

**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 Schnellschlussevents 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. Lagerisolationsüberwachung

Durch magnetische Unsymmetrien können zwischen der Rotorwelle und den Lagerschalen von Generatoren Spannungen entstehen. Sie können auch ein Durchschlagen des Ölfilms ermöglichen. An den Überschlagstellen 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 Steuerschütz eingestellten Anzugsverzögerung, welche der Isolierschichten durchschlagen wurde.

Durch die Zweischichtisolatoren 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. Roepel: 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 und 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. Indust. 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 benutzt 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 benutzt 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

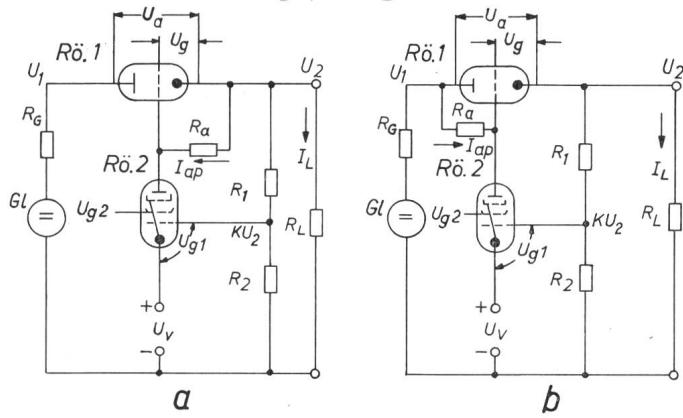


Fig. 1

## Prinzipielle Schaltung zur Stabilisierung von Gleichspannungen

- |   |  |
|---|--|
| <i>a</i>                                      | Spannungsversorgung der <i>Rö</i> 2 durch<br>Stabilisierungsröhre; |
| <i>b</i>                                      | Spannungsversorgung der <i>Rö</i> 2 durch<br>Regelverstärker;      |
| <i>Rö</i> 1, <i>Rö</i> 2                      | Gleichrichter;   |
| <i>Gl</i>                                     | Anodenwiderstand von <i>Rö</i> 2;                                  |
| <i>R<sub>a</sub></i>                          | Teilerwiderstände;   |
| <i>R<sub>1</sub></i> , <i>R<sub>2</sub></i>   | Belastungswiderstand;  |
| <i>R<sub>L</sub></i>                          | Innenwiderstand des Gleichrichters;                                |
| <i>R<sub>G</sub></i>                          | Anodenspannung von <i>Rö</i> 1;                                    |
| <i>U<sub>a</sub></i>                          | Gitterspannung von <i>Rö</i> 1;                                    |
| <i>U<sub>g</sub></i>                          | Gittervor-, Schirmgitterspannung;                                  |
| <i>U<sub>g1</sub></i> , <i>U<sub>g2</sub></i> | Gleichrichter-, stabilisierte Spannung;                            |
| <i>U<sub>1</sub></i> , <i>U<sub>2</sub></i>   | Teilerspannung;  |
| <i>KU</i> <sub>2</sub>                        | Vergleichsspannung;  |
| <i>U<sub>v</sub></i>                          | Anodenstrom von <i>Rö</i> 2;                                       |
| <i>I<sub>ap</sub></i>                         | Laststrom;   |
| <i>I<sub>L</sub></i>                          |  |

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. Benutzt 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.

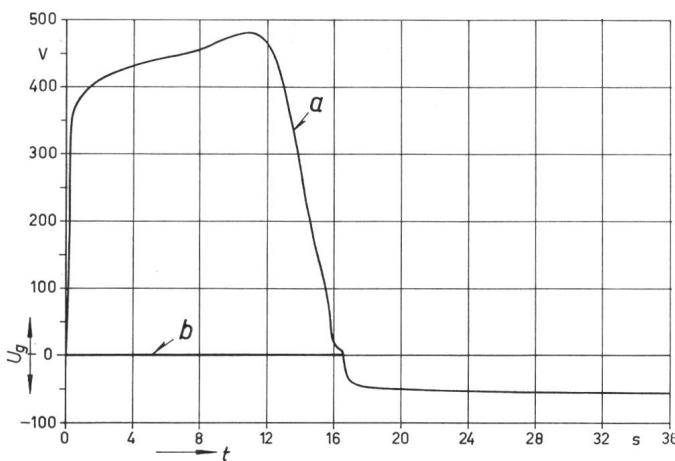
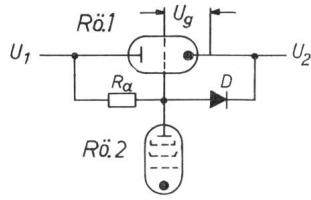


Fig. 2

## Verlauf der Gitter-Kathodenspannung $U_g$ in stabilisierten Netzgeräten während der Anheizzeit bei Verwendung eines Trockengleichrichters

$a$  ohne Schutzdiode;  $b$  mit Schutzdiode;  $t$  Zeit.

Fig. 3  
**Vermeidung von Kaltpunkten  
 zwischen Gitter und Kathode von  $R\ddot{o}1$   
 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 benutzt 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:

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

$U_{1max}$  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 $\Omega$  bis 2 M $\Omega$ ), 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 hiebei 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.

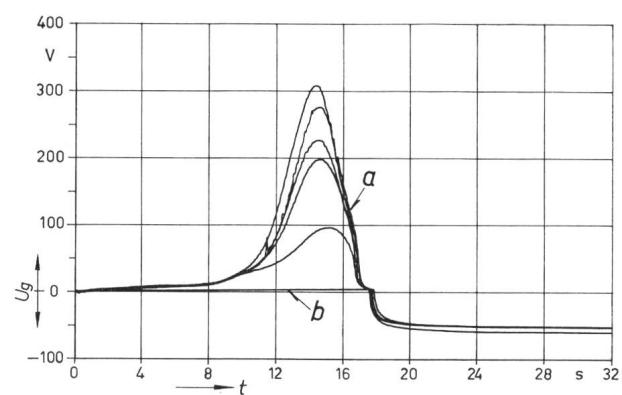


Fig. 4

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

Benutzt man zur Gleichrichtung an Stelle eines Trocken-gleichrichters 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. Hierdurch 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<sup>1)</sup>

#### 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 Turbo-generatoren 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 abzudrucken. 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 Nenndrücke 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/cm<sup>2</sup> 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,

<sup>1)</sup> 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 Lamellenprofile, 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 geeigneter 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, Grandeur 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 Einsprachen durch das Sekretariat des SC 2G hatte ergeben, dass der Veröffentlichung dieser Prüfmethoden grundsätzlich nichts im Wege