

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 42 (1964)

Heft: 4

Artikel: Normung und Eigenschaften von Schmelzeinsätzen für Apparateschutz-Sicherungen = Normalisation et propriétés des cartouches pour coupe-circuit miniatures destinés à la protection d'appareils

Autor: Gerber, Th.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875160>

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: 28.03.2026

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

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von den Schweizerischen Post-, Telephon- und Telegraphen-Betrieben - Publié par l'entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses. - Pubblicato dall'Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Th. Gerber, Bern

621.316.923.1:389.6

Normung und Eigenschaften von Schmelzeinsätzen für Apparateschutz-Sicherungen

Normalisation et propriétés des cartouches pour coupe-circuit miniatures destinés à la protection d'appareils

Zusammenfassung. Nach einem kurzen Abriss der geschichtlichen Entwicklung der Apparateschutz-Sicherung wird die gegenwärtige, nahezu abgeschlossene internationale und nationale Normung der entsprechenden Schmelzeinsätze beschrieben. Der Autor führt anschliessend Schmelzzeituntersuchungen an flinken und trägen Einsätzen der Abmessungen 5 mm × 20 mm durch. Die ermittelten Charakteristiken und Streubänder werden dargestellt. Ferner wird untersucht, wie stark sich die Streubänder von Schmelzeinsatztypen, deren Nennströme in der genormten Reihe nebeneinander liegen, überdecken. Schliesslich wird auf die PTT-internen Normungsbestrebungen hingewiesen.

1. Einleitung

Am 1. Juli 1963 sind in der Schweiz die Regeln für Schmelzeinsätze zu Apparateschutz-Sicherungen in Kraft gesetzt worden [1]. Damit ist der bisherige «vertragslose Zustand» zwischen Hersteller und Verwender derartiger Schmelzeinsätze zu Ende gegangen, ein Ereignis, das auch für die PTT-Betriebe und ihre Lieferfirmen von Bedeutung ist. Ebenso wichtig wie diese erfreuliche Tatsache ist jedoch, dass zugleich der Anschluss an die internationalen Empfehlungen hergestellt worden ist; die nationalen Regeln stimmen in allen wesentlichen materiellen Punkten mit der entsprechenden Publikation der Commission Electrotechnique Internationale (CEI) überein, und diese ihrerseits ist identisch mit der Spezifikation der Commission Internationale de Réglementation en vue de l'Approbation de l'Equipement Electrique (CEE) [2, 3]. Die Impulse zu diesen Normierungsbestrebungen gingen in erster Linie von der Nachrichtentech-

Résumé: Après avoir donné un court aperçu sur le développement historique des coupe-circuit pour la protection d'appareils, l'auteur commente la normalisation nationale et internationale des cartouches correspondantes, normalisation qui sera bientôt achevée. En outre, l'auteur décrit les essais de durée de fusion des cartouches de 5 mm × 20 mm à fusion rapide et temporisée. Les caractéristiques et les courbes de dispersion sont représentées. En outre, il est étudié dans quelle mesure se recouvrent les courbes de dispersion des cartouches dont les courants nominaux se suivent dans la série des valeurs normalisées. Pour terminer, il est fait mention des efforts de l'entreprise des PTT quant à une normalisation interne.

1. Introduction

Le 1^{er} juillet 1963, les Règles pour les cartouches pour coupe-circuit miniatures destinés à la protection d'appareils sont entrées en vigueur en Suisse [1]. Ainsi prend heureusement fin l'état «dérégulé» qui existait entre les fournisseurs et les utilisateurs de telles cartouches; c'est un événement qui intéresse tout particulièrement l'entreprise des PTT et ses fournisseurs. Ce fait important en entraîne un autre, tout aussi remarquable, soit la jonction aux recommandations internationales; en effet, les règles nationales s'accordent dans leurs points essentiels avec les règles correspondantes de la publication de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) et ces dernières sont identiques aux spécifications de la Commission Internationale de Réglementation en vue de l'Approbation de l'Equipement Electrique (CEE) [2, 3]. La première initiative pour une telle normalisation est issue de la technique des télécommunica-

nik aus, die für den Schutz ihrer Apparate geeignete Schmelzeinsätze mit eigens hierauf abgestimmten Eigenschaften benötigt. Die in der Schweiz [4] wie auch im Ausland schon längst spezifizierten Sicherungen der Starkstromtechnik genügen für den Apparatenschutz deshalb nicht, weil ihre Schmelzcharakteristiken und ihr Schaltvermögen bereits festgelegt sind und nicht mehr den zum Teil anders gearteten Forderungen der Nachrichtentechnik angepasst werden können. Die grosse technische und wirtschaftliche Bedeutung, welche die Apparatenschutz-Sicherung auf dem ganzen Gebiet der Elektronik in immer noch zunehmendem Masse einnimmt, zwang geradezu, sowohl auf internationaler als auch auf nationaler Ebene, entsprechende Regeln aufzustellen.

Es versteht sich somit von selbst, dass die Apparatessicherung auch in den fernmeldetechnischen Einrichtungen der PTT-Betriebe eine wichtige Funktion ausübt. Die künftige Entwicklung, zum Beispiel der Telephonie in Richtung Elektronik, wird ihre Bedeutung nur fördern. Es dürfte deshalb von Interesse sein, wenn nachfolgend über die geschichtliche Entwicklung der Apparatessicherung, die Arbeiten zu ihrer Normung sowie über die schliesslich erreichte Übereinstimmung der schweizerischen Regeln mit den CEI-Empfehlungen berichtet wird. Das Kernstück der vorliegenden Veröffentlichung bildet jedoch die statistische Verarbeitung von rund 2000 Schmelzzeitmessungen, mit dem Zweck, die effektiven Strom/Zeit-Charakteristiken und die Streubänder von im Handel erhältlichen und unter anderem bei den PTT-Betrieben verwendeten Schmelzeinsätzen zu ermitteln.

2. Geschichtliches

Der eigentliche Erfinder der Sicherung, so wie sie heute verwendet wird, scheint unbekannt zu sein. Drahtstücke, die geringeren Querschnitt als die Leiterstücke des übrigen Stromkreises aufwiesen, waren wohl die ersten, bei Experimenten mit elektrischem Strom zufällig gefundenen Sicherungen. Bekannt ist nur, dass *Edison* im Jahre 1880 die ersten grundlegenden Patente anmeldete [5]. Heute werden Sicherungen in der gesamten Elektrotechnik in grossen Mengen und in vielerlei Ausführungen verwendet.

Wenn man sich darauf beschränkt, die geschichtliche Entwicklung der *Apparatessicherung* zu betrachten, so stellt man fest, dass ihre Vorläuferin ursprünglich zum Schutz der flexiblen Leitungsschnüre von ortsveränderlichen Stromverbrauchern (Tischlampen, Bügeleisen usw.) diente. Dieser Kurzschlusschutz war in der Steckdose eingebaut. Die Tatsache, dass zuerst die Steckdosensicherung da war und dass die Apparatessicherung, das heisst die im Gerät eingebaute Sicherung, einer späteren Entwicklungsstufe angehört, ist zu einer heute noch nicht abgetragenen Hypothek geworden. Darüber wird im Abschnitt über die nationale Normung noch zu sprechen sein. Die im Gerät eingebaute Sicherung fand weite Ver-

tions, étant donné que cette technique doit disposer, pour la protection d'appareils, de fusibles répondant à des conditions toutes particulières. Les fusibles pour courant fort, normalisés depuis longtemps et utilisés aussi bien en Suisse [4] qu'à l'étranger, ne conviennent pas pour la protection d'appareils; en effet, leur caractéristique de fusion et leur pouvoir de coupure, fixés une fois pour toutes, les rendent inaptes à remplir les conditions, en partie fort différentes, requises par la technique des télécommunications. D'autre part, la question des coupe-circuit pour la protection d'appareils prend, dans le domaine de l'électronique, une ampleur technique et économique telle qu'une normalisation, tant sur le plan national qu'international, est devenue impérieuse.

Il va de soi que, dans les installations à courant faible de l'entreprise des PTT, les coupe-circuit miniatures ont une importante fonction à assurer. L'introduction croissante de l'électronique en téléphonie ne fait qu'accroître cette importance. Il n'est donc certes pas sans intérêt de donner ci-après un historique du développement des coupe-circuit pour la protection d'appareils ainsi que quelques indications concernant les travaux de normalisation qui aboutissent à la concordance des Règles suisses aux recommandations de la CEI. Toutefois, l'objet principal de cet article concerne surtout l'interprétation des résultats de 2000 épreuves de durée de fusion dans le but de déterminer les caractéristiques courant/durée ainsi que les courbes de dispersion des cartouches vendues dans le commerce et de celles utilisées dans l'entreprise des PTT.

2. Historique

L'inventeur du coupe-circuit dans sa forme actuelle est, sauf erreur, inconnu. Toutefois on peut très bien s'imaginer dans quelles conditions les premiers coupe-circuit firent leur apparition. Il est possible que des brins de fil métallique, d'un diamètre inférieur à celui des fils d'une installation électrique, firent découvrir, par hasard, le principe du coupe-circuit. C'est *Edison* qui, en 1880, reçut les premiers brevets concernant ce domaine [5]. Aujourd'hui l'emploi des coupe-circuit de toutes sortes est généralisé dans tous les domaines de l'électrotechnique.

Dans le cas particulier des *coupe-circuit pour la protection d'appareils*, leurs prédécesseurs furent destinés à la protection de conducteurs souples d'appareils transportables (lampes de table, fer à repasser, etc.). Ce dispositif de protection contre les courts-circuits était logé dans la prise de courant. Le fait que l'introduction de ce coupe-circuit fut antérieure à celle du coupe-circuit incorporé à l'appareil forme, encore aujourd'hui, un obstacle à une normalisation parfaite qui n'est pas près de disparaître. Cette question sera reprise dans le chapitre des normes nationales. Le coupe-circuit incorporé à l'appareil prit rapidement pied dans l'industrie de la radio. Ainsi,

breitung in der Rundfunkindustrie. So wurden in den ersten netzgespeisten Radiogeräten sogenannte Sicherungslämpchen verwendet. Die Firma *Wickmann* hat in Europa diese Sicherungslämpchen, die naturgemäss nicht sehr betriebssicher arbeiteten, durch eine Ausführung ersetzt, die im wesentlichen den heute verwendeten Schmelzeinsätzen für Apparateschutz-Sicherungen entsprach. Es war die sogenannte Feinsicherung, eine Bezeichnung, die sich bis heute erhalten hat.

In der Schweiz begann im Jahre 1937 die Firma *H. Schurter AG*, Luzern, mit der serienmässigen Herstellung von Feinsicherungen. In konstruktiver Hinsicht und bezüglich der elektrischen Eigenschaften stimmten sie praktisch mit dem Vorbild, der Wickmann-Sicherung, überein. Der grösste Abnehmer war von Anfang an die schweizerische Telephonverwaltung, gefolgt von den einheimischen Radiofirmen.

Die erste VSM-Norm über Schmelzeinsätze für Steckdosen usw. datiert aus dem Jahre 1939. Durch sie wurden die Dimensionsnormen und die Nennstromreihe festgelegt. Für die elektrischen Daten war ausschliesslich die SEV-Publikation Nr. 153 verbindlich [4].

3. Internationale Normung

Schon kurz nach Beendigung des zweiten Weltkrieges erwies es sich als dringend notwendig, die Miniatur- oder Feinsicherung, im folgenden nun Apparateschutz- oder kurz Apparatesicherung genannt, international zu normen [6]. In erster Linie galt dies für den auf dem europäischen Kontinent am meisten verwendeten Schmelzeinsatz von 5 mm Durchmesser und 20 mm Länge. Seine jährliche Produktion beträgt heute allein in Westeuropa gegen 100 Millionen Stück. In den angelsächsischen Ländern steht jedoch der grössere Schmelzeinsatz mit den Abmessungen 6,3 mm × 32 mm ($\frac{1}{4}'' \times 1\frac{1}{4}''$) an der Spitze.

Die erste internationale Normungsarbeit wurde von der CEE mit der Veröffentlichung der Publikation Nr. 4 im Jahre 1949 geleistet. Sie betraf in erster Linie Schmelzeinsätze zu Netzsteckdosen. Die weitere Normung wurde dann aber der CEI überbunden, da diese Organisation auf Grund ihrer Zusammensetzung und ihrer Zweckbestimmung für diese Arbeit geradezu prädestiniert ist. Eine internationale Arbeitsgruppe nahm ihre Tätigkeit im Jahre 1955 auf. Ihr gehörten Vertreter der folgenden Länder an: Deutschland, England, Frankreich, die Niederlande, Schweden, die Schweiz und USA (korrespondierendes Mitglied). Schätzungsweise 25 000 Messungen wurden durchgeführt, bevor die Arbeitsgruppe ihre endgültigen Vorschläge vorlegte, die dann in der CEI-Publikation Nr. 127 ihren Niederschlag fanden. Diese Publikation wurde 1962 veröffentlicht und besteht aus einem allgemeinen Teil, enthaltend Definitionen, allgemeine Anforderungen und Prüfbedingungen, sowie aus einzelnen Datenblättern, die für jeden Schmelzeinsatztyp Abmessung, Ausführung, elektrische Daten

dans les premiers radiorécepteurs raccordés au secteur, on utilisa des coupe-circuit en forme d'ampoule. La firme *Wickmann* remplaça en Europe ces ampoules-fusibles, qui d'ailleurs n'étaient pas d'un fonctionnement sûr, par un modèle de coupe-circuit qui est analogue à celui employé actuellement. Ce fut la naissance du fusible fin (Feinsicherung), dénomination remplacée aujourd'hui par l'expression: cartouche pour coupe-circuit miniature.

En Suisse, ce fut la firme *H. Schurter SA*, Lucerne, qui entreprit, dès 1937, la fabrication en série de coupe-circuit miniatures. Leur construction et leurs qualités électriques coïncidaient à peu près à celles de leur modèle, le coupe-circuit Wickmann. Le consommateur le plus important fut, dès le commencement, l'administration des téléphones suisses, suivie par les firmes de radio indigènes.

La première normalisation VSM concernant les coupe-circuit pour prise de courant, etc. est datée de l'année 1939. Elle fixa les dimensions et l'échelle des courants nominaux. Pour les données électriques, seule la publication n° 153 de l'ASE faisait foi [4].

3. Normalisation internationale

Il s'est avéré urgent, déjà après la deuxième guerre mondiale, de normaliser les coupe-circuit en question qui seront dénommés par la suite coupe-circuit miniatures destinés à la protection d'appareils ou, en abrégé, coupe-circuit miniatures [6]. Ce fut le cas, tout d'abord, pour le type le plus employé sur le continent européen soit la cartouche de 5 mm de diamètre et de 20 mm de long. La production annuelle atteint, seulement pour l'Europe de l'ouest, 100 millions d'exemplaires en moyenne. Dans les pays anglosaxons, par contre, le type plus grand, soit de 6,3 mm × 32 mm ($\frac{1}{4}'' \times 1\frac{1}{4}''$) est à la tête de la production.

Le premier travail de normalisation internationale fut publié en 1949 par la CEE (Publication n° 4). Il avait pour objet principal les cartouches pour prise de courant réseau. Les travaux qui suivirent furent repris par la CEI, étant donné que cette organisation, de par sa composition et son but, était pour ainsi dire prédestinée à assumer cette tâche. Un groupe de travail international, institué en 1955, était composé de membres des pays suivants: Allemagne, Angleterre, France, Pays-Bas, Suède, Suisse, USA (membre correspondant). C'est après avoir exécuté à peu près 25 000 mesures que le groupe de travail fit part de ses propositions qui firent l'objet de la Publication CEI n° 127. Celle-ci, publiée en 1962, contient une partie générale comprenant les définitions, les exigences générales et les conditions d'essai et une partie annexe avec les feuilles de norme fixant, pour chaque type de cartouche, la dimension, l'exécution, les données électriques (tension nominale, courant nominal, chute de tension) ainsi que la caractéristique courant/durée. De telles feuilles de

(Nennspannung, Nennströme, Spannungsabfall) sowie die Strom/Zeit-Charakteristik festlegen. Derartige Datenblätter liegen bereits für die folgenden Schmelzeinsatz-Typen 5 mm × 20 mm vor:

- a) flink mit grossem Schaltvermögen (in der Schweiz fällt dieser Schmelzeinsatz-Typ nicht in die Kategorie der Apparatesicherung, sondern gehört zu den Leitungsschutzsicherungen gemäss SEV-Publikation Nr. 153);
- b) flink mit kleinem Schaltvermögen;
- c) träg mit kleinem Schaltvermögen.

Weitere Datenblätter, z. B. für übertrüge Schmelzeinsätze 5 mm × 20 mm sowie hauptsächlich für Einsätze der Abmessungen 6,3 mm × 32 mm, sind in Vorbereitung.

Es erübrigt sich, auf die Empfehlungen der CEI weiter einzugehen, da die SEV-Regeln, deren wichtigste Punkte nachfolgend besprochen werden, materiell fast ohne Ausnahme mit ihnen übereinstimmen.

4. Nationale Normung

Der Wunsch, in der Schweiz die Abmessungen und Daten der Schmelzeinsätze zu Apparateschutz-Sicherungen zu normen, bestand seit vielen Jahren. Auch hier kamen die Impulse aus den Kreisen der Nachrichtentechnik; dem Fachkollegium 12 «Radioverbindungen» des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees (CES) wurde im Jahre 1948 die Unterkommission für Feinsicherungen (ab 1951 Unterkommission für Apparatesicherungen genannt) angegliedert und mit der Ausarbeitung entsprechender Regeln betraut. Ursprünglich bestand die Absicht, sich möglichst an die DIN-Normen anzulehnen. Als jedoch ersichtlich wurde, dass die CEI innert nützlicher Frist ein Dokument über Kleinsicherungen herausgeben könne, wurde die nationale Arbeit vorerst eingestellt, dann aber bereits auf Grund von CEI-Entwürfen aktiviert, so dass schon ein Jahr nach Vorliegen der CEI-Publikation Nr. 127 die entsprechenden schweizerischen Regeln in Kraft gesetzt werden konnten. Die von vielen Seiten schon lange mit Ungeduld erwartete nationale Normung der Apparateschutz-Sicherung ist damit Tatsache geworden. Zugleich hat die Schweiz in vorbildlicher Weise dem Wunsch der CEI nachgelebt, nämlich, dass alle elektrotechnischen Nationalkomitees, welche Regeln aufzustellen haben, als Grundlage die CEI-Empfehlungen benutzen sollen, sofern dem keine zwingenden nationalen Gründe entgegenstehen.

Nachfolgend werden einige wichtige oder allgemein interessierende Bestimmungen kurz besprochen. Auf Vollständigkeit wird bewusst verzichtet, da die in Frage stehenden SEV-Regeln jedermann zugänglich sind.

Geltungsbereich. Die Regeln für Schmelzeinsätze zu Apparateschutz-Sicherungen gelten ausschliesslich für Schmelzeinsätze, die zum Schutz von Apparaten und Schwachstromanlagen verwendet werden. Beispiele sind: Apparate der Fernmeldetechnik, Steuer-

norme existent pour les types de cartouche 5 mm × 20 mm suivants:

- a) à fusion rapide et à fort pouvoir de coupure (en Suisse, ce type n'entre pas dans la catégorie des coupe-circuit pour la protection d'appareils, mais bien dans celle des coupe-circuit de ligne suivant la Publication n° 153 de l'ASE);
- b) à fusion rapide et à faible pouvoir de coupure;
- c) à fusion temporisée et à faible pouvoir de coupure.

D'autres feuilles de normes, concernant par exemple les cartouches 5 mm × 20 mm à fusion supertemporisée ainsi que principalement les cartouches de dimension 6,3 mm × 32 mm, sont en préparation.

Il n'est pas nécessaire d'entrer plus en détail dans ces recommandations de la CEI, étant donné que les Règles de l'ASE, qui seront commentées ci-après, coïncident matériellement et presque sans exception avec les prescriptions de la CEI.

4. Normalisation nationale

En Suisse, la nécessité d'une normalisation des dimensions et des propriétés électriques des cartouches de coupe-circuit se fit sentir depuis nombre d'années. Là aussi, les télécommunications donnèrent l'impulsion initiale; en 1948, la Sous-Commission des coupe-circuit miniatures (appelée dès 1951 Sous-Commission pour coupe-circuit d'appareils) fut rattachée au Comité Technique 12, Radiocommunications, du Comité Electrotechnique Suisse (CES) et chargée d'établir des Règles à ce sujet. Au début, on avait l'intention de s'inspirer des normes DIN. Le travail fut interrompu lorsqu'on apprit que la CEI allait bientôt publier les normes de coupe-circuit miniatures. Sitôt après la publication des projets de normes CEI, les travaux pour une normalisation nationale reprirent avec une telle intensité que les Règles suisses purent être mises en vigueur déjà un an après la Publication n° 127 de la CEI.

Ainsi les normes suisses pour coupe-circuit miniatures, attendues impatiemment par les milieux intéressés, sont devenues enfin une réalité. Par ce fait, la Suisse a, d'une façon exemplaire, tenu compte du vœu formé par la CEI qui a demandé à tous les Comités Electrotechniques Nationaux, chargés d'établir des Règles, de s'en tenir aux recommandations de la CEI tant qu'il n'y a pas, sur le plan national, de raisons impérieuses qui les en empêchent.

Vous trouverez, ci-après, des commentaires concernant les résolutions les plus importantes ou d'un intérêt général. Toutefois, nous éviterons de parler de toutes les dispositions, les Règles étant accessibles à tous les intéressés.

Domaine d'application. Les Règles pour cartouches pour les coupe-circuit miniatures concernent exclusivement les cartouches destinées à la protection d'appareils et d'installations à courant faible. Citons, à titre d'exemple: appareils de télécommunications,

einrichtungen von Maschinen, Haushaltapparate. Keinesfalls dürfen diese Schmelzeinsätze zum Schutze von Leitungen in Starkstromanlagen verwendet werden, da sie den hierfür geltenden Sicherheitsvorschriften nicht genügen. Diese ganz grundsätzliche Einschränkung musste hauptsächlich wegen des kleinen Schaltvermögens getroffen werden. Schmelzeinsätze mit grösserem Schaltvermögen fallen unter die SEV-Publikation Nr. 153 [4], unabhängig davon, ob sie die gleichen oder andere Dimensionen haben als die hier betrachteten Einsätze zu Apparateschutz-Sicherungen.

Eine weitere sehr wesentliche und leider auch sehr unangenehme Einschränkung wurde bezüglich des maximal zulässigen Nennstromes von Einsätzen der Abmessungen $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ notwendig. Damit stösst man auf die Hypothek, die im geschichtlichen Teil bereits erwähnt wurde. Gewisse Schmelzeinsatztypen mit den Abmessungen $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ werden bekanntlich auch in Netzsteckdosen, das heisst also zum Leitungsschutz, verwendet; sie fallen dann unter die Sicherheitsvorschriften und müssen unter anderem ein genügend grosses Schaltvermögen aufweisen. Dies wird beispielsweise durch den Einbau des Schmelzleiters in ein Keramikrohr, das zudem sandgefüllt ist, erreicht. Da jedoch auch Schmelzeinsätze $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ mit kleinem Schaltvermögen in diese Steckdosen eingeführt werden können, besteht eine Verwechslungsgefahr. Man hat sich nun so beholfen, dass man den Nennstrom dieser bis 250 V Nennspannung zugelassenen Apparateschutz-Einsätze auf maximal 2 A begrenzte. (Für Kleinspannungen sind höhere Stromstärken zugelassen.) Diese sehr unangenehme Einschränkung war leider unumgänglich. Unter den Möglichkeiten, den Sicherheitsvorschriften sonstwie zu genügen, wurde seinerzeit unter anderem sogar erwogen, die Schmelzeinsätze $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ überhaupt nicht mehr für den Apparateschutz, sondern nur noch für den Leitungsschutz vorzusehen. Diese Lösung scheiterte aber am berechtigten Widerstand der betroffenen Industriezweige. Leider war es auch nicht möglich, eine Änderung bei den Steckdosensicherungen vorzunehmen und zum Beispiel auf Einsätze der Abmessungen $5\text{ mm} \times 15\text{ mm}$ überzugehen. Erst neuerdings scheint sich die Möglichkeit abzuzeichnen, dass in Netzsteckdosen an Stelle der Schmelzsicherung ein kleiner thermischer Überstromauslöser treten könnte. Wenn sich dadurch die herkömmliche Steckdosensicherung eliminieren liesse, so würde der Weg für die uneingeschränkte Verwendung der $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ -Schmelzeinsätze für den Apparateschutz frei, das heisst sie könnten für höhere Ströme als 2 A bei Spannungen bis 250 V zugelassen werden. Vorläufig bleibt jedoch nur zu hoffen, dass mit der Zeit eine allseits befriedigende Lösung gefunden werden kann. Bis dahin stehen immerhin für grössere Nennströme nach wie vor die Einsätze mit den Abmessungen $6,3\text{ mm} \times 32\text{ mm}$ zur Verfügung.

Begriffsbestimmungen. Vorerst seien die begrifflichen Unterschiede, die zwischen Sicherung, Schmelz-

circuits de commande de machines, appareils électrodomestiques, etc. Elles ne s'appliquent en aucun cas aux coupe-circuit pour la protection de lignes à courant fort car elles ne remplissent pas les conditions de sécurité exigées par les prescriptions concernant les installations à courant fort. Cette restriction de principe fut rendue nécessaire par le faible pouvoir de coupure des cartouches miniatures. Les cartouches à pouvoir de coupure plus élevé sont régies par la Publication n° 153 de l'ASE [4], indépendamment des dimensions qui peuvent être égales ou différentes de celles des cartouches pour protection d'appareils.

Une autre restriction, importante et malheureusement très gênante, concerne la valeur nominale maximum de courant des cartouches de $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$, ce qui nous fait comprendre l'ambiguïté citée sous «Introduction». En effet, certaines cartouches $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ sont également utilisées dans les prises de courant de réseau en qualité de protection de ligne à courant fort; elles sont donc soumises aux prescriptions de sécurité de l'ASE et doivent, entre autres, remplir la condition de pouvoir de coupure élevé. Cette exigence peut être, par exemple, réalisée en logeant le conducteur fusible dans un cylindre en céramique rempli de sable.

L'existence de cartouches de mêmes dimensions $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ mais de pouvoir de coupure différent peut être une source de confusion. Aussi, on s'est tiré d'affaire en limitant le courant nominal à 2 A pour les cartouches miniatures d'une tension nominale jusqu'à 250 V (de plus fortes intensités sont permises pour les tensions réduites). Cette restriction est très désagréable mais indispensable. Dans l'intention de satisfaire aux prescriptions de sécurité, on proposa même, à l'époque, de n'admettre les cartouches $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ que pour la protection de ligne. Cette solution échoua grâce à la résistance, d'ailleurs fondée, des milieux industriels intéressés. Il ne fut malheureusement plus possible de faire adopter un changement de dimensions (par exemple $5\text{ mm} \times 15\text{ mm}$) des cartouches pour prise de courant. Actuellement se dessine la possibilité d'introduire, dans les prises de courant, un petit déclencheur thermique à surintensité, à la place d'une cartouche à fil fusible. Cette possibilité étant réalisée, il n'y aurait plus d'obstacle de n'admettre les cartouches de dimensions $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ que pour la protection d'appareils seulement et d'abandonner la restriction susnommée de 2 A pour des tensions jusqu'à 250 V. Pour le moment, on ne peut qu'espérer qu'une solution soit trouvée. Jusque-là, nous avons à disposition, pour de plus forts courants nominaux, les cartouches de dimensions $6,3\text{ mm} \times 32\text{ mm}$.

Terminologie. Faisons tout d'abord la différence terminologique entre coupe-circuit, cartouche et socle de coupe-circuit. Un *coupe-circuit* en général et, en particulier, un coupe-circuit miniature pour la protection d'appareils, est composé du socle et de la cartouche. Le *socle* est la partie complète du coupe-

einsatz und Sicherungsfassung (Sicherungshalter) bestehen, abgeklärt. Die *Sicherung*, im besonderen die Apparateschutz-Sicherung, besteht aus der Sicherungsfassung und dem Schmelzeinsatz. Die Sicherungsfassung ist der gesamte zur Aufnahme des Schmelzeinsatzes und zum Anschluss der äusseren Leiter bestimmte Teil der Sicherung. Der *Schmelzeinsatz* ist der auswechselbare Teil der Sicherung. Die hier besprochenen SEV-Regeln befassen sich also, wie schon der Titel aussagt, nur mit dem Schmelzeinsatz.

Viel verwendet, in den SEV-Regeln aber nicht definiert, wird der Begriff *Schmelzeinsatz-Typ*. Da sich dieser Begriff als sehr nützlich erweist und auch hier häufig gebraucht wird, sei die Definition nachgeholt. Unter Typ eines Schmelzeinsatzes versteht man eine Ausführung von bestimmten Abmessungen, von bestimmtem Nennstrom, von bestimmtem Trägheitsgrad und von bestimmtem Schaltvermögen. Diese vier Kriterien sind somit von besonderer Wichtigkeit. Es ist deshalb gerechtfertigt, sie gesondert zu betrachten.

Abmessungen. Die Schweiz hat die CEI-Abmessungen des 5 mm × 20 mm-Einsatzes ohne Änderung übernommen. In *Figur 1* sind seine verbindlichen

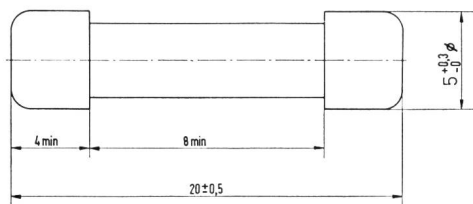


Fig. 1

Abmessungen des Schmelzeinsatzes 5 mm × 20 mm
Dimensions de la cartouche miniature 5 mm × 20 mm

Abmessungen eingetragen. Beim 6,3 mm × 32 mm-Schmelzeinsatz stehen die endgültigen Abmessungen, wie übrigens weitere charakteristische Daten, noch nicht fest.

Nennstrom; Schmelzstrom. Unter dem *Nennstrom* (Symbol I_n) wird derjenige Strom verstanden, für den ein Schmelzeinsatz bemessen und nach dem er benannt ist und den er dauernd aushält. Diese letzte Eigenschaft ist von besonderer Bedeutung. Alle Apparatesicherungen, übrigens auch alle in den Licht- und Kraftnetzen 220/380 V verwendeten Niederspannungssicherungen, sind durch den Nennstrom gekennzeichnet. Diese Bezeichnungsweise hat sich allgemein durchgesetzt und ist zur Norm geworden. Ausnahmen bestehen einzig noch bei gewissen Telephoniesicherungen, die aus historischen Gründen teilweise noch durch den *Schmelzstrom* (Symbol I_s) gekennzeichnet sind. Dieser Begriff enthält bereits die Aussage, dass der Schmelzstrom jener Strom ist, den ein Schmelzeinsatz innerhalb einer vorgeschriebenen Zeit abschaltet. Eine 1-A-Telephoniesicherung, etwa die bekannte Röhrensicherung von 3 cm Länge,

circuit, qui sert à recevoir la cartouche et à raccorder les conducteurs extérieurs. La *cartouche* est la partie amovible du coupe-circuit. Les Règles ASE en cause ont donc pour objet exclusivement la cartouche, ce qui d'ailleurs ressort du titre.

L'expression *type de cartouche* n'est pas définie dans les Règles ASE. Etant donné que cette expression est très utile et reviendra à plusieurs reprises dans cet article, nous en donnons la définition ici.

Par type de cartouche, on entend une exécution de cartouche de dimensions, de courant nominal, de degré de rapidité de fusion et de pouvoir de coupure donnés. Ces quatre critères sont d'une importance capitale. Il n'est donc pas inutile de les considérer spécialement.

Dimensions. La Suisse a repris, sans modification, les dimensions des cartouches fixées par la CEI, soit 5 mm × 20 mm. La *figure 1* représente le détail des dimensions exigées. En ce qui concerne la cartouche 6,3 mm × 32 mm, les dimensions définitives ainsi que d'autres caractéristiques ne sont pas encore établies.

Courant nominal; courant de fusion. Le *courant nominal* (symbole I_n) est le courant pour lequel la cartouche est dimensionnée et selon lequel elle est désignée et qu'elle est capable de supporter en permanence. Cette dernière propriété est d'une importance particulière. Toutes les cartouches fusibles à basse tension utilisées dans les réseaux lumière et de force 220/380 V, sont désignées par leur courant nominal. Cette façon de caractériser les fusibles s'est répandue partout et est devenue une norme. Une exception subsiste seulement pour certaines cartouches fusibles employées en téléphonie qui, pour des raisons historiques, sont encore désignées par leur *courant de fusion* (symbole I_s). Comme son nom le fait supposer, le courant de fusion est le courant qui coupe le circuit de la cartouche fusible dans les limites de durée prescrites. Par exemple, le fusible tubulaire de 3 cm de long et de 1 A, bien connu en téléphonie, interrompt le courant de 1 A dans l'espace de 10 à 100 secondes; une cartouche de 1 A pour protection d'appareils, par contre, supporte le même courant de 1 A en permanence. Nous avons déjà cité ce manque d'uniformité dans la désignation des cartouches fusibles [7]. Il est heureux, dans cet ordre d'idée, de noter la tendance à désigner tous les fusibles utilisés dans l'entreprise des PTT par leur courant nominal.

L'échelle des courants nominaux. Les courants nominaux sont rangés suivant l'échelle R 10 dite de Renard, adoptée comme norme internationale. Il s'agit d'une suite géométrique de 10 valeurs par decade répondant à la relation

$$z_n = \sqrt[n]{10} \text{ dans laquelle } n = 1, 2, 3, \dots$$

Le rapport de deux valeurs qui se suivent est:

$$\frac{z_{n+1}}{z_n} = \sqrt[10]{10} = 1,259$$

spricht bei einem Strom von 1 Ampère etwa innerhalb 10...100 Sekunden an; ein 1-A-Schmelzeinsatz zu einer Apparateschutz-Sicherung hält dagegen diesen Strom dauernd aus. Wir haben auf diese Uneinheitlichkeit in der Bezeichnung von Schmelzeinsätzen bereits früher schon hingewiesen [7]. Erfreulicherweise sind jetzt Bestrebungen im Gange, alle in den PTT-Betrieben verwendeten Sicherungen und Schmelzeinsätze einheitlich nach ihrem Nennstrom zu bezeichnen.

Nennstromreihe. Die Nennströme sind nach der international genormten, sogenannten *Renard-Reihe* R 10 abgestuft. Es ist dies eine geometrische Reihe mit 10 Werten je Dekade gemäss der Beziehung:

$$z_n = \sqrt[10]{10^n} \text{ mit } n = 1, 2, 3, \dots$$

Das Verhältnis zweier benachbarter Werte ist

$$\frac{z_{n+1}}{z_n} = \sqrt[10]{10} = 1,259$$

Jeder höhere Wert ergibt sich somit aus dem vorhergehenden durch Multiplikation mit dieser Verhältniszahl. Durch Rundung hat man für die Reihe R 10 folgende Werte einschliesslich ihrer dekadischen Vielfachen festgelegt:

1,0 – 1,25 – 1,6 – 2,0 – 2,5 – 3,15 – 4,0 – 5,0 – 6,3 – 8,0 – 10...

Zwischenwerte sind nach der doppelt so feinen Reihe R 20 zu wählen [8], doch bietet eine derart feine Abstufung der Nennströme wegen der Breite der Streubänder praktisch keinen Vorteil mehr.

Die nun in der Schweiz genormten Einsätze 5 mm × 20 mm zu Apparateschutz-Sicherungen haben Nennströme von 32 mA an aufwärts bis zu 2 A, während für Einsätze 6,3 mm × 32 mm Nennströme bis über 10 A hinaus vorgesehen sind.

Nennspannung. Schmelzeinsätze der Abmessungen 5 mm × 20 mm sind für eine Nennwechselspannung von 250 V bemessen. Für die Einsätze 6,3 mm × 32 mm können voraussichtlich höhere Nennspannungen zugelassen werden, wenigstens für solche mit Nennströmen kleiner als oder gleich 1 A.

Bei der Festlegung der Nennspannung musste das Schaltvermögen, das weiter unten noch zur Sprache kommt, berücksichtigt werden. Für einen bestimmten Schmelzeinsatz-Typ nimmt es aus leicht verständlichen Gründen im allgemeinen ab, wenn die Spannung des Stromkreises, in dem die Sicherung liegt, erhöht wird. Sorgt man umgekehrt dafür, dass der maximal auftretende Kurzschlussstrom unter dem durch das Schaltvermögen begrenzten Strom liegt, so können Schmelzeinsätze auch für Spannungen, die höher sind als die Nennspannung, verwendet werden. Aus sicherheitstechnischen Gründen muss jedoch dieses Vorgehen auf Schmelzeinsätze beschränkt bleiben, die entsprechend dem Geltungsbereich der SEV-Regeln Nr. 3006 [1] eingesetzt werden, das heisst nur zum Apparateschutz und nicht zum Leitungsschutz dienen.

Une valeur supérieure est trouvée par multiplication de la valeur qui la précède avec le rapport ci-dessus. En arrondissant les valeurs ainsi calculées, on a établi, pour l'échelle R 10, les valeurs suivantes, y compris les multiples et sous-multiples décimaux:

1,0 – 1,25 – 1,6 – 2,0 – 2,5 – 3,15 – 4,0 – 5,0 – 6,3 – 8,0 – 10...

L'échelle R 20 [8], avec ses valeurs intermédiaires, offre le double de possibilités; cette échelle n'a toutefois pas d'avantages pratiques, étant donné que les bandes de dispersion de ces valeurs se recouvrent.

Les cartouches 5 mm × 20 mm pour la protection d'appareils, normalisées en Suisse, accusent des courants nominaux partant de 32 mA et allant jusqu'à 2 A, tandis que les cartouches 6,3 mm × 32 mm sont construites pour des courants nominaux atteignant 10 A et plus.

Tension nominale. Les cartouches de dimensions 5 mm × 20 mm sont conçues pour une tension alternative nominale de 250 V. Pour les cartouches 6,3 mm × 32 mm, on pourra probablement admettre des tensions plus hautes, au moins pour celles de courant nominal de 1 A ou moins.

Pour déterminer la tension nominale, il faut tenir compte du pouvoir de coupure, notion que nous considérerons plus loin. Pour des raisons faciles à comprendre, le pouvoir de coupure d'un type de cartouche donné diminue, en général, lorsque la tension du circuit dans lequel la cartouche est insérée augmente. Au contraire, si l'on a soin de limiter le courant maximum de court-circuit à une valeur inférieure au courant correspondant au pouvoir de coupure, il est possible d'utiliser les cartouches pour des tensions plus hautes que la tension nominale. Néanmoins, pour des raisons de sécurité, on ne peut tolérer ces tensions élevées que pour les cartouches touchant au domaine d'application spécifié par les Règles ASE n° 3006 [1] c'est-à-dire concernant la protection d'appareils et non pas la protection de lignes.

Degré de rapidité. Le degré de rapidité caractérise la durée qui s'écoule entre l'enclenchement du courant devant produire la fusion du fil fusible et le début de l'arc dans la cartouche. On distingue principalement quatre degrés de rapidité:

fusion super-rapide,	désignation	FF
fusion rapide	»	F
fusion temporisée	»	T
fusion supertemporisée	»	TT

En Suisse, on a déjà normalisé les cartouches 5 mm × 20 mm à fusion rapide et temporisée. La dénomination «temporisé» correspond à la «temporisation moyenne» employée jusqu'à maintenant dans plusieurs pays; cette dernière dénomination a disparu des nouvelles normes internationales. D'autre part, la dénomination «supertemporisé» n'est en aucun cas identique à celle de «temporisé», dénomination employée jusqu'à aujourd'hui et dont la signification a changé.

Trägheitsgrad. Der Trägheitsgrad ist eine Kennzeichnung für das unterschiedliche zeitliche Verhalten zwischen dem Einschalten eines zum Schmelzen führenden Stromes bis zum Beginn des Lichtbogens im Schmelzeinsatz. Man unterscheidet heute hauptsächlich folgende vier Trägheitsgrade:

überflink,	Kennzeichen	FF
flink,	»	F
träg,	»	T
überträg,	»	TT

Gegenwärtig sind in der Schweiz bereits flinke und träge Einsätze 5 mm × 20 mm genormt. Die Bezeichnung «träg» entspricht der bisher in einigen Ländern verwendeten Bezeichnung «mittelträg»; diese ist aber in den neuen internationalen Normen nicht mehr enthalten. Die Bezeichnung «über-» oder «superträg» stimmt dagegen in keinem Fall mit der bisherigen Bezeichnung «träg» überein.

Schmelzcharakteristik. Eng verbunden mit dem Trägheitsgrad ist die Schmelzcharakteristik. Sie ist geometrisch die Kurve (nicht das Streuband), die den funktionellen Zusammenhang zwischen Schmelzstrom und Schmelzzeit darstellt. Sowohl in der CEI-Empfehlung als auch in den SEV-Regeln sind im allgemeinen die minimal und maximal zulässigen Schmelzzeiten für bestimmte Vielfache der Nennströme I_n festgelegt. Beispielsweise wurden für flinke und träge Schmelzeinsätze 5 mm × 20 mm die folgenden Vielfachen gewählt:

1,2 · I_n 1,5 · I_n 2,1 · I_n 2,75 · I_n 4 · I_n 10 · I_n

Caractéristique de fusion. La caractéristique de fusion est liée intimement au degré de rapidité. Il s'agit de la courbe géométrique (non pas la bande de dispersion) qui représente les valeurs du courant de fusion en fonction de la durée de fusion. Les Recommandations CEI et les Règles ASE fixent, en général, les temps minima et maxima admissibles de fusion en fonction de courants égaux à des multiples du courant nominal I_n . Par exemple, les multiples suivants furent choisis pour les cartouches à fusion rapide et temporisée:

1,2 · I_n 1,5 · I_n 2,1 · I_n 2,75 · I_n 4 · I_n 10 · I_n

On a représenté dans le *tableau I* les temps de fusion des cartouches 5 mm × 20 mm de faible pouvoir de coupure. On remarque que, pour les valeurs au-dessus de 2,75 · I_n , les temps de fusion sont dépendants du courant nominal. Les cartouches du type 0,1 A ou au-dessous sont plus rapides que celles du type au-dessus de 0,1 A. On a préféré tenir compte de ce comportement et ne pas étaler ces temps de coupure minima et maxima d'une façon telle que la plage de dispersion élargie comprenne tous les courants nominaux des différents types de cartouches.

Pouvoir de coupure. On ne peut définir cette notion d'une façon simple et compréhensible. Voici la définition d'après les Règles ASE: le pouvoir de coupure est caractérisé par le courant le plus intense, dans une étendue de surintensité qui suit sans intervalle le courant nominal, et qu'un type de cartouche coupe

Tabelle I

Tableau I

Genormte Schmelzzeiten für flinke und träge Schmelzeinsätze 5 mm × 20 mm mit kleinem Schaltvermögen
Temps de fusion normalisés pour cartouches 5 mm × 20 mm de faible pouvoir de coupure

Überstrom Surintensité	Schmelzzeiten – Temps de fusion			
	Flinke Schmelzeinsätze Cartouche à fusion rapide		Träge Schmelzeinsätze Cartouche à fusion temporisée	
	32...100 mA	> 0,1...2 A	32...100 mA	> 0,1...2 A
10 · I_n	≤ 0,01 s	≤ 0,02 s	0,01...0,15 s	0,02...0,3 s
4 · I_n	0,003...0,1 s	0,01...0,3 s	0,04...1 s	0,15...2 s
2,75 · I_n	0,01...0,5 s	0,05...2 s	0,2...10 s	0,6...10 s
2,1 · I_n	≤ 30 min	≤ 30 min	≤ 2 min	≤ 2 min
1,5 · I_n ¹	≥ 1 h	≥ 1 h	≥ 1 h	≥ 1 h
1,2 · I_n ²	≥ 100 h	≥ 100 h	≥ 100 h	≥ 100 h
1,1 · I_n ³	—	—	> 1 h/70° C	> 1 h/70° C

¹ Die Bedingung, dass die Schmelzzeit bei 1,5fachem Nennstrom grösser als 1 Stunde betragen soll, gilt auch nach der Dauerprüfung (s. Fussnote 2).

La condition selon laquelle la durée de fusion, pour une surintensité de 1,5 × I_n , doit dépasser 1 heure, est également valable pour l'essai d'endurance (voir note 2).

² Der 1,2fache Nennstrom muss bei einer Dauerprüfung mit zyklischer Beanspruchung (100 Zyklen von je 1 h Belastung und ¼ Stunde Pause) ausgehalten werden.

Lors d'un essai d'endurance cyclique (100 cycles à 1 h de charge et ¼ h de pause chacun), la cartouche doit supporter une surintensité de 1,2 × I_n .

³ Träge (und auch überträge) Schmelzeinsätze müssen den 1,1fachen Überstrom bei 70° C Umgebungstemperatur mindestens während 1 Stunde aushalten.

Les cartouches à fusion temporisée (et également supertemporisée) doivent supporter une surintensité de 1,1 × I_n à une température ambiante de 70° C pendant au moins 1 heure.

In der *Tabelle I* sind die festgelegten Schmelzzeiten für flinke und träge Schmelzeinsätze 5 mm × 20 mm mit kleinem Schaltvermögen zusammengestellt. Vom 2,75fachen Nennstrom an aufwärts sind die Schmelzzeiten nennstromabhängig. Schmelzeinsatz-Typen für Nennströme von 0,1 A an abwärts sind flinker als Typen für Nennströme grösser als 0,1 A. Man hat vorgezogen, diese Unterscheidung zu spezifizieren und nicht einfach die Minimal- und Maximal-Schmelzzeiten so weit auseinanderzuziehen, dass das entsprechend verbreiterte Streuband für Schmelzeinsätze aller Nennströme gelten würde.

Schaltvermögen. Dieser Begriff widersetzt sich einer einfachen, leicht verständlichen Definition. In den SEV-Regeln lautet sie wie folgt: «Das Schaltvermögen ist gekennzeichnet durch den grössten Strom eines an den Nennstrom anschliessenden lückenlosen Überstrombereiches, den ein Schmelzeinsatz-Typ unter bestimmten Prüfbedingungen einwandfrei unterbricht.» Hierzu sind einige Erläuterungen notwendig. Als erstes ist zu beachten, dass sich hinter dem Adverb *einwandfrei* eine wichtige Bedingung versteckt. Sie besagt, wie ein Überstrom unterbrochen werden muss, damit die Abschaltung als korrekt betrachtet werden kann. Folgende Voraussetzungen müssen dabei erfüllt sein: Der Schmelzeinsatz darf nicht bersten («explodieren»); es darf keine Entflammung stattfinden; die Kappen dürfen nicht mit dem Sicherungshalter verschmelzen, und es darf zwischen ihnen kein stehender Lichtbogen entstehen. Der zweite wichtige, in die Definition eingebaute Hinweis besagt, dass die einwandfreie Abschaltung innerhalb eines *Überstrombereiches* stattfinden muss. Dieser beginnt beim Nennstrom, das heisst praktisch beim kleinsten Schmelzstrom, und endet beim maximal zulässigen, dem Schaltvermögen entsprechenden Strom. Diese Bedingung musste deshalb aufgenommen werden, weil man gefunden hat, dass ein bestimmter Schmelzeinsatz-Typ beispielsweise in der Lage ist, einen hundertmal grösseren Strom als den Nennstrom ordnungsgemäss abzuschalten, nicht jedoch unbedingt einen Strom, der zwischen dem Zehn- bis Hundertfachen des Nennstromes liegt. Es wäre natürlich nicht richtig, das Schaltvermögen einzig auf den grösstmöglichen Strom zu beziehen und die Tatsache zu verschweigen, dass die geforderten Abschaltbedingungen in einem darunterliegenden Strombereich möglicherweise nicht erfüllt wären. Auf die vielen Faktoren, die das Schaltvermögen bestimmen, kann hier nicht eingegangen werden, sondern es muss auf die Fachliteratur verwiesen werden [9, 10].

Wegen der schon mehrfach erwähnten Kollisionsgefahr hätte man gerne sowohl bei der internationalen als auch der nationalen Normung die Verwechselbarkeit von Schmelzeinsätzen 5 mm × 20 mm mit kleinem und grossem Schaltvermögen verunmöglicht. Leider existieren aber bereits beide Typen, ohne sich in den äusseren Abmessungen zu unterscheiden. Um das Schaltvermögen in logischer Weise zu kennzeichnen, ist festgelegt worden, dass die Schmelzleiter von Ein-

impeccablement dans des conditions d'essai déterminées. Il faut noter tout d'abord que l'expression «*impeccablement*» cache une exigence importante. En effet, le courant de surintensité doit être coupé correctement, c'est-à-dire d'une façon bien déterminée. Les conditions de coupure suivantes doivent être remplies:

La cartouche ne doit pas éclater («exploder») et aucune inflammation ne doit se produire; les capsules ne doivent pas se souder avec le socle et aucun arc ne doit s'amorcer entre ces pièces.

La deuxième condition, exprimée dans la définition, dit que la coupure doit se produire dans une *étendue (limites) de surintensité*. La limite inférieure de cette étendue correspond au plus faible courant de fusion tandis que la limite supérieure correspond au courant de coupure maximum admissible pour le pouvoir de coupure de la cartouche considérée. Cette condition a dû être fixée par les normes, car il se peut qu'une cartouche d'un certain type ait le pouvoir de couper impeccablement un courant, par exemple 100 fois plus fort que le courant nominal, tandis qu'elle est peut-être incapable de couper convenablement un courant égal à 10 jusqu'à 100 fois le courant nominal. Il ne serait naturellement pas logique d'admettre un courant de coupure le plus fort possible pour un pouvoir de coupure donné et omettre d'indiquer que, pour des courants plus faibles, les prescriptions de coupure ne sont éventuellement pas remplies. On ne peut ici parler de tous les facteurs influençant le pouvoir de coupure. Nous renvoyons le lecteur aux ouvrages traitant de ce sujet [9, 10].

Pour exclure tout malentendu, on aurait bien voulu éviter, sur le plan national autant qu'international, l'interchangeabilité des cartouches 5 mm × 20 mm de pouvoir de coupure différent. Malheureusement, ces deux types, de mêmes dimensions, existent déjà. Pour les différencier tout de même, on a spécifié ce qui suit:

Le conducteur fusible d'une cartouche de faible pouvoir de coupure est logé dans un tube en verre transparent, tandis que le conducteur fusible d'une cartouche à fort pouvoir de coupure ne doit pas être visible (corps en céramique, par exemple; dans ce cas, le tube forme en même temps une chambre d'extinction de l'arc).

Les cartouches destinées à la protection d'appareils ne présentent qu'un faible pouvoir de coupure. Elles ne sont aptes à couper qu'un courant de 35 A ($\cos \varphi = 0,7 \dots 0,8$) à la tension de 275 V $\sim (1,1 \times$ la tension nominale). Les cartouches à pouvoir de coupure élevé (1500 A) sont soumises aux Règles ASE, publication n° 153 [4].

Résistance et chute de tension. On doit parfois tenir compte, dans des circuits à faible résistance ohmique, de la résistance et de la chute de tension provoquée par des cartouches à fusion rapide et à faible courant nominal. La résistance interne relativement élevée

sätzen mit kleinem Schaltvermögen sichtbar sein müssen (Einsätze mit Glasrohr), bei solchen mit grossem Schaltvermögen jedoch nicht sichtbar sein dürfen (beispielsweise Einsätze mit Keramikrohr; der Schmelzleiter ist dann zugleich in einem Löschmittel eingebettet).

Schmelzeinsätze zu Apparateschutz-Sicherungen weisen nur ein kleines Schaltvermögen auf. Sie müssen bei 275 V~, das heisst bei 1,1facher Nennspannung, und einem $\cos \varphi = 0,7 \dots 0,8$ einen maximalen Strom von 35 A abschalten können. Schmelzeinsätze mit grossem Schaltvermögen (1500 A) werden durch die SEV-Publikation Nr. 153 erfasst [4].

Widerstand und Spannungsabfall. In niederohmigen Stromkreisen muss der Spannungsabfall von flinken Schmelzeinsätzen mit kleinen Nennströmen unter Umständen in Rechnung gestellt werden. Der verhältnismässig grosse innere Widerstand derartiger Schmelzeinsätze ist durch die verlangten thermischen Eigenschaften des Schmelzleiters bedingt. Der Widerstand des frei gespannten Drahtes eines flinken Schmelzeinsatzes erreicht kurz vor dem Schmelzen das Mehrfache seines Kaltwiderstandes. Träge Schmelzeinsätze haben wegen ihres anders gearteten, stärkeren Schmelzleiters einen bedeutend niedrigeren Widerstand, der zudem wegen der tieferen Arbeitstemperatur nicht so stark ansteigt.

Aus praktischen Gründen sind sowohl in den CEI-Empfehlungen als auch in den SEV-Regeln nicht die Innenwiderstände, sondern die Spannungsabfälle bei Nennstrom angegeben. Die Prüfung des Spannungsabfalls wird ebenfalls mit Nennstrom durchgeführt.

Die Verlustleistung von flinken Schmelzeinsätzen 5 mm × 20 mm beträgt höchstens ½ Watt. Bei trägen Einsätzen muss mit einem Maximalwert von etwa ⅓ Watt gerechnet werden. Als Beispiel sei der maximal zulässige Spannungsabfall einiger viel verwendeter 5 mm × 20 mm-Einsätze angegeben (s. Tab. II).

Tabelle II

Maximal zulässiger Spannungsabfall von Schmelzeinsätzen zu Apparateschutz-Sicherungen 5 mm × 20 mm

Nennstrom	Spannungsabfall	
	flink	träge
32 mA	10,0 V	5,0 V
50	7,0	3,5
100	3,5	2,5
200	1,7	1,2
400	1,2	1,0
500	1,0	0,6
630	0,65	0,3
800	0,24	0,25
1 A	0,20	0,15
2	0,15	0,15

Kennzeichnung der Schmelzeinsätze. Für den Verbraucher ist eine verständliche Kennzeichnung wichtig. Verlangt wird, dass auf den Einsätzen, in Über-

de solcher cartouches provient des exigences thermiques auxquelles doit répondre le conducteur fusible. La résistance du conducteur fusible d'une cartouche à fusion augmente, juste avant la fusion, de plusieurs fois la résistance à l'état froid. Le conducteur fusible d'une cartouche à fusion temporisée, plus gros et d'une composition différente, se comporte autrement: sa résistance est bien plus faible et, grâce à la basse température de travail, elle n'augmente que de peu.

Pour des raisons pratiques, les recommandations CEI et les Règles ASE n'indiquent pas la résistance interne des cartouches, mais bien leur chute de tension pour le courant nominal. La vérification de la chute de tension est basée également sur le courant nominal.

La puissance dissipée par les cartouches 5 mm × 20 mm à fusion rapide atteint ½ watt au plus. Il faut compter ⅓ de watt au maximum pour les cartouches à fusion temporisée. Le tableau II montre des exemples de chutes de tension admissibles de quelques cartouches 5 mm × 20 mm les plus utilisées.

Tableau II

Chute de tension maximum admissible pour cartouches miniatures 5 mm × 20 mm utilisées pour la protection d'appareils

Courant nominal	Chute de tension	
	fusion rapide	fusion temporisée
32 mA	10,0 V	5,0 V
50	7,0	3,5
100	3,5	2,5
200	1,7	1,2
400	1,2	1,0
500	1,0	0,6
630	0,65	0,3
800	0,24	0,25
1 A	0,20	0,15
2	0,15	0,15

Inscriptions sur les cartouches. Il est très important, pour l'utilisateur, que les cartouches portent une inscription claire. Conformément à leurs propriétés, les cartouches doivent porter bien visiblement et d'une façon durable les inscriptions suivantes:

- courant nominal en mA pour les courants inférieurs à 1 A ou en A pour les courants de 1 A ou plus;
- tension nominale en V;
- nom du fabricant, marque de fabrique ou marque commerciale;
- symbole du degré de rapidité; si cette indication manque, il s'agit de cartouches à fusion rapide.

Le pouvoir de coupure n'est pas indiqué; seule la construction (conducteur fusible visible ou non) indique s'il s'agit d'une cartouche à faible ou à fort pouvoir de coupure.

einstimmung mit ihren Eigenschaften, folgende Aufschriften gut sichtbar und dauerhaft angebracht sein müssen:

- a) Nennstrom in mA für Ströme unter 1 A und in A für Ströme von 1 A an aufwärts.
- b) Nennspannung in V.
- c) Name des Herstellers, Fabrikmarke oder Handelsmarke.
- d) Symbol für den Trägheitsgrad; falls kein diesbezügliches Kennzeichen angebracht ist, handelt es sich um einen flinken Schmelzeinsatz.

Das Schaltvermögen wird somit nicht angegeben; lediglich aus der Bauweise (Schmelzleiter sichtbar oder nicht sichtbar) kann geschlossen werden, ob es sich um einen Schmelzeinsatz für kleines beziehungsweise grosses Schaltvermögen handelt.

Prüfvorschriften. Es würde den Rahmen dieser Veröffentlichung sprengen, wenn die in den SEV-Regeln festgelegten Prüfbestimmungen vollinhaltlich aufgenommen und kommentiert würden. Mit der nachfolgenden, summarischen Aufzählung soll nur gezeigt werden, welchen Forderungen Schmelzeinsätze zu Apparateschutz-Sicherungen genügen müssen. Die Typenprüfung nach SEV umfasst folgende Punkte:

- Prüfung der Aufschriften bezüglich Vollständigkeit, Lesbarkeit und Dauerhaftigkeit.
- Prüfung der Abmessungen.
- Prüfung der Konstruktion, besonders der Sicherungskappen, die vor Korrosion geschützt und genau zentriert sein müssen sowie auch nach Feuchtigkeitseinfluss genügend fest haften müssen.
- Prüfung des Spannungsabfalls.
- Prüfung der Schmelzcharakteristik, einschliesslich einer Dauerprüfung und, bei trägen und überträgen Schmelzeinsätzen, des Temperaturverhaltens (vgl. Tabelle I einschliesslich der zugehörigen Fussnoten).
- Prüfung des Schaltvermögens.

Gewisse Ausfälle sind zugelassen. Erfüllt beispielsweise einer von drei Schmelzeinsätzen, die zur Prüfung der Charakteristik mit einem bestimmten Überstrom belastet werden, die entsprechende Bedingung nicht, so wird die Prüfung mit sechs weiteren Einsätzen wiederholt, wobei dann kein Schmelzeinsatz ausfallen darf. Etwas vereinfacht und deshalb nicht völlig verbindlich ausgedrückt heisst dies, dass zum Beispiel bei einem bestimmten Überstrom ein Neuntel der Einsätze ausserhalb des durch die Anforderungen festgelegten Streubandes liegen dürfen; immerhin darf dann bei den anderen Prüfüberströmen kein Ausfall stattfinden. Somit ist gewährleistet, dass bei einem bestimmten Schmelzeinsatz-Typ die Zahl der Ausreisser in engen Grenzen bleibt. Quantitative Angaben hierüber finden sich im folgenden Abschnitt.

5. Ergebnisse von Schmelzzeituntersuchungen an Schmelzeinsätzen 5 mm × 20 mm

Problemstellung. Zur zahlenmässigen Festlegung von Schmelzcharakteristiken werden im allgemeinen für bestimmte Überströme die Minimal- und Maxi-

Prescriptions d'essai. Reproduire et commenter ici toutes les prescriptions d'essai fixées par les Règles ASE sortirait du cadre de notre article. Nous nous bornerons à indiquer les performances auxquelles doivent suffire les cartouches destinées à la protection d'appareils. L'épreuve de type, d'après ASE, comprend les points suivants:

- Contrôle des inscriptions: elles doivent être complètes, lisibles et durables.
- Contrôle des dimensions.
- Contrôle de la construction, surtout celle des capsules qui doivent être protégées de la corrosion et centrées exactement. Les capsules doivent être rigidement fixées même après avoir subi l'influence de l'humidité.
- Contrôle de la chute de tension.
- Contrôle de la caractéristique de fusion, y compris un contrôle d'endurance. Pour les cartouches à fusion temporisée et supertemporisée, un contrôle de l'influence de la température est nécessaire. (Voir tableau I et ses notes.)
- Contrôle du pouvoir de coupure.

Certaines défaillances sont tolérées. Si, par exemple, une cartouche sur trois ne suffit pas aux conditions requises lors du contrôle de la caractéristique avec une certaine surintensité de courant, on répète l'essai avec six autres cartouches. Pour ce deuxième essai, aucune défaillance n'est alors tolérée.

On peut dire, d'une façon simplifiée, donc non rigoureusement exacte: pour une certaine surintensité, seulement 1/9 des cartouches peuvent présenter des résultats hors des limites de dispersion requises; néanmoins, lors des essais avec les autres courants de surintensité, aucune défaillance n'est tolérée. Par ce procédé, le taux des défaillances, pour un type de cartouche donné, est circonscrit dans d'étroites limites. Vous trouverez, au chapitre suivant, des indications quantitatives à ce sujet.

5. Résultats des essais de fusion de cartouches 5 mm × 20 mm

Donnée du problème. Pour trouver numériquement les caractéristiques de fusion d'un certain type de cartouche, on fixe tout d'abord les temps de fusion maxima et minima pour des surintensités données et dans les limites desquelles les cartouches d'un certain type doivent fonctionner. Pratiquement, pour de faibles surintensités, on prescrit souvent le temps minimum et, pour de fortes surintensités, le temps maximum. Les caractéristiques de fusion de cartouches destinées à la protection d'appareils sont définies, comme on l'a vu, dans les Règles ASE (voir tableau I). Il est clair que l'on doit offrir au fabricant de cartouches des tolérances assez larges; les propriétés d'un conducteur fusible ne peuvent, par exemple, être changées à volonté.

L'utilisateur s'intéresse aux temps de fusion effectifs et à leur tolérance. C'est pourquoi nous avons

malzeiten angegeben, innerhalb denen Schmelzeinsätze eines bestimmten Typs ansprechen müssen, das heisst es werden «Stromtore» festgelegt. Für kleine Überströme wird jedoch häufig nur eine einzuhaltende Minimalzeit, für grosse Überströme eine Maximalzeit festgelegt.

Die Schmelzcharakteristiken von Einsätzen zu Apparatesicherungen sind in den SEV-Regeln in der soeben besprochenen Weise definiert (s. Tabelle I). Es ist klar, dass dabei den Herstellern von Schmelzeinsätzen ein gewisser Spielraum zugestanden werden muss, da zum Beispiel die Eigenschaften der Schmelzleiterwerkstoffe nicht beliebig variiert werden können.

Für den Verbraucher sind in erster Linie die effektiven Schmelzzeiten und ihre Streuung von Interesse. Wir bestimmten deshalb die mittleren Charakteristiken und die zugehörigen Streubänder für die wichtigsten Schmelzeinsatz-Typen 5 mm × 20 mm, die von unserer schweizerischen Herstellerfirma seit ungefähr zwei Jahren gemäss den CEI-Spezifikationen und somit auch gemäss den SEV-Regeln hergestellt werden. Analoge Untersuchungen an Schmelzeinsätzen 6,3 mm × 32 mm wären verfrüht, da ihre Charakteristiken noch nicht endgültig vorliegen.

Messwerte. Die benötigten, aus laufenden Fabrikationskontrollen stammenden Messwerte wurden uns zur Verfügung gestellt. Es handelt sich um Schmelzzeiten, die bei Wechselstrombeanspruchung von 50 Hz bestimmt wurden. Die wiederkehrende Spannung lag, je nach Nennstrom der Einsätze, zwischen 20 und 50 V. Wir fassten die Schmelzeinsätze, entsprechend ihren Nenncharakteristiken, in die folgenden drei Gruppen zusammen:

1. Gruppe: flinke Schmelzeinsätze 5 mm × 20 mm mit Nennströmen $> 0,1 \text{ A} \dots 2 \text{ A}$, im besonderen die Werte 150 mA, 200 mA, 315 mA, 400 mA, 500 mA, 630 mA, 1 A, 1,5 A (kein genormter Wert), 1,6 A, 2 A.
2. Gruppe: träge Schmelzeinsätze 5 mm × 20 mm mit Nennströmen $\leq 100 \text{ mA}$, im besonderen die Werte 40 mA, 50 mA, 63 mA, 100 mA.
3. Gruppe: träge Schmelzeinsätze 5 mm × 20 mm mit Nennströmen $> 0,1 \text{ A} \dots 2 \text{ A}$, im besonderen die Werte 125 mA, 160 mA, 200 mA, 250 mA, 315 mA, 400 mA, 500 mA, 630 mA, 800 mA, 1 A, 1,25 A, 1,6 A, 2 A.

In jeder Gruppe verwendeten wir je Typ gleichviele Schmelzzeitwerte. Die Auswertungen liefern somit die durchschnittlichen Schmelzzeiten aller Typen der letzten zwei Jahre mit gleicher Nenncharakteristik.

Verarbeitung der Daten. Die grosse Zahl der zu verarbeitenden Daten (rund 2000 Schmelzzeiten) bedingte die Anwendung statistischer Methoden. Die Mittelwerte der Schmelzzeiten sowie die Streubanden ermittelten wir graphisch auf Wahrscheinlichkeitspapier. Dabei fanden wir, dass die Schmelzzeiten, hauptsächlich bei kleinen Vielfachen des Nennstromes, nicht einer *Gauss'schen* Verteilung (Normal-

fixé, pour les types de cartouches 5 mm × 20 mm les plus importants, les caractéristiques moyennes et les bandes de dispersion correspondantes. Les types de cartouches choisis sont fabriqués depuis à peu près deux ans selon les normes CEI et ASE par notre fabricant suisse. Il est trop tôt pour effectuer des essais analogues avec des cartouches 6,3 mm × 32 mm, leurs caractéristiques n'ayant pas encore été fixées définitivement.

Valeurs mesurées. Les valeurs mesurées proviennent de contrôles de fabrication en cours. Les temps de fusion ont été mesurés en faisant passer un courant alternatif à 50 Hz dans le fusible. La tension de rétablissement atteint de 20 à 50 V suivant le courant nominal des cartouches. Nous avons subdivisé le lot d'échantillons en trois groupes en tenant compte de leurs caractéristiques nominales:

- 1^{er} groupe: cartouche 5 mm × 20 mm à fusion rapide et à courants nominaux suivants:
 $> 0,1 \text{ A} \dots 2 \text{ A}$, particulièrement les valeurs de 150 mA, 200 mA, 315 mA, 400 mA, 500 mA, 630 mA, 1 A, 1,5 A (valeur non normalisée), 1,6 A, 2 A.
- 2^e groupe: cartouches 5 mm × 20 mm à fusion temporisée et à courants nominaux suivants:
 $\leq 100 \text{ mA}$, particulièrement les valeurs de 40 mA, 50 mA, 63 mA, 100 mA.
- 3^e groupe: cartouches 5 mm × 20 mm à fusion temporisée et à courants nominaux suivants:
 $> 0,1 \text{ A} \dots 2 \text{ A}$, particulièrement les valeurs de 125 mA, 160 mA, 200 mA, 250 mA, 315 mA, 400 mA, 500 mA, 630 mA, 800 mA, 1 A, 1,25 A, 1,6 A, 2 A.

Pour chaque groupe et pour chaque type de cartouche, nous avons utilisé le même nombre de temps de fusion. Le résultat donne donc le temps de fusion moyen de tous les types de cartouches fabriqués depuis 2 ans et de mêmes caractéristiques nominales.

Interprétation des résultats. Le grand nombre des valeurs mesurées à disposition, soit à peu près 2000 temps de fusion, nous obligea, pour l'interprétation des résultats, à avoir recours à des méthodes statistiques. Nous avons utilisé le procédé graphique, grâce à des feuilles destinées à l'étude des probabilités, pour obtenir les valeurs moyennes des temps de fusion

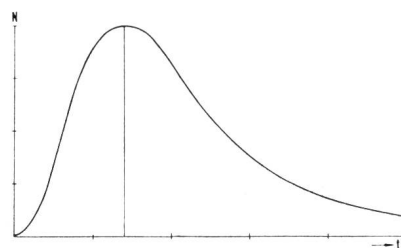
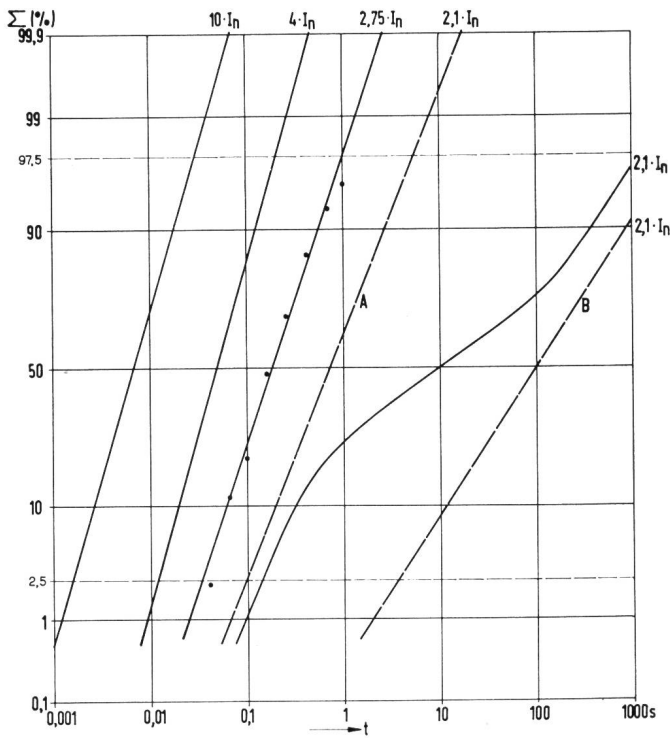


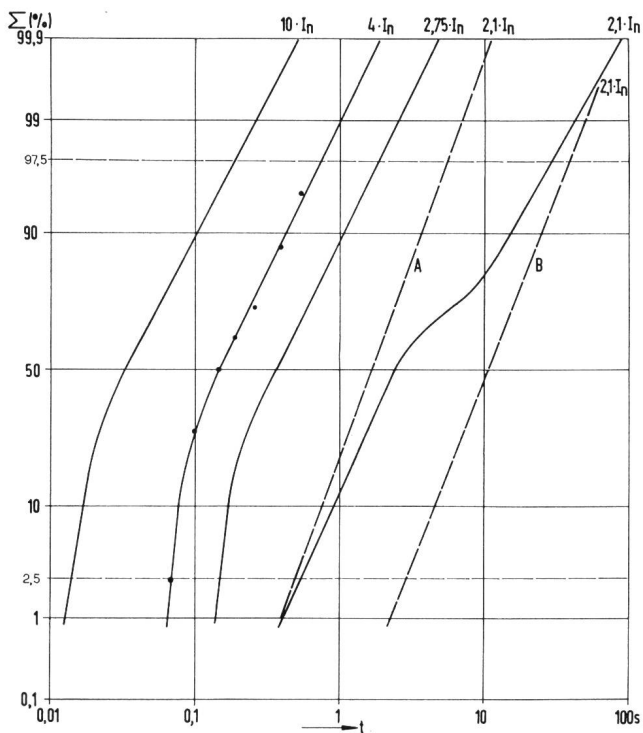
Fig. 2

Logarithmisch-normale Häufigkeitsverteilung der Schmelzzeiten t

Répartition des fréquences logarithmique normale des temps de fusion t

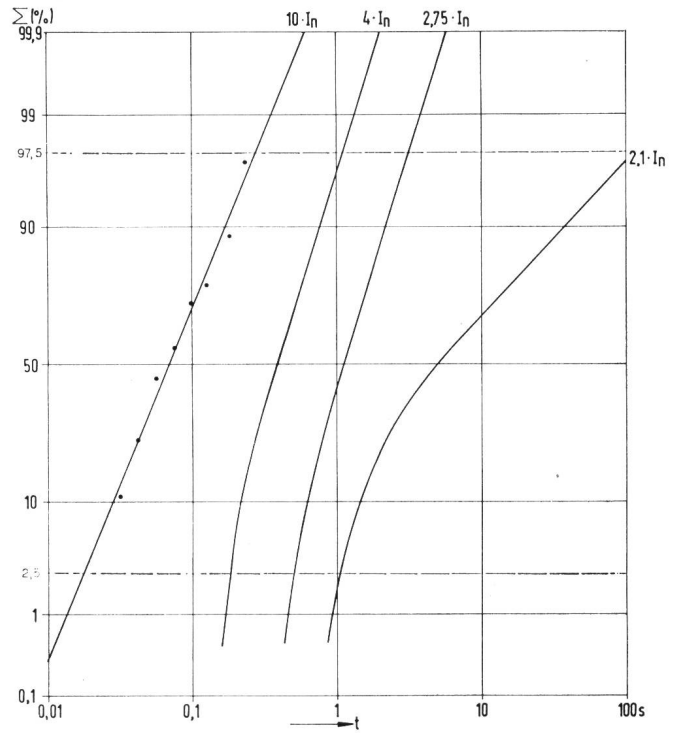


a)



b)

verteilung) folgen. Die Verteilung ist vielmehr asymmetrisch und zwar zugunsten der langen Schmelzzeiten. In vielen Fällen ist jedoch die Verteilung logarithmisch-normal. In *Figure 2* ist eine derartige Verteilung veranschaulicht, wobei t die Schmelzzeit, N die Häufigkeit der Schmelzeinsätze, die eine bestimmte Schmelzzeit aufweisen, bedeuten. Die asymmetrische Verteilung ist physikalisch bedingt und hängt mit den komplexen Vorgängen beim Schmelzen mit kleinen Überströmen zusammen [9].



c)

Fig. 3

Summenhäufigkeit der Schmelzzeiten bei verschiedenen Vielfachen des Nennstromes I_n , gültig für Schmelzeinsätze $5 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$

- a) 1. Gruppe: flink, Nennströme $> 0,1 \text{ A} \dots 2 \text{ A}$
- b) 2. Gruppe: trög, Nennströme $\leq 100 \text{ mA}$
- c) 3. Gruppe: trög, Nennströme $> 0,1 \dots 2 \text{ A}$

Fréquences des sommes des temps de fusion pour différents multiples du courant nominal, valables pour les cartouches miniatures de $5 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$

- a) 1^{er} groupe: fusion rapide, courants nominaux $> 0,1 \text{ A} \dots 2 \text{ A}$
- b) 2^e groupe: fusion temporisée, courants nominaux $\leq 100 \text{ mA}$
- c) 3^e groupe: fusion temporisée, courants nominaux $> 0,1 \text{ A} \dots 2 \text{ A}$

ainsi que les bandes de dispersion. A cette occasion, nous avons constaté que les temps de fusion, surtout pour les petits multiples du courant nominal, ne suivent pas la courbe de dispersion de Gauss (dispersion normale). La dispersion est plutôt asymétrique, en avantageant les longs temps de fusion. Néanmoins, dans beaucoup de cas, l'allure de la dispersion est logarithmique. La *figure 2* montre un tel exemple dans lequel t désigne le temps de fusion et N le nombre de cartouches ayant un temps de fusion déterminé. La dispersion asymétrique est régie par des lois physiques et provient de phénomènes complexes qui ont lieu durant la fusion à de faibles surintensités.

Dans les *figures 3a, b et c* sont représentés, sur un réseau logarithmique et à probabilités, les temps de fusion t en fonction de différents multiples des courants nominaux I_n . Certains de ces résultats n'ont pas une répartition d'allure logarithmique ou bien ont une répartition mixte, comme par exemple, pour la surintensité de 2,1 fois dans les figures 3a et 3b. Sur la base des résultats de cet exemple, nous avons déterminé les courbes collectives partielles: elles ont l'allure logarithmique normale. Les courbes de pro-

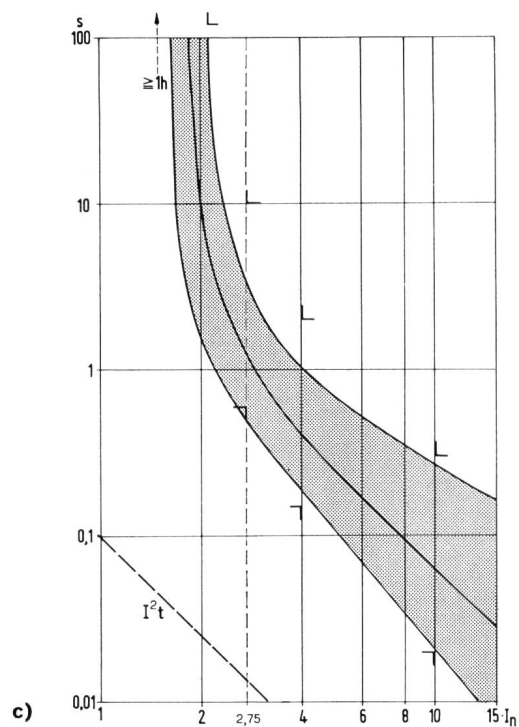
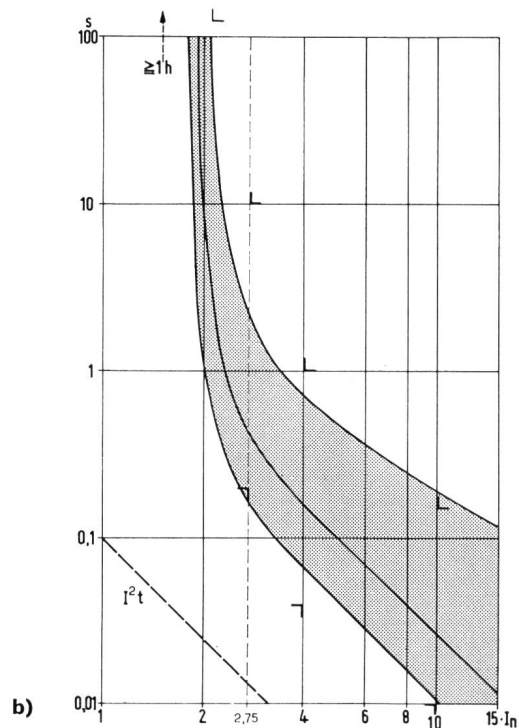
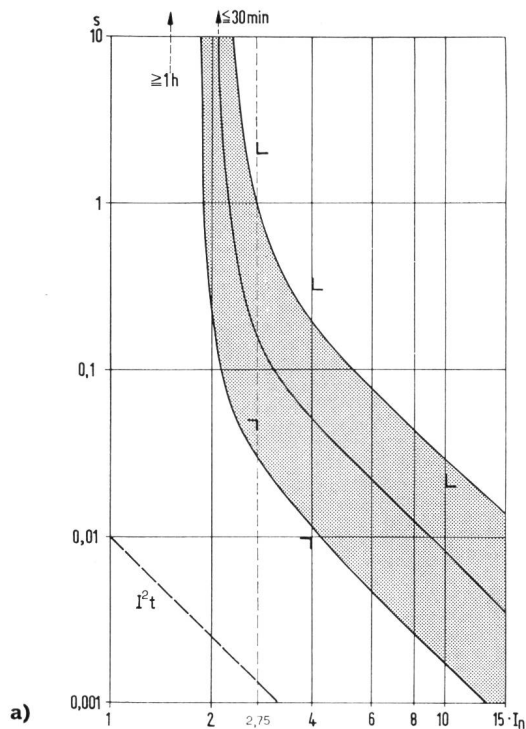


Fig. 4

Schmelzcharakteristiken und 95%-Streubänder von Schmelzeinsätzen 5 mm × 20 mm

a) 1. Gruppe: flink, Nennströme > 0,1 A...2 A

b) 2. Gruppe: trög, Nennströme ≤ 100 mA

c) 3. Gruppe: trög, Nennströme > 0,1 A...2 A

Caractéristiques de fusion et bandes de dispersion à 95% des cartouches 5 mm × 20 mm

a) 1^{er} groupe: fusion rapide, courants nominaux > 0,1 A...2 A

b) 2^e groupe: fusion temporisée, courants nominaux ≤ 100 mA

c) 3^e groupe: fusion temporisée, courants nominaux > 0,1 A...2 A

In den Figuren 3a, b und c sind die Schmelzzeiten t für verschiedene Vielfache der Nennströme I_n im logarithmisch eingeteilten Wahrscheinlichkeitsnetz aufgetragen. Es ist ersichtlich, dass auch nicht-logarithmische Verteilungen sowie Mischverteilungen vorkommen, wie zum Beispiel beim 2,1fachen Überstrom in den Figuren 3a und 3b. Interessehalber bestimmten wir von diesen die Teilkollektive; sie erwiesen sich als logarithmisch-normal. Die entsprechenden Wahrscheinlichkeitsgeraden sind mit A und B bezeichnet. Zum Teilkollektiv A der 1. Gruppe (flinke Schmelzeinsätze, Figur 3a) gehören folgende Nennstromtypen: 315 mA, 600 mA, teilweise 1 A, 1,5 A, 1,6 A und 2 A. Die restlichen Typen fallen somit unter das Teilkollektiv B. Für die weiteren Auswertungen sind jedoch diese Abweichungen von der logarithmischen Normalverteilung belanglos.

Schmelzcharakteristiken und Streubänder. Aus den Figuren 3a, b und c können alle Angaben, die zum Aufzeichnen der mittleren Schmelzcharakteristiken und der zugehörigen Streubänder nötig sind, herausgelesen werden. In den Figuren 4a, b und c sind diese Charakteristiken samt den 95%-Streubändern dargestellt. Dies bedeutet, dass die Schmelzzeiten von 95% der geprüften Einsätze innerhalb dieser Streubänder liegen. Die ebenfalls eingetragenen «Strom-

babilität correspondantes sont désignées par A et B. Les cartouches de courants nominaux suivants correspondent à la courbe collective partielle A du 1^{er} groupe (cartouches à fusion rapide, figure 3a): 315 mA, 600 mA, 1 A en partie, 1,5 A, 1,6 A et 2 A. Les types de cartouches restants appartiennent donc à la courbe collective B. Pour l'interprétation ultérieure des résultats, ces déviations de la répartition logarithmique sont sans importance.

tore» entsprechen den in der Tabelle I zusammengestellten Schmelzzeitgrenzen. Es ist ersichtlich, dass durchschnittlich mindestens 95 % der Schmelzeinsätze innerhalb dieser Stromtore liegen. Gewisse Überschreitungen der spezifizierten Streubandgrenzen sind, wie im Abschnitt über die Prüfvorschriften erwähnt wurde, zulässig. Man darf zudem erwarten, dass die Streubereiche noch kleiner werden, sobald die vollständige Anpassung der Fabrikation an die erst jetzt als verbindlich erklärten Regeln stattgefunden hat. Im übrigen ist die Typenstreuung, wie weiter unten noch gezeigt wird, wesentlich kleiner. – In den Figuren 4a, b und c sind unten links noch die sogenannten I^2t -Geraden eingezeichnet. Ihre Neigung entspricht der theoretischen Neigung des unteren asymptotischen Teils der Schmelzcharakteristik. Die I^2t -Beziehung beruht auf der Tatsache, dass das Strom-Zeit-Integral bei kurzen Schmelzzeiten (etwa unterhalb 10 ms) für einen bestimmten Schmelzleiterwerkstoff eine Konstante ist [10].

Tabelle III

Gemessene mittlere Schmelzzeiten und 95%-Streubandgrenzen von Schmelzeinsätzen 5 mm × 20 mm mit kleinem Schaltvermögen. (Die mittleren Schmelzzeiten sind **fett gedruckt**.)

Temps de fusion moyens mesurés et limités des bandes de dispersion à 95% des cartouches 5 mm × 20 mm de faible pouvoir de coupure. (Les temps de fusion moyens sont indiqués en caractères **gras**.)

Überstrom Surintensité	flink 0,15 A...2 A fusion rapide 0,15 A...2 A	träg 40 mA...100 mA fusion temporisée 40 mA...100 mA	träg 0,125 A...2 A fusion temporisée 0,125 A...2 A
10 · I_n	1,7 ... 8 ... 30 ms	10 ... 25 ... 200 ms	20 ... 65 ... 270 ms
8 · I_n	2,5 ... 13 ... 45 ms	16 ... 40 ... 250 ms	35 ... 95 ... 350 ms
6 · I_n	4,8 ... 23 ... 80 ms	30 ... 70 ... 400 ms	70 ... 170 ... 500 ms
5 · I_n	7,0 ... 33 ... 115 ms	40 ... 100 ... 500 ms	110 ... 250 ... 700 ms
4 · I_n	12 ... 55 ... 200 ms	65 ... 150 ... 700 ms	200 ... 400 ... 1000 ms
3 · I_n	24 ... 110 ... 500 ms	130 ... 300 ... 1400 ms	400 ... 900 ... 2200 ms
2,5 · I_n	40 ... 300 ... 2500 ms	250 ... 600 ... 4000 ms	650 ... 2000 ... 6000 ms
2 · I_n	0,3 s... ≈ 100 s .	1 s... 10 s... ≈ 30 min	1,5 s... 10 s... ≈ 30 min
1,5 · I_n	. ≥ 2 h .	. ≥ 2 h .	. ≥ 2 h .

In der *Tabelle III* sind die gefundenen mittleren Schmelzzeiten und die zugehörigen 95%-Streubandgrenzen zusammengestellt. Die gewählten Überströme (Vielfache des Nennstromes) sind nach praktischen Gesichtspunkten ausgewählt; sie stimmen deshalb nicht mit den für die Typenprüfungen festgelegten Überströmen überein.

Vergleich der Trägheitsgrade. Die unterschiedliche Trägheit der drei geprüften Schmelzeinsatz-Gruppen veranschaulicht *Figur 5*. Dargestellt sind die mittleren, aus den Figuren 4a, b, c entnommenen Schmelzcharakteristiken. Aus dem Kurvenverlauf erkennt man, dass sich die Charakteristiken der flinken und trägen Schmelzeinsätze bei 2,1...2,2 · I_n kreuzen, das heisst die trägen Einsätze sind durchschnittlich bei kleinen Überströmen etwas flinker als die flinken Einsätze. Dieses Paradoxon rührt von der unterschiedlich scharfen Festlegung der maximal zulässigen Schmelzzeit beim 2,1fachen Nennstrom her. Wie aus

Caractéristiques de fusion et bandes de dispersion. Toutes les données servant à la détermination des caractéristiques de fusion moyennes et des bandes de dispersion correspondantes peuvent être lues dans les figures 3a, b et c. Ces caractéristiques, avec les bandes de dispersion à 95 %, sont représentées dans les figures 4a, b et c. On peut en conclure que les temps de fusion de 95 % des cartouches essayées sont à l'intérieur de ces bandes de dispersion. Dans les dites figures, les valeurs limites des temps de fusion, selon le tableau I, sont représentées par des équerres. On voit qu'en moyenne 95 % des cartouches, au minimum, sont à l'intérieur de ces intervalles de temps. Comme il a été mentionné au chapitre sur les prescriptions d'essai, on tolère certaines valeurs hors des bandes de dispersion spécifiées. D'ailleurs, on est en droit d'espérer que les zones de dispersion deviendront plus petites sitôt que la fabrication sera complètement adaptée aux Règles qui, on le sait, n'ont été mises en vigueur que dernièrement. Du reste, la

Tableau III

dispersion de type, comme il sera expliqué plus loin, est nettement plus petite. – Dans les figures 4a, b et c sont représentées, en bas et à gauche, les droites I^2t . Leur pente correspond à la pente théorique de la partie asymptotique de la caractéristique de fusion. La relation I^2t est basée sur le fait que, pour de faibles temps de fusion (par exemple au-dessous de 10 ms), et pour une certaine matière du conducteur fusible, l'intégrale courant-temps devient une constante [10].

On a représenté, dans le *tableau III*, les temps de fusion moyens observés, ainsi que les limites des bandes de dispersion à 95 %. Les surintensités (multiples du courant nominal) ont été choisies suivant des critères pratiques, c'est-à-dire qu'ils ne coïncident pas aux surintensités fixées pour les épreuves de type.

Comparaison du degré de temporisation. La *figure 5* montre les différents degrés de temporisation de la fusion des trois groupes de cartouches essayées. Les

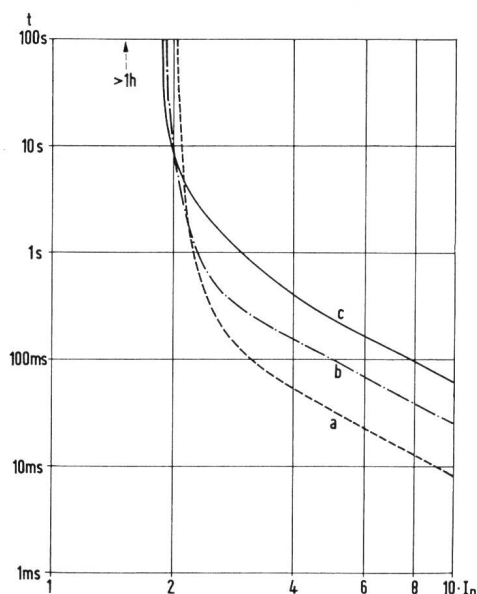


Fig. 5

Charakteristiken (Medianwerte) von flinken und trägen Schmelzeinsätzen 5 mm × 20 mm

Kurve a: flink, Nennströme > 0,1 A...2 A (1. Gruppe)

Kurve b: träg, Nennströme ≤ 100 mA (2. Gruppe)

Kurve c: träg, Nennströme > 0,1 A...2 A (3. Gruppe)

Caractéristiques (valeurs médianes) de cartouches miniatures 50 mm × 20 mm à fusion rapide et temporisée

Courbe a: fusion rapide, courants nominaux > 0,1 A...2 A (1^{er} groupe)

Courbe b: fusion temporisée, courants nominaux ≤ 100 mA (2^e groupe)

Courbe c: fusion temporisée, courants nominaux > 0,1 A...2 A (3^e groupe)

der Tabelle I ersichtlich ist, darf die Schmelzzeit folgende Werte nicht überschreiten: 2 Minuten für träge, 30 Minuten für flinke Schmelzeinsätze. Je nachdem, ob und wie stark nun ein Fabrikant bei flinken Schmelzeinsätzen von dieser erlaubten Verschiebung der Streubandgrenze in Richtung der längeren Schmelzzeit Gebrauch macht, können sich die Charakteristiken in der soeben festgestellten Weise mehr oder weniger überschneiden. Es ist zu wünschen, dass diese Inkonsequenz bei einer späteren Revision der internationalen und nationalen Normen ausgemerzt werden kann.

Damit trotz dieses Paradoxons keine Unklarheit entsteht, fügt die international anerkannte Nomenklatur zur Bezeichnung «träge» noch das Prädikat «surge-proof» hinzu, was sinngemäss etwa mit «spitzenstromfest» übersetzt werden kann. Damit wird ausgedrückt, dass träge Schmelzeinsätze die erwünschte Eigenschaft haben, kurzen Einschaltstromstössen, die etwa in elektronischen Geräten betriebsmässig auftreten können, zu widerstehen.

Typenstreuung. Von ebenso grossem Interesse wie die bisher betrachteten Gesamtstreubänder sind die Streubänder der einzelnen Schmelzeinsatztypen. Wenn man ihren Verlauf kennt, so lässt sich die Frage beantworten, ob und allenfalls wie stark sie sich überdecken, falls die Schmelzeinsatz-Nennströme gemäss der Reihe R 10 gewählt werden.

caractéristiques moyennes, issues des résultats des figures 4a, b et c, y sont représentées. En étudiant l'allure des courbes, on remarque que les caractéristiques des cartouches à fusion rapide et à fusion temporisée se croisent dans la région des valeurs de $2,1...2,2 \cdot I_n$. Par conséquent, les cartouches à fusion temporisée sont, pour de faibles surintensités, quelque peu plus rapides que les cartouches à fusion rapide. Ce paradoxe provient de ce que le temps de fusion maximum toléré, pour une intensité égale à $2,1 \cdot I_n$, a été fixé d'une manière différente. D'après le tableau I, le temps de fusion ne doit pas dépasser les valeurs suivantes: 2 minutes pour la fusion temporisée, 30 minutes pour la fusion rapide. Les caractéristiques peuvent donc se chevaucher plus ou moins dans la mesure où le fabricant tient compte de ce déplacement, d'ailleurs toléré, des limites des bandes de dispersion des cartouches à fusion rapide vers des temps de fusion plus élevés. Espérons que cette contradiction disparaîtra lors de la prochaine revision des normes internationales et nationales.

Pour éviter toute ambiguïté, la nomenclature internationale homologuée fait suivre la dénomination «à fusion temporisée» de la désignation «résistant aux pointes» ce qui veut dire: capable de soutenir des pointes de courant. On exprime par là que les cartouches à fusion temporisée ont la propriété, d'ailleurs voulue, de soutenir des à-coups de courant de courte durée, tels les courants d'enclenchement d'appareils électriques.

Dispersion de type. Les bandes de dispersion des différents types de cartouches présentent autant d'intérêt que celles concernant la totalité des types. Ces bandes étant connues, on peut facilement déterminer, pour l'échelle des courants nominaux R 10, si elles se recouvrent et dans quelle mesure.

Dans ce but, on détermine, au moyen de la méthode statistique décrite plus haut, les caractéristiques individuelles ainsi que les bandes de dispersion des cartouches qui se suivent dans l'échelle des courants nominaux. Pour ces épreuves, nous avons choisi des cartouches 5 mm × 20 mm à fusion temporisée de 500 mA et 630 mA de courant nominal. Ces dernières valeurs forment le rapport 1 : 1,26 ce qui correspond pratiquement au rapport théorique de 1 : 1,259. Les résultats de ces épreuves sont représentées à la figure 6. On remarque que les valeurs en abscisse ne sont pas celles des multiples de I_n , mais bien celles des courants de fusion I_s . On a choisi les lignes de démarcation des bandes de dispersion de telle façon que chacune de ces lignes coïncide avec la caractéristique moyenne du type de cartouche voisin. Par hasard, cette condition est remplie presque exactement pour ce qui concerne la bande de dispersion à 95% dont nous avons parlé auparavant. On voit facilement, toujours à la figure 6, que les temps de fusion à l'intérieur de la bande hachurée proviennent, par moitié, des cartouches à 500 mA et de celles à 630 mA. Ce résultat montre qu'une échelle de courants nominaux

Um diese Frage beantworten zu können, bestimmten wir mit den bereits beschriebenen statistischen Methoden die einzelnen Charakteristiken und Streubänder von Schmelzeinsätzen mit benachbarten Nennströmen. Wir wählten für diese Untersuchungen träge Einsätze $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ von 500 mA und 630 mA Nennstrom. Diese Werte verhalten sich wie $1 : 1,26$, was praktisch genau mit der theoretischen Verhältniszahl 1,259 übereinstimmt. Das Ergebnis der Berechnungen ist in der Figur 6 dargestellt. Man beachte, dass als Abszissenwerte nicht die Vielfachen der Nennströme, sondern die Schmelzströme I_s figurieren. Dabei wurden die Streubandgrenzen so gewählt, dass je eine Grenzlinie mit der mittleren Charakteristik des benachbarten Schmelzeinsatz-Typs zusammenfällt. Dies trifft zufällig ziemlich genau bei den schon bisher stets betrachteten 95%-Streubändern zu. Aus der Figur 6 ist leicht zu erkennen, dass unter dieser Bedingung die innerhalb des schraffierten Streifens liegenden Schmelzzeiten je zur Hälfte von den 500-mA- und 630-mA-Schmelzeinsätzen stammen. Dieses Ergebnis zeigt, dass eine feinere Stufung der Nennströme als die, welche der Reihe R 10 entspricht, keinen Vorteil bringt, sondern dass die Überdeckung der Streubänder nur grösser wird. Eine Verfeinerung hätte nur dann einen Sinn, wenn gleichzeitig die Streuung der Schmelzzeiten wesentlich verringert werden könnte. Ob dies fertigungstechnisch möglich ist und ob wirklichkeitsnahe Gründe für die Verwendung derart höher gezüchteter Schmelzeinsätze bestehen, bleibe hier dahingestellt.

In der Figur 6 sind die durch die einschlägigen Regeln gegebenen Schmelzzeitgrenzen eingezeichnet. Der Übersichtlichkeit halber sind dabei für den 500-mA-Typ nur die festgelegten Minimalzeiten (untere voll ausgezogene Ecken), für den 630-mA-Typ nur die Maximalzeiten (obere gestrichelte Ecken) angegeben. Vergleicht man dazu die Figuren 4a, b und c, so wird offensichtlich, dass die Typenstreuung bedeutend geringer ist als die Gesamtstreuung aller unter die gleiche Charakteristik fallenden Typen.

6. PTT-interne Normungsbestrebungen

Die Mitarbeit der Schweiz bei der internationalen Normung der Apparateschutz-Schmelzeinsätze und die Vertretung der PTT-Betriebe im entsprechenden nationalen Gremium gab die Möglichkeit, schon frühzeitig mit internen Vorarbeiten einzusetzen. So wurden fehlende Schmelzeinsatz-Typen durch solche mit genormten Nennströmen ergänzt. Die Angaben über Trägheitsgrad und Schaltvermögen wurden in das Materialverzeichnis aufgenommen und die richtigen Benennungen eingeführt. Weitere Anpassungen werden nun, nachdem die SEV-Regeln in Kraft ge-

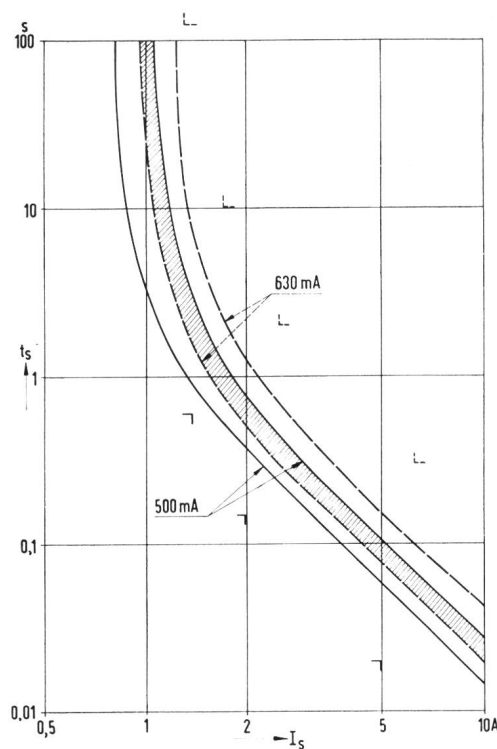


Fig. 6

Überdeckung der 95%-Streubänder von trägen Schmelzeinsätzen $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$, Nennströme 500 mA und 630 mA

Bandes de dispersion à 95% se recouvrant partiellement pour les cartouches $5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ à fusion temporisée, courants nominaux de 500 mA et 630 mA

plus détaillée que celle dénommée R 10 ne présente aucun avantage particulier; au contraire, le chevauchement des bandes de dispersion serait plus important. On pourrait envisager une échelle plus détaillée que s'il était possible de spécifier des bandes de dispersion plus étroites. Il n'est pas possible, aujourd'hui, de juger si la réalisation de telles cartouches est pratiquement possible et si des raisons suffisamment valables militent en leur faveur.

On a dessiné, dans la figure 6, les limites des temps de fusion prescrites dans les Règles. Pour plus de clarté, il n'a été indiqué que les temps minimums du type à 500 mA (équerres en trait plein au bas de la bande) et les temps maximums du type à 630 mA (équerres en pointillé au-dessus de la bande). En comparant ces résultats avec ceux des figures 4a, b et c, on constate nettement que la dispersion de type est bien plus petite que la dispersion totale de tous les types d'une même caractéristique.

6. La normalisation dans l'entreprise des PTT

Grâce à la coopération de la Suisse aux travaux de normalisation internationale des cartouches miniatures destinées à la protection d'appareils et grâce à la collaboration de l'entreprise des PTT dans la commission nationale correspondante, il a été possible à cette entreprise de s'occuper assez tôt de la normalisation interne. Ainsi les types de cartouches existants ont été complétés par des types normalisés.

treten sind, folgen. Die bisherige Bezeichnung *mittel-träg* muss ausgemerzt und durch *träg* ersetzt werden. Noch fehlende, aber unter die Nennstromreihe R 10 fallende Typen werden bei Bedarf aufgenommen. Sonderwünsche nach Schmelzeinsätzen mit aus der Reihe fallenden Nennströmen sollten dann nicht mehr gestellt werden. Sie haben, wie die hier durchgeführten Untersuchungen über die Streubandbreiten und die Überdeckung benachbarter Bänder zeigen, keine Berechtigung.

Noch abzuwarten bleiben die Spezifikationen für Schmelzeinsätze mit den Abmessungen 6,3 mm × 32 mm. Da jedoch die Arbeiten auf internationaler Ebene schon weit gediehen sind, werden die entsprechenden Empfehlungen in absehbarer Zeit zur Verfügung stehen.

Les indications concernant le degré de temporisation et le pouvoir de coupure furent inscrites dans la liste du matériel. On introduisit également les dénominations normalisées. Avec la mise en vigueur des Règles ASE, d'autres adaptations vont suivre. La dénomination actuelle de *temporisation moyenne* doit disparaître et devra être remplacée par *fusion temporisée*. Des types manquants de l'échelle R 10 seront, si nécessaire, introduits. Il ne sera plus possible d'admettre des types spéciaux ayant des courants nominaux non normalisés. Notre étude a prouvé que des types spéciaux n'ont pas leur raison d'être étant donné que les bandes de dispersion voisines se recouvrent partiellement.

Il nous manque encore les spécifications des cartouches de dimensions 6,3 mm × 32 mm. Toutefois, les travaux de normalisation sur le plan international vont de l'avant et les recommandations correspondantes seront bientôt à notre disposition.

Bibliographie

- [1] Regeln für Schmelzeinsätze zu Apparateschutz-Sicherungen. 1. Auflage. Publikation Nr. 3006.1963 des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, einschl. Datenblätter 3006.D1. 1963 und 3006.D2. 1963. Règles pour les cartouches pour coupe-circuit miniatures destinés à la protection d'appareils. 1^{re} édition. Publication n° 3006.1963 de l'Association Suisse des Electriciens, avec feuilles de norme 3006.D1. 1963 et 3006.D2. 1963.
- [2] Cartouches pour coupe-circuit miniatures. Recommandation de la CEL. Publication 127, première édition, 1962.
- [3] Cartouches pour coupe-circuit miniatures. Spécifications de la CEE. Publication 4, deuxième édition, 1962.
- [4] Vorschriften für Schraub- und Stecksicherungen mit geschlossenen Schmelzeinsätzen (Sicherungsvorschriften des SEV). Publikation Nr. 153 des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1948. Prescriptions pour les coupe-circuit à vis et à broches à fusible enfermé (Prescriptions de sécurité de l'ASE). Publication n° 153 de l'Association Suisse des Electriciens, 1948.
- [5] Bellen, H. Die Geräte-Sicherung. Wickmann-Werke Aktiengesellschaft. Witten-Annen, 1955.
- [6] van Rooij, L. International standardization of miniature fuse links. De Ingenieur **74** (1962), E 15.
- [7] Gerber, Th. Sicherungen für Telephonanlagen. Techn. Mitt. PTT **29** (1951), Nr. 3, S. 93...98. Coupe-circuit employés dans les installations téléphoniques. Bulletin Technique PTT **29** (1951), n° 3, pages 93...98.
- [8] Genormte Werte der Spannungen, Frequenzen und Ströme für elektrische Netze und elektrisches Material. Publikation Nr. 159 des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, 1957. Valeurs normalisées des tensions, des fréquences et courants pour réseaux électriques et matériel électrique. Publication n° 159 de l'Association Suisse des Electriciens, 1957.
- [9] Baxter, H. W. Electric Fuses. London, 1950.
- [10] Bolleter, H. Konstruktionsprobleme und Einsatzmöglichkeiten von Apparateschutz-Schmelzeinsätzen. Bulletin SEV **53** (1962), S. 585.