

Ein neues selbstdämpfendes Leiterseil

Autor(en): **Geiser, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes
Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **64 (1973)**

Heft 14

PDF erstellt am: **14.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915576>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein neues selbstdämpfendes Leiterseil

Von W. Geiser

621.315.145 : 62-752.2

1. Einleitung

Es erübrigt sich, in einer Fachzeitschrift viele Worte über das Problem der Schwingungen bei Freileitungsseilen und seine Auswirkungen zu verlieren. Die zu seiner Lösung gemachten Vorschläge und die möglichen praktischen Massnahmen seien hier nur kurz rekapituliert:

Passive Massnahmen

- Anbringen von kontinuierlich aufzeichnenden Schwingungsmessgeräten zur Beurteilung der effektiven Vibrationsgefahr;
- Verwendung spezieller Aufhängeklammern;
- Seilverstärkung (durch sog. armour-rods) an den Aufhängepunkten.

Aktive Massnahmen

- Anbringen von Federn oder Gewichten (gekoppelte Massen);
- Verwendung spezieller, durch ihren Aufbau selbstdämpfend wirkender Leiterseile.

Mit den passiven Massnahmen will man die schädlichen Auswirkungen vorhandener Seilschwingungen verhüten oder wenigstens vermindern; durch aktive Massnahmen soll das Entstehen schädlicher Seilschwingungen überhaupt verhindert werden. Im folgenden wird die als zweite Möglichkeit erwähnte aktive Massnahme besprochen und eine neue Lösung vorgestellt.

2. Selbstdämpfende Leiterseile

Anfangs der dreissiger Jahre haben M. Preiswerk und G. Dassetto ein Seil konstruiert, das durch seinen Aufbau die Entstehung von Schwingungen verhüten sollte. An der CIGRE-Tagung 1935 wurde darüber berichtet¹⁾. Es handelte sich um ein zweiteiliges Seil (Fig. 1), dessen Wirkung darauf beruht, dass seine Teile verschiedene Eigenfrequenzen besitzen und auftretenden Schwingungen im einen Teil durch solche verschiedener Frequenz im anderen Teil bei der Entstehung entgegengewirkt wird. Nach einer persönlichen Mitteilung von G. Dassetto scheint das Seil die gestellten Erwartungen erfüllt zu haben, doch hat der Weltkrieg die

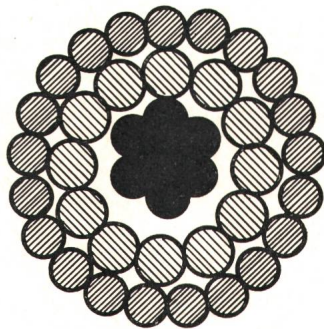


Fig. 1
Zweiteiliges Seil

nach Preiswerk und Dassetto

¹⁾ CIGRE-Bericht 218 «Schwingungsfreie Seile für Freileitungen» von M. Preiswerk.

ganze Entwicklung aufgehalten, und obwohl das Seil 1950 noch einmal in einem CIGRE-Rapport (Nr. 201) von seinen Erfindern erwähnt wird, ist es unseres Wissens nicht mehr hergestellt worden. Ein neuer Anlauf, ein für Vibrationen weniger anfälliges Leiterseil zu entwickeln, wurde 1963 von der Hydro-Electric Power Commission of Ontario und dem Forschungslaboratorium der Alcan in Kanada genommen. Die gemeinsamen Studien und Versuche führten schliesslich zu einem neuen Typ eines selbstdämpfenden Seils, der 1969 unter der Bezeichnung «Alcan SDC» auf den Markt kam und im folgenden beschrieben werden soll. «SDC» steht für «self-damping-conductor».

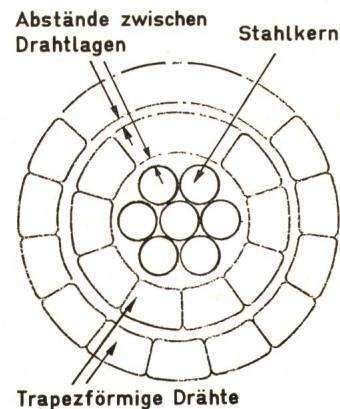


Fig. 2
Querschnitt eines Alcan-SDC-Seils

3. Alcan SDC

Alcan SDC besteht nicht nur aus zwei konzentrischen Teilen, einem Hohlseil und einem darin liegenden normalen Seil, sondern aus zwei oder drei, durch einen kleinen Abstand voneinander getrennten Drahtlagen und einem Zentralseil. Um die einzelnen konzentrischen Drahtlagen selbsttragend zu machen, werden nicht Runddrähte, sondern trapezförmige Drähte verwendet (Fig. 2). Nicht nur wird damit die radiale Festigkeit der Drahtlagen bedeutend erhöht, sondern man erreicht auch gleichmässige und voraussagbare Spannungs-Dehnungs-Verhältnisse, ein Vorteil, den das frühere europäische Seil nicht aufwies. Der Hauptvorteil aber liegt natürlich im verbesserten Dämpfungsverhalten, erreicht durch einen höheren Interferenzgrad des mehrteiligen Seils.

Wie gross der Dämpfungseffekt bei SDC gegenüber einem normalen Seil ist, zeigt Fig. 3 für das Stahl-Aluminium-Seil «Drake» (402,8 mm² Al) mit einer Nennfestigkeit RTS (= rated tensile strength) von 14 175 kg. Es ist bekannt, dass die Eigenfrequenz eines Seils, und damit die Gefährlichkeit von Schwingungen, mit steigender Seilspannung zunimmt. Wirtschaftliche Gründe stehen aber einer zu kleinen Seilspannung entgegen. Bei SDC hingegen ist das Dämpfungsverhalten praktisch unabhängig von der Seilspannung. Aus

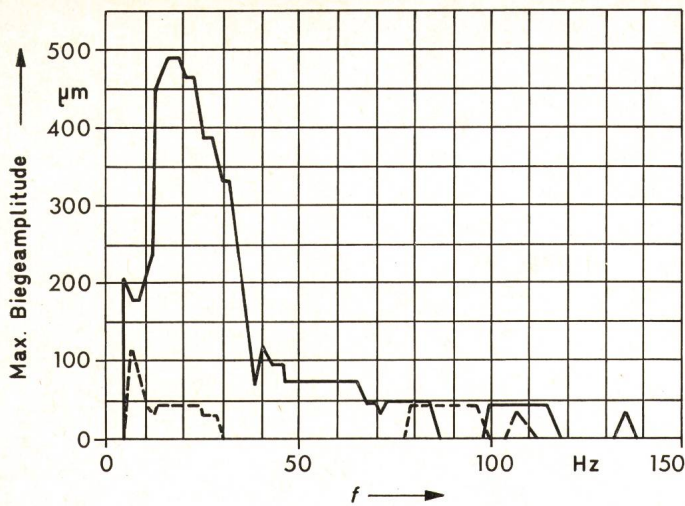


Fig. 3
Max. Biegeamplitude in Abhängigkeit der Frequenz f
 — Standard Stahl-Al-Seil «Drake» 20 % RTS
 - - - SDC «Drake» 40 % RTS
 Spannweite 180 m

diesem Grunde wurde für den in Fig. 3 dargestellten Feldversuch das Drake-äquivalente SDC mit 40 % seiner Nennfestigkeit gespannt, während das normale Drake-Seil nur mit 20 % verlegt wurde. Man sieht aus Fig. 3, dass trotz der doppelten Spannung die maximale Biege-Amplitude beim SDC nur noch ein Viertel beträgt.

Die maximale Biege-Amplitude wird definiert als Summe der absoluten Werte der positiven und negativen Schwingungs-Amplituden (bezogen auf die Aufhängeklemme), gemessen in einem Abstand von 3,5 Zoll (89 mm) von der Klemme.

Fig. 4 zeigt einen Vergleich gleichgespannter (27 % der Nennfestigkeit) Seile des Typs «Drake», und zwar des normalen Seils mit einem SDC mit runden Al-Drähten, als auch dem Alcan SDC mit trapezförmigen Al-Drähten. Sie zeigt den oben erwähnten Hauptvorteil der besseren Dämpfung des Alcan SDC gegenüber dem früheren selbstdämpfenden Seil nach Preiswerk und Dassetto.

In einem anderen Feldversuch wurden bei einer Spannweite von 1100 Fuss (= 335 m) und einer Spannung von 28 % der Nennfestigkeit die Anzahl Schwingungen pro Tag mit ihren Biege-Amplituden bestimmt. Das Resultat ist in Fig. 5 wiedergegeben und zeigt, dass unter den schwierigen Bedingungen bei Alcan SDC eine harmlose max. Amplitude von 2,5 mils (= 0,065 mm), beim normalen Seil jedoch eine bereits gefährliche, zehnmals grössere Biege-Amplitude auftritt.

4. Erfahrungen

Nachdem Laboratoriums- und Feldversuche so vielversprechende Resultate ergeben hatten, wurden während der letzten Jahre verschiedene Leitungen (bis Frühling 1972 rund 2000 km) mit Alcan SDC ausgerüstet. An einigen Orten, wo bereits normale Seile hingen, war es möglich, Alcan SDC an dieselben Masten zu montieren, wobei wenn immer möglich die am höchsten liegende und deshalb am meisten dem Wind ausgesetzte Phase gewählt wurde. In jedem Fall wurde mindestens eine Spannweite mit Schwingungsmessgeräten ausgerüstet. Fig. 6 zeigt, wie die Schwingungen von Alcan SDC durchwegs innerhalb der zulässigen Grenze lagen.

5. Spezielle Fragen und Wirtschaftlichkeit

Selbstverständlich wurde die Frage der Strombelastbarkeit ebenfalls untersucht, da anzunehmen war, dass die Wärmeabgabeverhältnisse wegen des Leitenaufbaus und den für die meisten Querschnitte bei Alcan SDC kleineren Durchmesser verschieden sein würden. Tatsächlich erwärmt sich die innere Al-Lage bei SDC wegen des unterbrochenen radialen Wärmepfades etwas mehr als die Aussenlage. Auch der kleinere Aussendurchmesser trägt zu der allerdings sehr geringfügig niedrigeren Wärmeabgabe bei (Fig. 7).

Auch Koronaversuche wurden gemacht und festgestellt, dass die kritischen Koronaspennungen gleich oder höher lagen als bei Seilen gleichen Durchmessers mit Runddrähten.

Um festzustellen, ob durch Vibrationsstöße Abnutzungserscheinungen auftreten, wurde ein mit 30 % der Nenn-

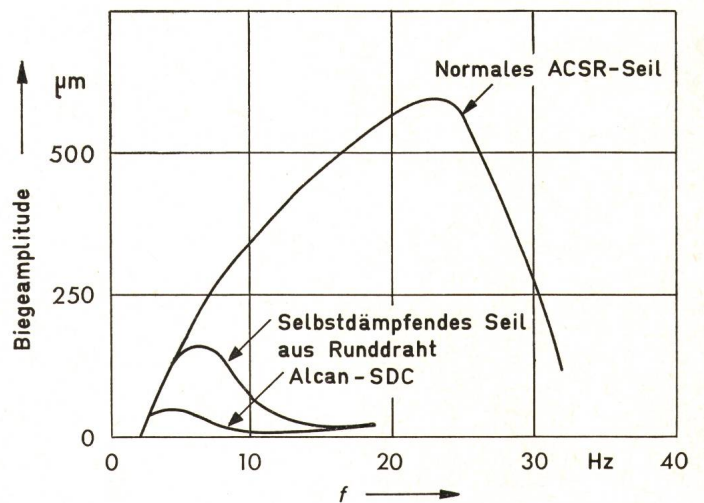


Fig. 4
Vergleich gleichgespannter Seile
Schwingungsspektrum

Angaben von Aluminiumseilen

Tabelle I

| Verseilung | Normales Stahl-Aluminium-Seil (ACSR) | | | | Durchhang | | | |
|------------|--------------------------------------|-----|------------------------|-----|------------|-----|------|-----|
| | Nennfestigkeit | | Gewicht | | Reisslänge | | ACSR | SDC |
| | kg/mm ² | % | kg/m · mm ² | % | m | % | % | |
| 30/7 | 36 | 113 | 372 · 10 ⁻⁵ | 107 | 9650 | 106 | 94 | 63 |
| 26/7 | 32 | 100 | 347 · 10 ⁻⁵ | 100 | 9120 | 100 | 100 | 67 |
| 54/7 | 28.5 | 89 | 335 · 10 ⁻⁵ | 96 | 8420 | 92 | 109 | 72 |
| 45/7 | 23.5 | 74 | 310 · 10 ⁻⁵ | 89 | 7620 | 84 | 119 | 80 |

festigkeit gespanntes SDC-Seil einer Beanspruchung durch 180×10^6 Schwingungen von 25 Hz mit einer 3,5 Zoll (89 mm) von der Klemme gemessenen Amplitude von 5 mils (= 0,0031 mm) ausgesetzt. Da einerseits diese Frequenz bedeutend höher ist als diejenige, bei welcher bei SDC max. Amplituden auftreten (Fig. 3) und andererseits die Vibrationskräfte mit dem Quadrat der Frequenz zunehmen, kann man annehmen, dass die im Versuch erreichten Kräfte bedeutend höher waren als die in Wirklichkeit auftretenden. Unter diesen ungünstigen Versuchsbedingungen ergab sich sowohl beim Aluminium als auch beim Zink der Stahldrähte eine ganz unbedeutende Abnutzung an den Stellen eines Schwingungsbauches.

Auch das Korrosionsverhalten wurde geprüft mit dem erwarteten Ergebnis, dass die innere Al-Lage und die Stahlseele eines SDC dank der geschlossenen Oberfläche korrosionsfrei bleiben.

Wichtig sind schliesslich noch die praktischen Fragen, die beim Planen und Verlegen einer Leitung auftauchen. Aus dem Vorhergesagten geht hervor, dass eine um 50 % höhere

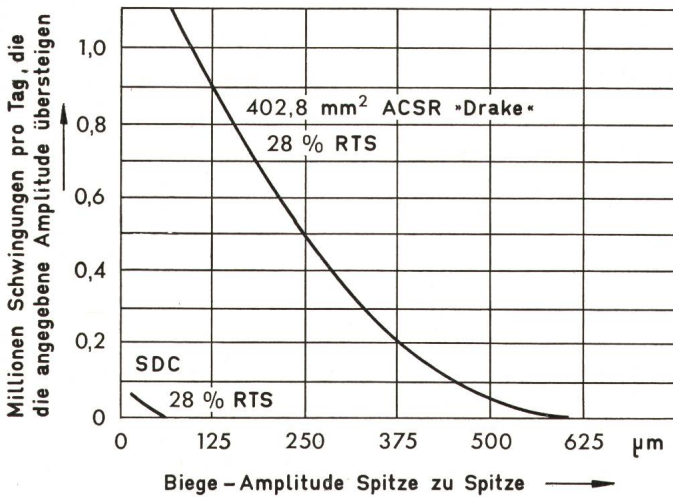


Fig. 5
Schwingungshäufigkeit

Normales Stahl-Al-Seil (ACSR) und äquivalentes Alcan SDC, beide mit 28 % ihrer Nennfestigkeit (RTS) gespannt. Spannweite 335 m

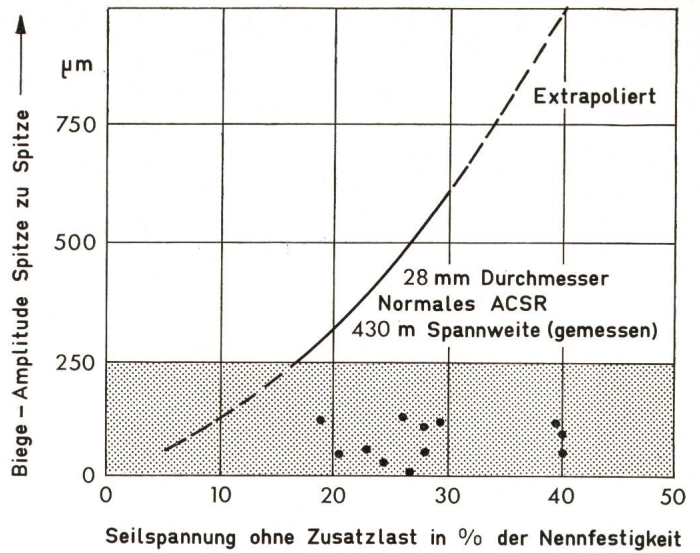


Fig. 6
Max. Schwingungs-Amplitude

Normales und SDS Stahl-Aluminium-Seil im Durchmesserbereich von 15...45 mm. Spannweiten 170...430 m
Verhältnisse: Mittel bis schwierig.

- SDC Installationen
- ▨ ungefährlicher Schwingungsbereich

EDS (every-day stress) gewählt werden kann. Daraus ergibt sich ein geringerer Durchhang (Tabelle I) für SDC gegenüber dem normalen Stahl-Aluminium-Seil (ACSR) mit allen den verschiedenen bekannten wirtschaftlichen Vorteilen.

Das Verlegen von SDC geschieht auf herkömmliche Weise, wobei nur das Seilende vor dem Aufbringen des Ziehstrumpfes speziell vorbereitet werden muss, um sicherzustellen, dass alle Seillagen miteinander gezogen werden. Dieselben Kompressionszubehörteile wie für normale Stahl-Aluminium-Seile werden verwendet; bei deren Montage ist als einzige spezielle Massnahme das Sichern der Stahlseile vor dem Zurückgleiten in das Aluminiumhohlseil durch eine Schraubklemme zu erwähnen.

Über die Wirtschaftlichkeit kann am besten anhand eines konkreten Beispiels berichtet werden (Tabelle II). Es handelt sich um ein Projekt, das Ende 1972 ausgeschrieben war und

Vergleich zweier elektrisch äquivalenter Leiterseile

Tabelle II

| | 54/7 Stahl-Aluminium | SDC | Vergleich mit «Bison» |
|---|----------------------|--------|---------------------------|
| Typ | «Bison» | 5 | |
| Al.-Querschnitt (mm ²) | 382 | 382 | gleich |
| Nennfestigkeit (N) | 120 090 | 84 500 | geringer |
| Durchmesser (mm) | 27 | 25 | 2 mm kleiner |
| Gewicht (kg/km) | 1444 | 1205 | 16 % kleiner |
| Max. Zuglast (N) | 48 250 | 33 800 | Sicherheitsfaktor |
| Max. Zuglast in % Nennbruchlast | 40 | 40 | 2,5 für beide |
| Max. Durchhang bei 75 °C (Spannweite 350 m) (m) | 11,29 | 9,68 | 1,6 m kleiner |
| oder für gleichen Durchhang (m) | 11,29 | 11,29 | |
| Spannweite (m) | 350 | 385 | 35 m grössere Spannweite |
| Anzahl Masten pro km | 2,86 | 2,60 | 0,26/km weniger |
| Anzahl Dämpfer für das betreffende Projekt | 28 000 | keine | 28 000 Dämpfer eingespart |

für dessen Leiterseil «Bison» die elektrisch gleichwertige Variante SDC Nr. 5 ausgearbeitet wurde. Der Sicherheitsfaktor (2½) bei maximaler Belastung bezüglich Bruchlast blieb dabei derselbe, nur wurde die EDS im unbelasteten Zustand von 19 % auf 30 % der Bruchspannung erhöht.

Die sich ergebenden Einsparungen (an Frachtkosten durch niedrigeres Gewicht, an Mastkosten und durch Wegfall der Kosten für Dämpfer und deren Installation) sind offensichtlich. Dazu kommt noch der etwas kleinere Preis des SDC gegenüber normalem Stahlaluminiumseil.

6. Zusammenfassung

Es wird ein neues selbstdämpfendes Leiterseil beschrieben, das aus einem Kernseil und zwei oder drei konzentrischen Lagen trapezförmiger Drähte besteht. Die Lagen sind durch einen kleinen Zwischenraum voneinander und vom Kernseil getrennt. Durch die Interferenz der (verschiedenen) Eigenfrequenzen der einzelnen Lagen und des Kernseils werden Seilanschläge bei ihrer Entstehung ganz oder teilweise unterdrückt.

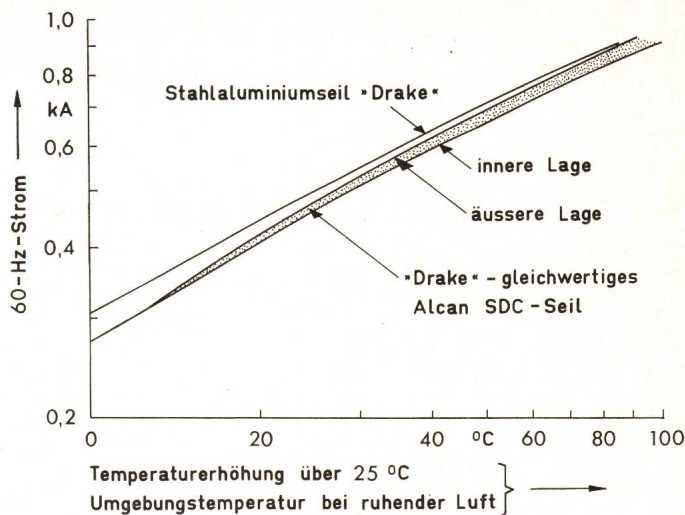


Fig. 7
Dauerstrombelastbarkeit

Adresse des Autors:

Dipl.-Ing. W. G. Geiser, Alcan S.A., Dufourstrasse 43, 8022 Zürich.

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Réunion du CE 56, Fiabilité des composants et des matériels électriques, du 6 au 9 février 1973, à Milan

La réunion du CE 56 fut ouverte par son président, M. J. Eldin (France) qui souhaita la bienvenue à la soixantaine de délégués et observateurs provenant de 14 pays et remercia le comité électrotechnique italien de son hospitalité. M. Dr. Stawski, président du CT 56 italien exprima les souhaits d'accueil du comité national italien. Le CES était représenté par 2 délégués. Selon son habitude, le président du CE 56 attribua les tâches essentielles aux divers groupes de travail (GT) qui siègèrent alternativement avec le CE, celui-ci ayant surtout pour mission de prendre connaissance des résultats des travaux des groupes de travail, de les discuter et, si besoin est, de prendre une décision sur la suite à leur donner.

La réunion de Milan doit être considérée comme une étape importante dans l'histoire du CE 56, au moins à trois points de vue:

Révision du domaine d'activité du CE 56

Ce sujet fut considéré par un GT ad hoc qui proposa une nouvelle appellation du CE 56: «Fiabilité et maintenabilité» et un domaine élargi de son activité, à savoir l'établissement de recommandations internationales concernant la fiabilité, la maintenabilité et d'autres caractéristiques associées des produits étudiés par les CE de la CEI. Le secrétariat du CE 56 transmettra ces suggestions au Comité d'action.

Evolution des activités du CE 56

La révision du domaine d'activité du CE 56 n'est pas le fruit du hasard. En effet, initialement, le CE 56 s'est consacré à la sémantique fiabiliste et aux problèmes de fiabilité touchant les composants électroniques. Cette activité semble avoir atteint un niveau acceptable sur le plan de la normalisation. Le CE 56 s'est engagé ensuite dans des tâches plus complexes ayant trait à la fiabilité des équipements et des systèmes puis à la maintenabilité et à la disponibilité. Il s'ensuit que des cercles de plus en plus larges se trouveront concernés par ces problèmes. Les opinions exprimées en cours de réunion sont symptomatiques de cette situation.

Changement de personnes à la présidence et au secrétariat du CE 56

En fin de réunion, M. J. Eldin transmit sa charge présidentielle à M. G. Peyrache (France) et M. E.G.D. Paterson (USA) remit le secrétariat

à M. L. M. Rundlett (USA). Cette transmission de pouvoir fut accompagnée de l'habituel échange de compliments, d'ailleurs mérités. Auparavant, M. J. Eldin, président sortant, avait rédigé un remarquable document sur l'état des travaux du CE 56. Ce «Testament» sera transmis aux CE de la CEI, aux comités nationaux et au secrétariat de l'ISO accompagné d'un questionnaire se rapportant à l'utilisation effective des publications émanant du CE 56 par ces instances et à leurs suggestions éventuelles au sujet de l'activité du CE 56.

Le procès-verbal de la réunion de Horgen, en septembre 1971, fut approuvé après de légères corrections de nature rédactionnelle. L'ampleur prise par les procès-verbaux provoqua une réaction justifiée du secrétariat. Il fut décidé de maintenir la pratique actuelle pour le compte-rendu des séances plénières du CE 56. Par contre, les documents des divers GT ne seront plus annexés au procès-verbal puisqu'ils parviennent aux comités nationaux sous la forme de documents de secrétariat.

L'état d'avancement d'un certain nombre de documents du Bureau Central fut l'objet de délibérations parfois animées:

le document 56(Bureau Central)22, Termes et définitions supplémentaires relatifs à la fiabilité sera l'objet de la publication 271 A;

le document 56(Bureau Central)26, Compléments proposés à la grille des durées pour les essais de fiabilité et pour l'acquisition des données constituera la Modification no 2 à la publication 319, en cours de révision;

le document 56(Bureau Central)29, Plans et règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs est en voie de publication (publication no 410);

le document 56(Bureau Central)30, Guide pour l'inclusion des procédures de contrôle lot par lot et contrôle périodique dans les spécifications de composants électroniques deviendra la publication no 419;

le document 56(Bureau Central)31, Fiche d'information sur la fiabilité des composants à partir d'essais de laboratoire constituera une autre Modification de la publication no 319;

le document 56(Bureau Central)35, Guide mathématique des termes et définitions applicables à la fiabilité des matériels électroniques et de leurs composants a été examiné par le GT 5 en cours de réunion. La proposition du GT 5 de publier ce document sous forme d'une