auch U_g unterschiedlich. Diese Spannung erreicht aber nicht den hohen Wert, wie bei Verwendung eines Trockengleichrichters, da die Längsröhre auch vor Erreichen ihrer Betriebstemperatur über das Gitter hinreichend Strom beziehen kann, um einen merklichen Spannungsabfall an R_a und somit eine Verringerung der Spannung U_g zu bewirken. Aber auch hier ist die Verwendung einer Schutzdiode erforderlich, da ebenfalls un-

zulässig hohen Spannungen zwischen Gitter und Kathode auftreten können. Fig. 4 zeigt den Verlauf von U_g bei Verwendung von 5 verschiedenen Röhren an der gleichen Längsröhre. Die Anheizzeit der Gleichrichterröhre kann auch durch einen NTC-Widerstand vergrößert werden. Hiedurch erreicht man, dass die Längsröhre eher als die Gleichrichterröhre betriebsbereit ist. Dadurch wird ebenfalls das Auftreten einer positiven Spannung zwischen Gitter und Kathode der Längsröhre verhindert.

Adresse des Autors:

E. Matt, Telefunken AG, Söflingerstrasse 100, D-79 Ulm/Donau.

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

30. Haupttagung in Tokio vom 10. bis 23. Oktober 1965 ¹⁾

SC 2A, Turbo-alternateurs

Das SC 2A hielt seine Sitzungen unter der Leitung von L. W. James, England, am 11. und 12. Oktober 1965 in Tokio ab. Es nahmen 33 Delegierte aus 16 Ländern teil.

Das Dokument *2A(Secrétariat)10*, wurde durchberaten und soll der 6-Monate-Regel unterstellt werden. Von gewissem Interesse sind folgende Punkte: Die revidierte Publikation 34-3 der CEI, Valeurs nominales et caractéristiques des turbo-alternateurs triphasés à 50 Hz, soll keine selbständige Empfehlung für Turbogeneratoren sein. Für gewisse allgemein gültige Empfehlungen wird vielmehr auf die Publikation 34-1, Recommandations pour des machines électriques tournantes, zurückgegriffen. Immerhin ist geplant, die in Publ. 34-1 enthaltenen Erwärmungsvorschriften auch in Publ. 34-3 abzdrukken. Die Nennspannung soll gemäss Abmachung zwischen Käufer und Hersteller festgelegt werden. Die Durchführung eines Stosskurzschlussversuches setzt voraus, dass eine entsprechende Bedingung in der Bestellung vorgesehen ist. Es ist übrigens zulässig, bei der Festlegung der Spannung für den Stosskurzschluss-Versuch, den Spannungsabfall im Block-Transformator oder in vorgeschalteten Reaktanzen zu berücksichtigen. Der Wasserstoffdruck ist grundsätzlich frei wählbar, jedoch sind die in den Regeln angegebenen Nenndrucke zu bevorzugen. Bei wasserstoffgekühlten Generatoren ist keine untere Grenze für die subtransiente Reaktanz festgelegt. Die Durchführung einer Druckprobe des Gehäuses einschliesslich Deckplatten setzt eine entsprechende Abmachung in der Bestellung voraus. Liegt diese vor, so ist die Druckprobe mit Wasser mit einem Überdruck von 8 kg/cm² während 15 min durchzuführen.

O. Hess

SC 2F, Dimensions des balais de charbon, des porte-balais, des collecteurs et des bagues

Die Sitzungen des SC 2F fanden vom 11. bis 14. Oktober 1965 in Tokio statt. Folgende Länder waren vertreten: Deutschland, England, Frankreich, Japan, Polen, Rumänien, Südafrika, Schweden, Schweiz, U.S.S.R. und die Volksrepublik China. Über 10 Traktanden wurden behandelt. Entgegen den Directives générales, jedoch mit Einwilligung des Bureau Central, wurden zwei Dokumente besprochen, welche bereits der 6-Monate-Regel unterstellt waren. Es sind dies die Entwürfe *2F(Bureau Central)9*, Complément à la Publ. 136-1: Dimensions des balais et porte-balais pour machines électriques, und *2F(Bureau Central)10*, Définitions et nomenclature, zu welchen sehr viele redaktionelle Bemerkungen eingegangen waren. Viele dieser sich zum Teil widersprechenden Einwände konnten rasch bereinigt werden. Besonders das zweite der erwähnten Dokumente hat dank der Intervention der sehr zahlreichen japanischen Delegation eine wertvolle Erweiterung,

¹⁾ Eine erste Reihe von Berichten wurde im Bulletin Nr. 26 vom 25. Dezember 1965, Seiten 1152...1157, veröffentlicht.

sowie einen viel übersichtlicheren Aufbau erhalten. Die Nützlichkeit des Entwurfes *2F(Secrétariat)17* über Versuchsmethoden zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften von Kohlebürsten, ist noch umstritten, da es sehr schwierig ist, mit tragbarem Aufwand Verwendungsfähiges festzulegen. Die russischen Delegierten beantragten einige wertvolle Ergänzungen. Das Dokument *2F(Royaume-Uni)13* betrifft eine verstellbare Befestigungsart von Bürstenhaltern an gerillten Rastern. Die Bestimmung der Lage der untersten Rille am Bürstenhalter erfolgte in einer ausgedehnten Diskussion. Bei dieser Gelegenheit wurde ein schweizerischer Antrag für die Normung des Abstandes zwischen der Mitte der Bürste und der Befestigungs-Fläche des Halters vorgebracht. Das SC 2F stimmte dem Antrag zu und beauftragte das schweizerische Nationalkomitee, einen entsprechenden Entwurf dem Bureau Central einzureichen. Die Normung der Kabelschuhe für Kohlebürsten bereitete immer noch grosse Schwierigkeiten, weil die englischen und französischen Fachleute andere Vorstellungen über die zweckmässigste Form haben. Deutschland übernahm die Ausarbeitung eines neuen Entwurfes.

Für Kollektor-Durchmesser und die Breiten der rohen Lammellenprofile, sowie für die Durchmesser von Schleifringen wurden Normzahlreihen ausgewählt, welche den Nationalkomitees zur Stellungnahme vorgelegt werden sollen.

Ein auf Grund von vielen früheren Vorschlägen durch das englische Nationalkomitee ausgearbeiteter Fragebogen zur Bestellung von Kohlebürsten gab zu lebhaften Diskussionen Anlass. Da bekanntlich die genaue Zusammensetzung des Bürstenmaterials sowie dessen genauer Herstellungsprozess immer noch geheim sind, bestehen für den Verbraucher Schwierigkeiten bei der Wahl der zweckmässigsten Bürste, dies insbesondere wenn eine Bürste durch eine noch geeignetere ersetzt werden soll. Der vom englischen Nationalkomitee ausgearbeitete Fragebogen *2F(Royaume-Uni)17* ist an sich sehr gut, wurde aber wesentlich geändert. Man kam überein, dass der Entwurf nochmals überarbeitet werden soll. Der englische Delegierte konnte diesen Auftrag nicht übernehmen. Da sich niemand für die Überarbeitung zur Verfügung stellte, übernahm der Vorsitzende die Aufgabe.

Ch. Ehrensperger

SC 2G, Grandeurs des machines synchrones

Das SC 2G hielt seine Sitzungen unter der Leitung von Dr. Mamikonjantz, USSR, am 18. und 19. Oktober 1965 in Tokio ab. Es nahmen daran 27 Mitglieder aus 14 Ländern teil. Es lagen vier Dokumente zur Beratung vor.

Das Dokument *2G(Bureau Central)4*, das die Methoden zur Bestimmung der charakteristischen Grössen von Synchronmaschinen durch Versuche behandelt, war unter der 6-Monate-Regel verteilt worden. Die eingehende Untersuchung der Einsparungen durch das Sekretariat des SC 2G hatte ergeben, dass der Veröffentlichung dieser Prüfmethode grundsätzlich nichts im Wege