

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 49 (1958)  
**Heft:** 14

**Rubrik:** Communications ASE

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 25.12.2024

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

Notons encore la *Division des Etudes théoriques*, la moins chère du CERN qui ne coûte qu'environ  $\frac{1}{20}$  du Proton Synchrotron. Il est clair que le matériel nécessaire n'étant que quelques kilos de matière grise, ce département doit jouir auprès du Comité des Finances d'une bienveillante sympathie. L'importance d'une division si qualifiée n'en ressort que mieux car c'est elle le vrai cerveau du CERN et doit l'être dans les années à venir. La grande renommée des savants qui y travaillent est la meilleure garantie pour un développement approfondi et rapide des recherches dans le domaine nucléaire.

### VIII. Conclusion

Quelle sera la portée directe du développement du CERN sur l'avenir des centrales électriques, tout particulièrement les centrales suisses? Actuellement, seul un échange actif d'idées ainsi que de renseignements concernant l'instrumentation de base, la biochimie, les détecteurs, les compteurs serait, à première vue, utile. Cependant, il est certain que dans quelques années, ou moins, l'influence des recherches de base permettra des solutions toujours plus ingénieuses et économiques pour la création d'éner-

gie. Le rendement faible des piles actuelles pourra certainement être amélioré et dans d'énormes proportions. L'avenir dira quand et comment.

D'autre part, une organisation d'une telle envergure aidera fortement à la création d'un esprit scientifique et technique dirigé vers l'énergie nucléaire. Un tel esprit est nécessaire et doit être inculqué pour que les piles qui seront construites ne manquent ni de cerveaux pour les diriger, ni de la main-d'œuvre qualifiée qui sera indispensable dans de tels centres.

Avant de terminer ces lignes, je voudrais exprimer — comme membre du CERN — que l'esprit de pionniers des grands savants de 1950 s'est maintenu et que leurs désirs d'une communauté de travail ont vu leur réalisation. Actuellement, anglais, allemands, français, italiens, suisses, yougoslaves, etc., les nordiques, les latins, tous travaillent amicalement pour percer à jour — chacun avec ses connaissances — ce grand monde des infiniments petits pour lequel nous nous passionnons tous.

Adresse de l'auteur:

F. Iselin, Ing. él. dipl. EPF, Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (CERN), Genève 23.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Über neue Konzeptionen und Werkstoffe der Hochspannungstechnik

621.315.61 : 621.3.027.3

[Nach A. Imhof: Über neue Konzeptionen und Werkstoffe der Hochspannungstechnik. STZ Bd. 55(1958), Nr. 6, S. 93...120]

#### 1. Übersicht

Es werden Anregungen gemacht zu neuartigen, ausserordentlich raumsparenden metallgekapselten Hochspannungsanlagen auch für die hohen Spannungsreihen (siehe Abschnitte 2 und 6). Diese Lösungen sind von grosser Bedeutung in Anbetracht der dringend werdenden Probleme, mit höheren Spannungen von z. B. 110 kV grosse Energien in die Zentren der Städte zu führen, wo an Freiluftstationen gewohnter Art nicht zu denken ist, ferner für die Anwendung in Kavernenanlagen. Das Bausystem nach Abschnitt 2 verwendet ausschliesslich in Giessharz eingebettete Apparate, die aneinander über besondere Fugen mit konstanter Oberflächen-Feldstärke unter Verwendung eines gasförmigen oder flüssigen Fugenfilmes gekuppelt sind. Die Sammelschienen sind in einen neuartigen Schichtstoff «Duresca» eingebettet. Das System nach Abschnitt 6 verwendet für die Isolation der einzelnen Apparate Gase, insbesondere Druckgase, für die Sammelschienen und die Federleitungen aber wiederum völlig in «Duresca» eingebettete Schienen.

Abschnitt 3 beschreibt neue Isolierverfahren und Isolierstoffe mit hervorragenden Eigenschaften für die Hochspannungstechnik, insbesondere auch in Bezug auf die beschriebenen neuen Bauarten elektrischer Hochspannungsanlagen. Abschnitt 4 befasst sich mit dem Problem trockenisolierter Hochspannungssammelschienen und Verbindungsleitungen unter Verwendung von «Duresca», Abschnitt 5 mit «Duresca»-Messwandlern.

#### 2. Eine neuartige, völlig metallgekapselte Hochspannungsanlage mit Giessharzeinbettung

Die Idee, Hochspannungsanlagen «gekapselt» zu bauen, führte schon zu vielen konstruktiven Vorschlägen. Sie erschöpfte sich aber in Teillösungen. Die einen verwenden anstelle von Freileitungsverbindungen Kabel, andere schliessen — dies allerdings verständlicherweise nur bei den untern Spannungsreihen — sämtliche Apparate und ihre Verbindungen

metallisch ein. Herkömmliche Mittel, wie Durchführungen, Abstützungen, Isolierkanäle, Isolierschirme verschiedenster Form, Compound- oder Öl ausgüsse, Gase und Druckluft werden angewandt, um von Pol zu Pol und von Pol gegen Erde zu isolieren. In diesem Zusammenhang werden auch Schalter mit Trennern kombiniert, wobei die Trenner als aus- und einrückbare Stecker ausgebildet sind. In den letzten Jahren wurden einzelne Konstruktionselemente solcher Anlagen in Giessharz eingebettet. Bis zu Spannungen von 20 kV (selten mehr) sind nach solchen Prinzipien Schrankanlagen entwickelt worden.



Fig. 1

Modell einer Hochspannungs-Fugenanlage  
Zwei Feeder, Reihe 110 kV

Im zweiten Strang von unten sind die Fugenkupplungen sichtbar  
(siehe auch Fig. 2)

Alle diese Lösungen machen — erzwungen durch die Isolationsprobleme — halt bei den untern Spannungsreihen. Sie wären bei höhern Reihen gar nicht denkbar. Sie sind im Grunde genommen technisch unschön, weil sie die Probleme nicht grundsätzlich genug anfassen.

Die folgenden Darlegungen befassen sich mit Vorschlägen zu einer neuartigen Konzeption im Anlagebau, die konsequent

eine Giessharzeinbettung aller unter Spannung stehenden Teile je Phase in einem allseitig metallumschlossenen, übersichtlichen Strang vorsehen (Fig. 1...3). Die einzelnen Apparate als Teile eines langgestreckten Gesamtkörpers sind selbst als lösbare Stecker ausgebildet. Die Isolation, bestehend aus Epoxy-Giessharz, erfüllt kontinuierlich das gesamte System und ist nur, von den Steckverbindungen ausgehend, unterbrochen durch feine Fugen (Fig. 1, 3), die ein fließbares (flüssiges oder gasförmiges) Dielektrikum in sehr kleiner Menge enthalten. Während die Giessharzeinbettung grösserer Feindrahtspulen bei den sehr hohen Spannungen oft beträchtliche Mühe bereitet, hat die Einbettung massiver Stromleiter einen sehr hohen Grad der Zuverlässigkeit erreicht.

erstaunlich klein. Höchstspannungsapparate, die bis anhin der langen Durchführungsisolatoren wegen sehr grosse Abmessungen aufwiesen, lassen sich durch Anwendung der Fugen zu überraschend kleinen Totalgebilden vereinigen. Verwendet man dazu noch — nicht allein für die Fugen — die systematische Giessharzeinbettung, so entstehen die sehr ungewöhnlich aussehenden «Zukunftsgebilde» elektrischer Anlagen.

Ein gemeinsames Merkmal der meisten zur Station gehörenden Apparate ist eine konstruktive Bauart, die erlaubt, sie in den linearen Zug der Stromschiene direkt einzubauen, derart, dass die Stromschiene annähernd in der Achse der Apparate liegt.

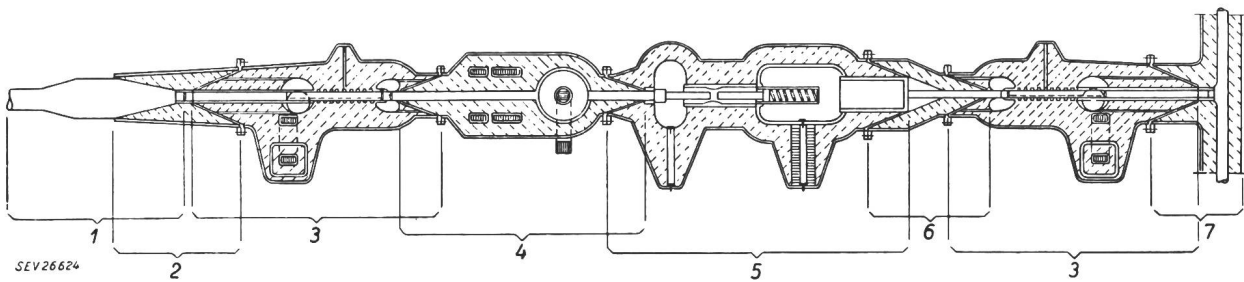


Fig. 2  
Längsschnitt durch eine Hochspannungs-Fugenanlage

1 Kabel; 2, 6 Übergangsstück; 3 Trenner; 4 Messwandler; 5 Druckluftschalter; 7 Sammelschiene

Die vorgeschlagene Konzeption findet kaum eine Grenze mit steigender Spannung. Sie gewährleistet einen Raumbedarf, der um eine Grössenordnung unter dem gewohnten ist. Trotzdem die ganze Schaltanlage einen zusammenhängenden Gesamtapparat darstellt, ist eine Heraustrennung aller den einzelnen Funktionen zugewiesenen Elemente leicht möglich. Zudem ist die Gesamteinheit mannigfach verschiedenartig zusammensetzbar, so dass sie jedem «Schaltschema» angepasst werden kann. Die Form der Gesamteinheit fügt sich den räumlichen Gegebenheiten unter Beibehaltung aller Einzelelemente.

Die Trennfugenkupplung als generell verwendetes Element des Systems ist, trotzdem die Oberflächen-Feldgradienten ungesteuert sind, klar berechenbar, wenn die Durchschlagfestigkeit des Füllstoffes quer zur Fuge und die tangential-Festigkeit in der Grenzschicht des festen und fließbaren Stoffes an einem Versuchsmodell gemessen sind. In Fig. 3 ist das Feld für eine Spannung von 100 kV eingezeichnet, unter Annahme von Epoxy-Giessharz, mit einer Dielektrizitätskonstante (DK) von 4 für den Festkörper, von Öl mit einer DK von 2 für das Fugenvolumen. Die Fuge ist hier für konstante Tangential-Feldstärke geformt. In Bezug auf die elektrische Beanspruchung des Fugenfüllmittels müsste dieses eine möglichst hohe DK aufweisen. Praktisch ist indes mit Stoffen wie Mineralöle ( $\epsilon \approx 2,3$ ), Silikonöle ( $\epsilon = 2,58$ ), Chlordiphenyle ( $\epsilon \approx 4,3...5,6$ ), Pressluft ( $\epsilon = 1$ ), SF<sub>6</sub> ( $\epsilon = 1$ ) zu rechnen.

Bei der konstruktiven Bearbeitung der Anlage müssen einige für alle Apparate geltende Bedingungen eingehalten werden:

1. Alle spannungsführenden Teile müssen im Hinblick auf das starke Feld sowohl von Pol zu Pol als von Pol gegen die stets sehr nahe Erde gestaltet werden. Kugelartige und zylindrische Gebilde mit halbkugelartigen Enden wiegen deshalb vor.
2. Auch bei geöffneten Trennern und Schaltern dürfen keine sich unter Spannung befindenden Teile freiliegen.
3. Während unbewegliche, unter Spannung stehende Teile in festem Isolierstoff eingebettet sind, müssen sich bewegliche Teile in gasförmigem oder flüssigem Dielektrikum befinden. Die Menge allfällig brennbarer solcher Stoffe muss jedoch ausserordentlich klein sein.
4. Alle Betätigungskräfte für bewegliche Teile müssen von aussen (Erde) durch die metallische Hülle und die Isolation hindurch auf die zentralen, unter Spannung stehenden Teile übertragen werden. Dies kann mechanisch, hydraulisch, pneumatisch, durch Elektroinduktion oder magnetisch geschehen.
5. Alle Teile, welche ersatz- oder revisionsanfällig sind, müssen sich ausmontieren lassen.

Vorschläge zu Ausführungsbeispielen einiger Apparate der Hochspannungstechnik

Ein Trenner ist in Fig. 2, Pos. 3, dargestellt. Von analoger Bauart ist der Umtrenner.

Bis zu Spannungen von etwa 60 kV können aber auch Trenner gebaut werden, welche in jeder Hinsicht den heutigen Vorschriften entsprechen und die in ähnlicher Bauart von den bisherigen metallgekapselten Anlagen her bekannt sind. Sie bestehen aus einem Stecker in U-Form, dessen bewegliche Pole in der Achse je eines konvexen Isolators liegen, wobei die beweglichen Pole in die konkaven Isolatoren gesteckt bzw. aus diesen herausgefahren werden können.

Die Messwandler bieten heute in hier geeigneten Bauarten keine neuen Probleme mehr. Die Giessharzwandler müssen lediglich anstelle von Durchführungen mit Kupplungen ausgestattet sein, wie sie weiter oben beschrieben wurden.

Das beschriebene Giessharz-Fugensystem wird nach gründlicher Durchentwicklung mehrere beachtenswerte Vorzüge gegenüber den konventionellen Bauarten aufweisen:

1. Die grosse Raumeinsparung von der Grössenordnung 1 : 2 bis 1 : 6.
2. Unbrennbarkeit.
3. Aufstellbarkeit für alle Spannungsreihen in Gebäuden oder im Freien.

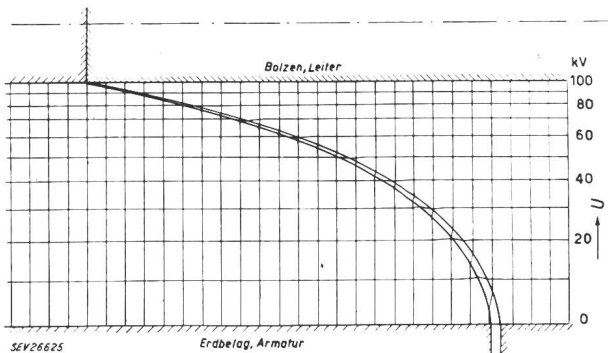


Fig. 3  
Feldbild einer Fugenkupplung  
U Spannung

Rechnungsbeispiele und die Messungen an Fugenmodellen zeigen, dass diese Fugen ein ganz ausserordentlich wertvolles Bauelement der Hochspannungstechnik sind, dem eine grosse Bedeutung zukommen wird. Die Abmessungen der Fugen sind

4. Leichter An- und Abtransport der Apparate, da sich über ihnen keine Hochspannungsleiter, sondern ein alle bestreichendes Hebezeug befindet.

5. Keine Berührungsfahrer, da keine unter Spannung befindlichen Teile zugänglich sind.

6. Keine Witterungsprobleme, insbesondere keine Vereisungsmöglichkeit, keine Nebelbenetzung.

7. Keine Verschmutzungsprobleme, Unabhängigkeit von Russ und Staub.

8. Völliger Schutz vor direkten Blitzschlägen im Bereich der Anlage selbst.

9. Trotz Einkapselung grosse Übersichtlichkeit.

10. Architektonisch ruhige, nicht störende Wirkung auch bei Freiluftanlagen.

11. Leichter und wenig kostspieliger Unterhalt, da die spannungsführenden Teile geschützt sind.

### 3. Neue Isolierverfahren und Isolierstoffe

Die Giesstechnik allein löst nun aber nicht ausnahmslos alle Isolationsprobleme, die sich bei der Entwicklung solcher Anlagen stellen. Sie löst auch nicht alle Probleme der Trockenisolation im allgemeinen. Sie versagt insbesondere der Härtingkontraktion der Harze wegen von einer gewissen Baugröße und Baulänge an. Ferner bietet die kapazitive Feldsteuerung Schwierigkeiten. Zudem ist das Giessrisiko bei grossen, teuren Stücken nicht unbeträchtlich. Aus diesen Gründen drängte sich das Suchen nach geeigneten, neuen Isolierverfahren auf.

Eine Weiterentwicklung der in der Hochspannungstechnik zu grösster Bedeutung gelangten ölprägnierten Papierisolation in Richtung einer starken Reduktion der Ölmenge, ferner der Schaffung einer mechanisch festen, vor Luft und Feuchtigkeit aufnahme schützenden Hülle, war die kurz mit «Epolpa»<sup>1)</sup> bezeichnete Isolation. Sie besteht aus einem Isolationskern aus ölprägniertem Papier, der in direkt umgossenem Giessharz eingebettet ist.

Die weiteren isolationstechnischen Entwicklungen führten schliesslich zur völlig «trockenen» Isolierung. Der kurzen Ausdrucksweise wegen wurden hierfür die Bezeichnungen «Durolpa», «Duresca A» und «Duresca B»<sup>1)</sup> angenommen. Diese Varianten unterscheiden sich in den Eigenschaften nur wenig. Es handelt sich dabei einestils um die *Verfahren der Isolierung*, die in praktisch sehr wertvoller Weise ausgearbeitet sind, andererseits um die Werkstoffe selbst. Es ist nicht übertrieben, zu behaupten, dass sie in der Hochspannungsisolationstechnik eine sehr beträchtliche bisher bestehende Lücke ausfüllen, vor allem da sie erstmals erlauben, auch grosse und dickwandige (bisher ausgeführt bis 60 mm radialer Dicke) umhüllende Trockenisolationen herzustellen, die beachtenswerte mechanische, dielektrische und thermische Eigenschaften aufweisen und preislich im Rahmen des Gewohnten liegen. Die «Duresca»- und «Durolpa»-Isolierstoffe sind geschichtete Thermodule.

«Durolpa» verwendet als Bindemittel der Schichten ein thermodures Harz, während die feinsten Poren mit einem flüssigen Isolierstoff gefüllt sind. Das Harz bildet ein Gitter, welches den flüssigen Stoff bindet. Dessen Menge des ist relativ sehr klein und lässt sich übrigens in weiten Grenzen variieren, je nach den gewünschten Eigenschaften.

«Duresca» ergibt angeschlagen einen beinahe «keramischen» Ton. Dabei ist es weder schlag- noch kerbschlagempfindlich. Die Dauerwärmebeständigkeit liegt bei etwa 110°C, für eine Sonderqualität «Duresca I» bei 130°C. Vorübergehend erträgt es ganz wesentlich höhere Temperaturen ohne Zerstörung. Die Brennbarkeit ist schlecht: «Duresca» brennt, wenn entzündet, nicht selbständig weiter. Nach VDE gehört es in die Brennbarkeitsklasse 2. Die elektrische Kriechwegfestigkeit von «Duresca B» liegt wesentlich höher als bei dem klassischen Hartpapier. Von ganz eminentem Wert ist aber die *völlige Luftporenfreiheit* von «Duresca B».

Die *Durchschlagfestigkeit* von «Duresca B» ist ausserordentlich hoch. Die höchsten Werte werden bei Plattenmaterial aus «Duresca B» gemessen: Bei einem Spannungsanstieg von 5 kV/s, Kugel gegen Kugel eingesenkt, unter Öl bei 20°C, ergeben sich bei einem Kugelabstand von 1...2 mm Werte zwischen 650 und 1200 kV/cm, im Mittel und als häufigster

<sup>1)</sup> Eingetragene Bezeichnung der Moser-Glaser & Co. A.-G., Muttenz.

Wert 750 kV/cm. An «Duresco»-Rohren liegen die Werte zwischen 500 und 860 kV/cm, im Mittel bei 700 kV/cm, bei einer etwas billigeren Sorte zwischen 500 und 750 kV/cm, im Mittel bei 650 kV/cm. Komplizierte Isolierstücke aus «Duresca A» zeigen niedrigere Werte.

Von grosser praktischer Bedeutung ist das *dielektrische Verhalten bei erhöhter Temperatur*. Für die meisten technischen Anwendungen genügt eine Beobachtung bis zu etwa 75°C, für einige bis 90°C, für noch andere kann die Temperatur höher steigen. Fig. 4 zeigt den Verlauf von  $\text{tg } \delta$  von 20...90°C für «Duresca A» und «Duresca B» bei einer Feldbeanspruchung von 10 kV/cm.

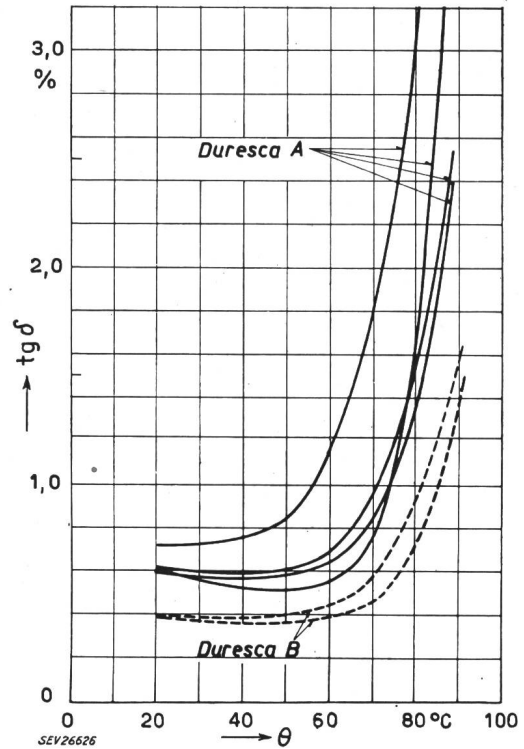


Fig. 4

$\text{tg } \delta$  in Funktion der Temperatur  $\theta$  für Duresca A und B

Isolierte Sammelschienen und gebogene Durchführungen lassen sich im allgemeinen in «Duresca A» und «Duresca B» herstellen. Je nach der Formgebung ist die Fabrikationsweise von «Duresca A» etwas verschiedenartig (Qualität AH und AM), was sich denn auch in der erreichten Qualität, insbesondere im Anstieg von  $\text{tg } \delta$  mit wachsender Spannung ausdrückt. Die besseren dielektrischen Werte werden mit «Duresco AM» erreicht.

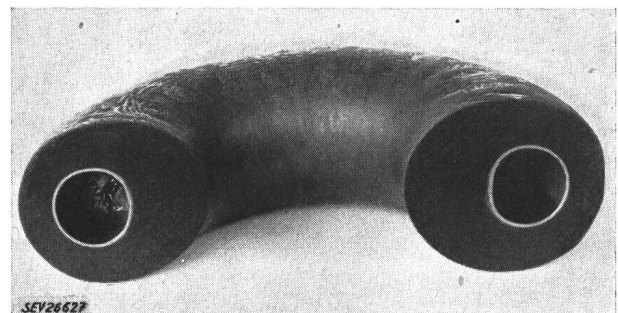


Fig. 5

Querschnitt durch den Ringteil eines Trockenstromwandlers 110 kV mit Duresca-B-Isolation

Die grössten Überraschungen liegen auf der *anwendungstechnischen Seite* dieser Verfahren und Stoffe. «Duresca» und «Durolpa» eignen sich nämlich für Einbettungen von Elektro-



den mit einseitiger Krümmung wie auch mit beidseitiger Krümmung, und dies bis zu sehr grossen Abmessungen. Ganz erhebliche Mühe bereitete lange Zeit die in der Höchstspannungstechnik unumgängliche Herstellung von Wandungen grosser Dicke (Fig. 5), ohne dass sich Luftspalten bilden, aber verfahrenstechnische Massnahmen führten zum vollen Erfolg. Typische Anwendungsmöglichkeiten von Duresca bieten u. a. Trockenstromwandler für Spannungen über 60 kV mit kondensatorgesteuerten Einführungen, Kondensatordurchführungen aller Grössen, gebogene Durchführungen, die bisher nicht herstellbar waren (Fig. 6), ganze trockenisolierte Sammelschienen (Fig. 7), isolierte Verbindungen in Luft- und Öltransformatoren

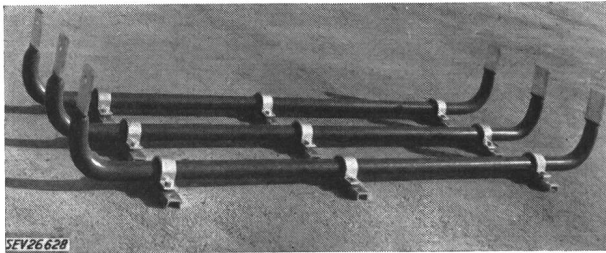


Fig. 6  
Gebogene Kondensatordurchführungen 20 kV mit  
Duresca-AH-Isolation

und vieles mehr. Im Zusammenhang mit den unter B beschriebenen Hochspannungsschaltanlagen sind die *isolierten Sammelschienen* von besonderem Interesse. Versuchsweise wurden auch Generatorspulen für Nennspannungen von 10...15 kV isoliert. Das «Duresca»-Verfahren erlaubt ferner, Drahtspulen mit einer kräftigen, zuverlässigen Isolierhülle zu versehen. Dass dazu keine Giessformen benötigt werden und dass sich das Verfahren auch für Spulen ganz erheblicher Abmessungen eignet, sind Vorteile gegenüber der Giessharzeinbettung. Weitere Vorteile ergeben sich aus der Möglichkeit, kapazitive Potentialsteuerungen sehr feinstufig einbauen zu können, und dies auch an grössten Objekten.

Diese kurzen Andeutungen zeigen, dass eine Reihe von Aufgaben der Isolationstechnik nun lösbar geworden sind, die es bisher nicht waren.

«Duresca» und «Durolpa» ist in Luft, unter Transformatoröl, und im Gegensatz zu den meisten bekannten Isolierstoffen, auch unter Chlordiphenylen, ferner in gasförmigen und in flüssigen Fluorocarbons ohne Nachteil verwendbar.

«Durolpa», «Duresca A» und «Duresca B» sind vorzüglich mit spanabnehmenden Werkzeugen bearbeitbar.

Die Wärmedehnung dieser Isolierstoffe ist grösser als diejenige von Kupfer und Stahl. Doch ist die elastische Dehnbarkeit genügend gross, damit Leiter erheblicher Länge ohne Gefahr des Reissens isoliert und in Temperaturgrenzen von etwa  $-30...+110^{\circ}\text{C}$  verwendet werden können. Die Wärmeleitung von Duresca ist höher als diejenige von Kresolharz-Hartpapier.

#### 4. Trockenisolierte Hochspannungssammelschienen und Verbindungsleitungen

Die im Abschnitt 2 beschriebenen Schaltanlagen benötigen zu ihrer völligen Durchentwicklung noch einiger Jahre. Es ist aber schon durch Anwendung «Duresca»-isolierter Sammelschienen möglich, in vielen Fällen erhebliche Raumeinsparungen zu realisieren. Das «Duresca»-Sammelschienensystem erlaubt nämlich, die Schienen berührungssicher direkt nebeneinander zu legen.

Aus Gründen der Erwärmung können isolierte Sammelschienen einen etwas grösseren Kupferquerschnitt als in Luft liegende Schienen erfordern. Die Wärmeableitung ist nämlich je nach Durchmesser des Stromleiters und Wanddicke der Isolation niedriger, gleich oder höher als bei blanker Schiene. Die Wärmeleitfähigkeit der Sammelschienenisolation wurde gemessen zu  $6 \cdot 10^{-4} \text{ cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^{\circ}\text{C}$ .

Es sei hier wiederholt, dass nicht nur gerade Schienen, sondern auch verschiedenartig gekrümmte Schienen «Duresca»-isoliert werden können. So lassen sich z. B. Verbindungsleitun-

gen zwischen Generatoren und Schaltapparateräumen, zwischen diesen und den Transformatoren, von Generatoren zu Transformatoren usw. über Korridore hinweg oder in Räume anderer Höhenlage führen. Über isolierte Sammelschienen wie Verbindungsleitungen lassen sich Lochstromwandler schieben. Auch ergeben sich analoge Möglichkeiten der kapazitiven Spannungsmessung wie mit Hilfe von Kabeln. Die Dielektrizitätskonstante von «Duresca» ändert sich in Funktion der Temperatur etwa gleich wie diejenige der ölprägnierten Papierisolation.



Fig. 7  
U-förmige Rundkupferschiene 20 kV mit Duresca-AH-Isolation  
Beide Enden sind kapazitiv gesteuert, der übrige Teil ist mit  
Erdbelag versehen

Der Bau elektrischer Hochspannungsanlagen erfährt mit den angegebenen Mitteln derart umwälzende Änderungen, dass die Praxis in den Anfängen mancherlei grössere und kleinere Probleme bieten wird.

Die Möglichkeit, Anlagen bis 110 kV — nach Abschnitt 2 schliesslich auch für höhere Spannungen — als Innenraumstationen zu bauen, ist verlockend. Weitere interessante Möglichkeiten ergeben sich aus Abschnitt 6.

Es lässt sich sogar überlegen, ob nicht auch Freiluftstationen für hohe Spannungsreihen vorteilhaft — sogar unter Verwendung der «klassischen» Schaltapparate — mit isolierten Schienen und Verbindern auszurüsten wären.

#### 5. Messwandler

Das «Duresca»-Isolierverfahren ergänzt das Giessharzverfahren in Richtung der sehr hohen Spannungen in zweifacher Weise: Die beiden grössten Schwierigkeiten im Bau grosser Trockenwandler waren bisher nämlich das Härtungsschwinden zu grosser Harzkörper einerseits, die Schwierigkeit, die Einführungen genügend zu steuern, andererseits. Die Lösung besteht darin, dass das eine Ende von «Duresca»-Kondensatordurchführungen in Kunstharzwandlerkörper eingegossen wird, so dass Giessharzwandler mit verhältnismässig kleinen gegossenen Körpern und entsprechend kleinen Giessformen auskommen. Das Eingiessen der Durchführungen ist deshalb möglich, weil sich «Duresca» mit dem Epoxy-Giessharz vorzüglich bindet. Wie aber weiter vorn schon kurz angedeutet wurde, kann das «Duresca»-Verfahren auch für sich allein zur Herstellung von Messwandlern für sehr hohe Spannungen verwendet werden.

#### 6. Anlagebau mittels trockenisolierter Sammelschienen und druckgasisolierter Apparate

Die Hochspannungstechnik nützt bereits seit längerer Zeit die guten dielektrischen Eigenschaften von Gasen zu Isolations-

zwecken im Transformatorenbau, im Bau kernphysikalischer Apparate und wahrscheinlich auch da und dort im Schaltapparatebau anders als nur zur Funkenlöschung. Indes fand kaum eine so systematische Anwendung zum Bau ganzer Hochspannungsstationen statt wie in der nachfolgenden Konzeption. Diese ist erst interessant genug geworden durch die Entwicklung der trockenisolierten Sammelschienen und Federleitungen, so dass eigentlich von deren Kombination mit gasisolierten Apparaten gesprochen werden sollte.

Stellt man die Hochspannungsapparate in metallische Kammern, die mit wenig komprimiertem SF<sub>6</sub> oder anderen hochdurchschlagfesten Gasen gefüllt sind, so können unter Wahrung der Beweglichkeit von Trennmessern, Schaltergestängen usw. die gegenseitigen Phasenabstände der Apparate und die Wandabstände stark verkleinert werden, besonders wenn auch die Schutzwirkung von Schirmen aus festem Isolierstoff geschickt ausgewertet wird. Die Bauart der üblichen Apparate muss nicht sehr wesentlich geändert werden.

Müsste man nun aber die Federleitungen etwa als Massekabel oder bei höhern Spannungen als Ölkabelstücke verlegen, so würden die Kabelarmaturen, namentlich die Endverschlüsse, die sich im Innern der Gaskammern befinden, und bei Überwindung von Höhendifferenzen die Sperrmuffen und die Druckausgleichvorrichtungen viel Raum und Kosten beanspruchen. Zudem bestände die Gefahr der Fortpflanzung von Bränden. Das Gasisoliertesystem hat daher seinen vollen Sinn erst in Kombination mit den trockenisolierten und insbesondere den potentialsteuerbaren Federleitungen nach Abschnitt 4.

Im Interesse einer übersichtlichen, klaren Anordnung möchte der Verfasser einer linearen schaltschemaartigen Aufstellung der Kammerapparate den Vorzug geben. Die Federleitungen stossen seitlich durch die Wände; sie bestehen meist

aus geraden Teilstücken. Sie lassen sich als Stützelement für Apparateelektroden verwenden, z. B. bei Trennern.

Für die Bauarten der einzelnen Apparate im Druckgassystem kommen einige Sondergesichtspunkte in Betracht, die im folgenden dargelegt sind:

**Trenner** mit translatorischer Bewegung des «Schaltstiftes» zwischen kugelhähnlichen Elektroden.

**Lastschalter**: Alle heute angewandten Systeme sind geeignet. Für Druckgasschalter sollte ein Druck-Differenz-System durchentwickelt werden: Die zur Löschung verwendete Druckluft von z. B. 20 kg/cm<sup>2</sup> strömt, den Lichtbogen löschend, aus in einen Raum nicht von Atmosphärendruck, sondern von höherem Druck, so z. B. 5 kg/cm<sup>2</sup>.

Für Anlagen dieser Art empfiehlt sich, Druckgasschalter der Stützerbauweise umzuarbeiten auf Schalter in koaxialer Bauweise.

**Stromwandler**: Diese benötigen auch bis zu den höchsten Spannungsreihen keine Gaskessel.

**Spannungswandler**: Es ist mit den heutigen Erkenntnissen und Erfahrungen möglich, auch Trockenspannungswandler so zu bauen, dass sie keiner Gasbehälter bedürfen. Es kommen dann völlig in Giessharz eingebettete Wandler in Betracht, deren Zuleitungen in Verbindung mit den Federleitungen ausgebildet werden.

Will man für die Gasbehälter zwecks starker Reduktion der Abmessungen höheren Gasdruck anwenden, so ist es ratsam, den Behältern soweit wie möglich Kugelform zu geben. Es zeigt sich bei der konstruktiven Bearbeitung, dass sich die Kugelform für Trenner und Messwandler sogar auch in Bezug auf die aktiven Bauteile und das elektrische Feldbild recht günstig erweist. *Arf.*

## Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

### Mehrkanal Radio-Fernschreiber mit Transistoren

[Nach P. G. Wray: Transistorized Multiplex Radio-Teletypewriter. Electronics Bd. 30(1957), Nr. 9, S. 150...154]

Die beschriebene 4-Kanal-Ausrüstung wurde für Schiffe und bewegliche Sendestationen entwickelt, wo Volumen, Gewicht und Energieverbrauch grosse Bedeutung haben. Die

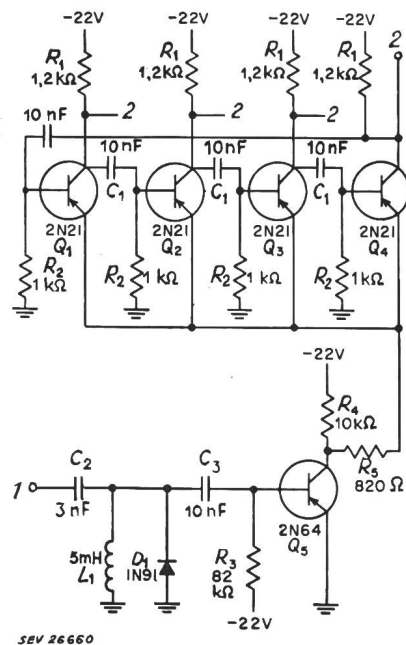


Fig. 1  
Zählkette mit Vorverstärker  
1 Eingang; 2 Ausgang

Apparatur verwendet 572 Transistoren und 739 Dioden und weist ein Totalgewicht von ca. 125 kg auf. Die Sendegeschwindigkeit erreicht 100 Wörter pro Minute.

Die Umschaltung der 4 Fernschreiber-Kanäle auf einen Radio-Kanal (Umformung von Serie- auf Parallel-Information) erfolgt mit Zählketten.

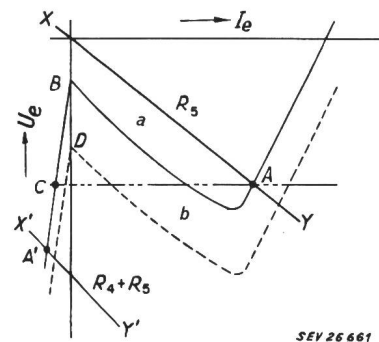


Fig. 2  
Emitter-Charakteristik und Lastlinie der Zählketten-Transistoren

a Emitter-Charakteristik; b Emitter-Charakteristik des auf den leitenden Transistor folgenden Transistors, während des Schaltimpulses; x-y Lastgerade; x'-y' Lastgerade während des Schaltimpulses; A Arbeitspunkt des leitenden Transistors; A' stabiler Arbeitspunkt während des Schaltimpulses; B, D Übergang zwischen dem leitenden und nicht-leitenden Gebiet; C Arbeitspunkt des nicht-leitenden Transistors

Zur Verminderung der Zahl der Schaltelemente und zur Vereinfachung der Schaltung der Zählketten wurde die negative Emitter-Charakteristik des Spitzentransistors ausgenützt.

Am Eingang (Fig. 1) wird eine Rechteckspannung angelegt, welche den Schwingkreis L<sub>1</sub>C<sub>2</sub> zum Schwingen erregt. Die Schwingung wird durch die Diode gedämpft, so dass auf

Fortsetzung des allgemeinen Teils auf Seite 643  
Es folgen «Die Seiten des VSE»