

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 60 (1969)
Heft: 18

Artikel: Konstruktive Lösungen bei gekapselten und geschotteten Schaltanlagen
Autor: Erhart, L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916177>

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: 03.04.2026

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

Konstruktive Lösungen bei gekapselten und geschotteten Schaltanlagen

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 22. April 1969 in Aarau,

von L. Erhart, Aarau

218 - 233

621.316.37

Die wichtigsten gekapselten und geschotteten Anlagentypen für Mittelspannung, wie sie in den europäischen Ländern und in Übersee gebaut werden, sind Ausgangspunkt eines kurzen Vergleiches. Verschiedene Lösungsmedien im Leistungsschalter, wie Druckluft-, Magnet-Luftschalter, Ölkesselschalter und ölarmer Schalter wie auch SF₆-Gas-Schalter, werden angewendet und beeinflussen den konstruktiven Aufbau der Schaltzelle wesentlich, wobei der ölarmer Schalter wegen seiner Einfachheit und Wirtschaftlichkeit eine immer grössere Verbreitung findet. Durch konsequente Anwendung der Isoliertechnik wurden erhebliche Fortschritte erzielt, welche eine Verkleinerung der Dimensionen der Geräte und Zellen ermöglicht. Wegen der Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Einfachheit in der Planung werden immer mehr fabrikfertige Anlagen in den Verteilnetzen eingesetzt. In einem Ausblick werden Entwicklungstendenzen angegeben.

1. Allgemeines

Wenn man den konstruktiven Lösungen im Schaltanlagenbau nachgeht, so muss sich die Untersuchung sowohl auf die heute in der Schweiz existierenden Typen richten als auch die modernen Konstruktionen anderer Länder berücksichtigen. Für den Vergleich ist es sicher wichtig, dass man vorher die wichtigsten konstruktiven Gesichtspunkte festhält, nach welchen gekapselte Schaltzellen, als die kleinste Einheit einer Anlage, zu charakterisieren sind:

- Vorerst sind die einschlägigen nationalen und internationalen Vorschriften und Empfehlungen zu berücksichtigen.
- Höchste Betriebs- und Prüfspannungen sind wesentlich für die Abmessungen.
- Die Kurzschlussleistung und das Bauprinzip des Leistungsschalters beeinflussen die Zellenbauart ganz massgebend.
- Nennströme der Felder und Sammelschiene sind zu bestimmen.
- Die Sicherheitsanforderungen sind zu berücksichtigen.
- Die Wirtschaftlichkeit ist zu berechnen.
- Dimensionen und Aufstellungsbedingungen sind zu beachten.

Diese Kriterien genügen im wesentlichen, um vergleichende Betrachtungen anstellen zu können. Im weiteren ist auch noch der Einsatz der Anlagen im Gesamtnetz näher festzulegen. Bekanntlich werden Mittelspannungsanlagen in vielfältigen Stufen in einem Netz eingesetzt. Zuerst auf der Generatorseite bei Kraftwerken, dann in den Unterwerken mit ihren angeschlossenen Transformatorstationen, wobei heute der Schwerpunkt des Bedarfes an Schaltanlagen bei Kurzschlussleistungen von 150...1000 MVA liegt.

Aus Platzgründen werden in diesem Bericht nur Schalterzellen behandelt. Auf die interessanten Lastschalterkonzeptionen, die im Mittelspannungsbereich eine grosse Bedeutung haben, soll nicht näher eingegangen werden.

2. Wichtigste Anlagentypen

Für die Unterscheidung verschiedener Konstruktionen von gekapselten und geschotteten Schaltzellen kann das Bauprinzip des Leistungsschalters herangezogen werden. Er ist weltweit immer noch Angelpunkt verschiedener grundsätzlicher Auffassungen und für den Bau von Anlagen von gros-

sem Einfluss. Die Schwerpunkte liegen heute beim Luft- bzw. Magnetschalter und dem Öl- bzw. ölarmer Schalter, wobei letzterer aus wirtschaftlichen und technischen Gründen eine enorme Verbreitung gefunden hat.

Les types d'installations blindées ou cloisonnées pour tension moyenne, construits dans les pays européens et d'outre-Atlantique, constituent le point de départ d'une brève comparaison. Divers moyens d'extinction, tels que les commutateurs pneumatiques et magnétiques, les interrupteurs des cuves à l'huile, les interrupteurs à faible volume d'huile, ainsi que les interrupteurs au gaz SF₆ sont utilisés dans l'interrupteur de puissance et influencent sensiblement la construction de la cellule de coupure, tandis que l'interrupteur à faible volume d'huile bénéficie, grâce à sa simplicité et son économie, d'une diffusion toujours plus étendue. Une application conséquente de la technique de l'isolement a facilité la réalisation de progrès conséquents, permettant une diminution des dimensions des appareils et des cellules. Des installations entièrement achevées sont toujours davantage incorporés dans les réseaux de distribution par suite de leur économie, de la sûreté et de la simplicité de leur planification. L'exposé indique pour terminer les tendances d'évolution manifestées dans ce domaine.

sem Einfluss. Die Schwerpunkte liegen heute beim Luft- bzw. Magnetschalter und dem Öl- bzw. ölarmer Schalter, wobei letzterer aus wirtschaftlichen und technischen Gründen eine enorme Verbreitung gefunden hat.

2.1 Magnetschalter

Fig. 1 zeigt eine für die USA typische Konstruktion einer Zelle, die im Bereich von 5...15 kV gebaut wird. Der Magnet-Luftschalter für Leistungen von 250...1000 MVA und für Nennströme bis zu 3000 A ist horizontal ausziehbar. Schalerraum, Kabelraum und Sammelschieneraum sind völlig voneinander geschottet, die spannungsführenden Teile werden bei ausgefahrenem Schalter automatisch abgedeckt. Im

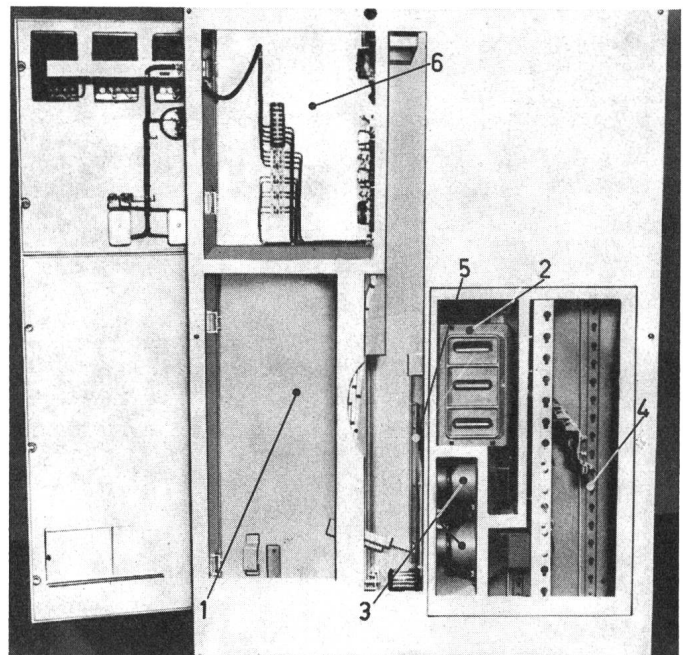


Fig. 1

Schnitt durch eine geschottete Zelle für Magnet-Luft-Schalter

- Schalerraum; 2 isolierte Sammelschiene; 3 Isoliertopf-Durchführung; 4 Kabelraum; 5 automatisch betätigte Abdeckungen; 6 Raum für Messgeräte und Relais

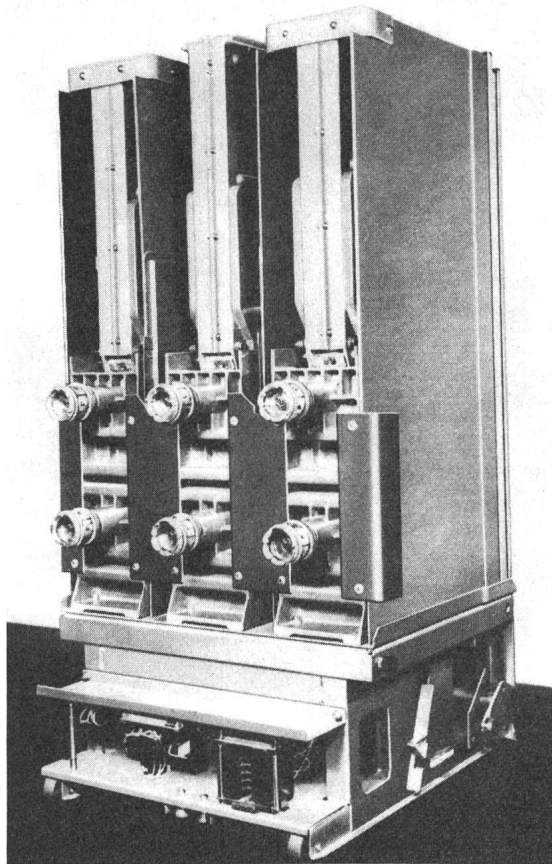


Fig. 2

Der zu Fig. 1 gehörende, herausgezogene Magnet-Luft-Schalter

Instrumentenkasten sind Schutzrelais und Messgeräte über dem Schalteraum vorgesehen. Die Zellenbreite ist mit ca. 800 mm sehr kompakt gewählt. Die Zugänglichkeit ist von beiden Seiten erforderlich, jedoch ist kein Untergeschoss oder Kabelkanal nötig. Zahlreiche Isolierstoffplatten beim Schalter und im Sammelschienenraum werden zur Verkleinerung der Abmessungen angewendet (Fig. 2). Die Sammelschienen sind teilisoliert. Vorwiegend werden nicht brennbare, d. h. flammwidrige Isolierstoffe angewendet. Die Verwendung dieser Zellen mit dem Magnet-Luft-Schalter ohne brennbares Löschmedium ist in den USA der meistverbreitete Anlagentyp.

Ebenfalls mit ausziehbaren Magnetschaltern werden in der Schweiz geschottete Schaltfelder für einen Spannungsbereich von 3,6...7,2 kV gebaut, wobei die Ausschaltleistung von 75...500 MVA und der Nennstrom von 800...2000 A variieren (Fig. 3). Die Zelle ist durch die Anwendung von isolierten Schienen und Abdeckungen sehr kompakt und völlig geschottet, die Zellenbreite beträgt 660 mm.

2.2 Anlagen mit Druckluftschalter

In Generatorschaltanlagen werden heute für die grössten Leistungen vorwiegend Druckluftschalter eingesetzt. Eine zweckmässige Bauart der gekapselten Anlage, wobei die Beherrschung der Kurzschlussbeanspruchung und der Erwärmung die Hauptprobleme darstellen. Es sind bereits Schalter für einen Nennstrom von 36 kA und einer Ausschaltleistung von 5000 MVA für 16...36 kV in Entwicklung. Fig. 4 zeigt einen solchen Druckluftschalter, der polweise gekapselt direkt in die Schienenverbindung eingebaut werden kann. Für Ströme über 12 kA wird Wasserkühlung angewendet. Im

unteren Bereich von 500...1500 MVA liegen ebenfalls Zellenkonstruktionen vor, die der Bauart mit Magnetschalter sehr ähnlich sind.

2.3 Anlagen mit Kesselölschalter

Der traditionsreichste Anlagenbau, basierend auf detaillierten Vorschriften, ist in Grossbritannien anzutreffen. Hier wurden die ersten völlig gekapselten und geschotteten Anlagentypen gebaut, wobei die Technik sich von den früher gussgekapselten Anlagen zu den heutigen modernen blechgekapselten und geschotteten Anlagen, unter Verwendung von modernen Isolierstoffen, weiterentwickelt hat. Generell werden dort für Kraftwerke und wichtige Unterwerke Magnet- oder Druckluftschalter eingesetzt, während in Unterwerken und Transformatorstationen die sog. «metalglad switchgear» mit dem Kessel-Öl-Schalter angewendet werden. Ein typisches Beispiel für Leistungen bis 350 MVA bei 11 kV zeigt Fig. 5. Der Nennstrom des vertikaltrennbaren Kessel-schalters ist in Varianten bis 2000 A erhältlich. Bemerkenswert sind die kleinen Dimensionen mit einer Breite von ca. 600 mm und einer Höhe von 1980 mm mit dem Spannungswandler. Die Aufstellung ist sehr einfach. Ein Kabelkanal ist nicht erforderlich. Die Montage des 3poligen Kabelendverschlusses erfolgt von hinten. Unter Verwendung von Epoxydharzen werden die Sammelschienen, Durchführungen, Stromwandler, Schalterteile meistens mit Isolierstoffen umschlossen eingesetzt. Ebenfalls traditionell werden Instrumente und Schutzrelais pro Zelle in einen separaten Kasten aufgebaut. Ein schwerer Anlagentyp im Bereich von 11...22 kV wird bis Leistungen von 1000 MVA gebaut.

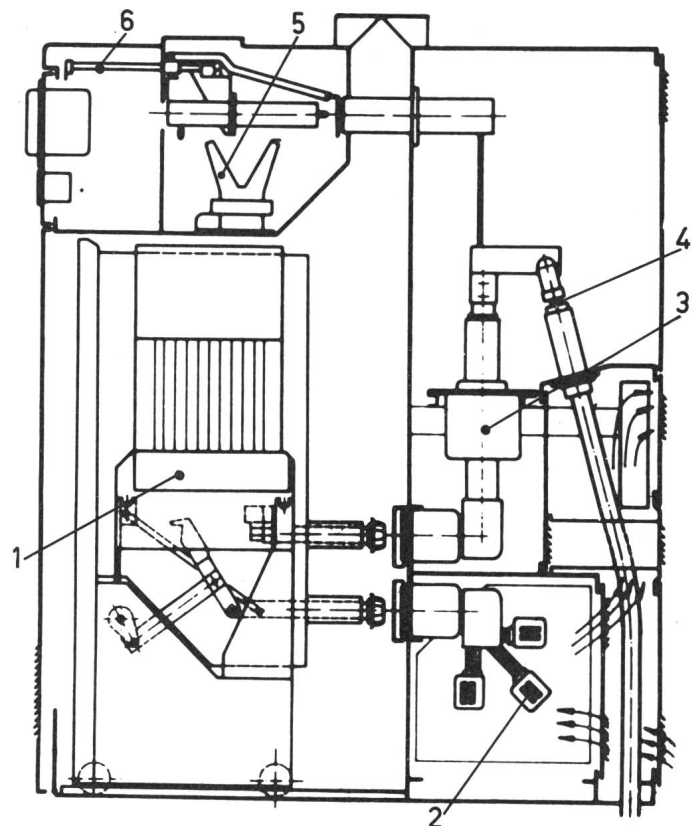


Fig. 3

Geschottete Zelle mit Magnet-Luft-Schalter für 7,2 kV

1 Magnet-Luft-Schalter; 2 isolierte Sammelschiene; 3 Durchführungs-Stromwandler; 4 Kabelanschluss; 5 Spannungswandler; 6 Instrumente und Relais

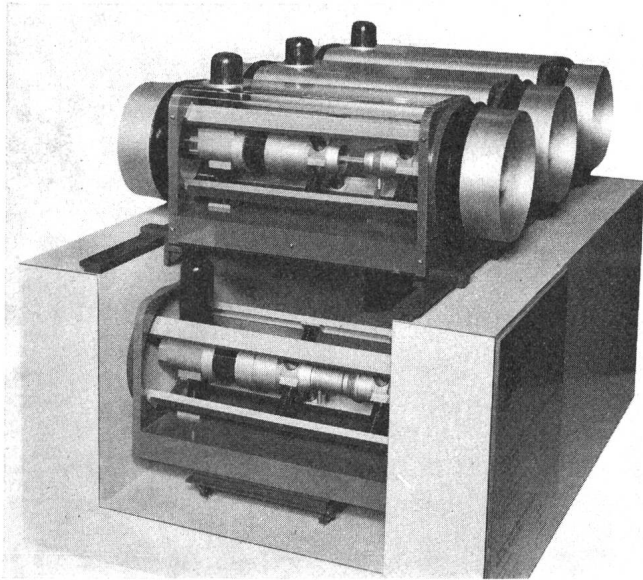


Fig. 4

Gekapselter 1poliger Druckluft-Schalter und Trenner bis 36 kV, für Nennströme von 12 bis 36 000 A

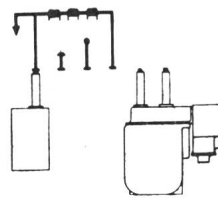
Bemerkenswert ist die kompakte Doppelsammelschienen-Lösung mit der Umschaltbarkeit mit Unterbrechung, sowie die in den Schaltzellen mögliche Erdung der Sammelschiene sowie des Kabels mittels des eingebauten Leistungsschalters. Fig. 6 zeigt, in welche Positionen der Schalter eingesetzt werden kann. Der Vorteil der Erdung mittels Leistungsschalter liegt in der Sicherheit. Ohne besondere Kontrolle kann ein Erdungsversuch gemacht werden, es kann auf einen Kurzschluss eingeschaltet werden, der Netzschutz sorgt für die sofortige Auslösung auf der Gegenseite. Selbstver-

ständig sind alle spannungsführenden Teile der englischen Anordnungen metallisch geschützt, d. h. unberührbar. Gegen Fehlbedienung sind Schalter und Wagen völlig verriegelt; eine grundsätzliche Bedingung für alle gekapselten Anlagen.

2.4 Anlagen mit ölarmen Leistungsschaltern

In Europa wird der ölarmer Schalter am häufigsten eingesetzt. Vielfältige Konstruktionen von Schalter und An-

Sammelschiene



Doppelsammelschiene

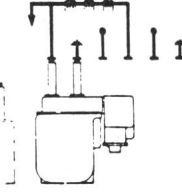
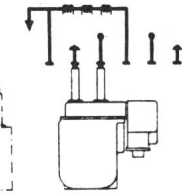
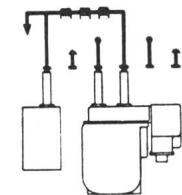
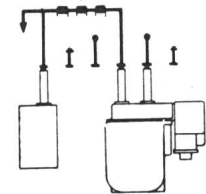
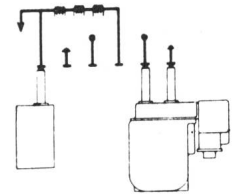
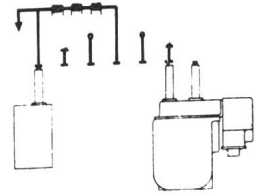


Fig. 6
Möglichkeiten der Schalterstellung in Schalterfeldern mit 1 und 2 Sammelschienen

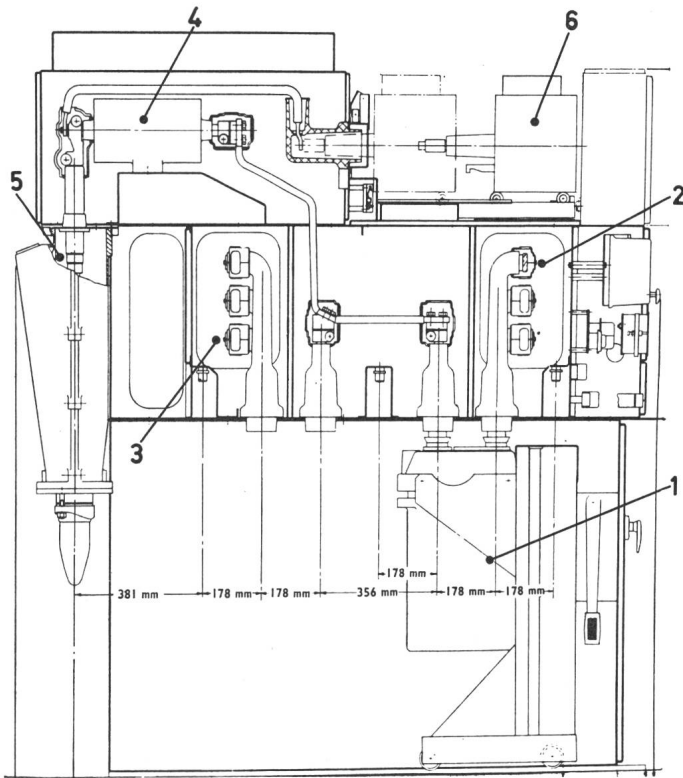


Fig. 5

Schnittbild durch eine Schalterzelle mit Vertikaltrennung und Doppelsammelschiene für 11 kV und 350 MVA

1 Kessel-Ölschalter; 2 Sammelschiene I; 3 Sammelschiene II; 4 Stromwandler; 5 Kabelendverschluss; 6 ausfahrbarer Spannungswandler

lagen sind hier anzutreffen. Es sei hier auf die wichtigsten Anlagentypen eingegangen und die schweizerischen Konstruktionen besonders berücksichtigt.

Eine geschottete Anlage unter Verwendung ölarmer Schalter zeigt Fig. 7. Bemerkenswert ist die konsequente Anwendung der Giessharztechnik. Der 3polige Schalter ist in einem Giessharzblock eingebaut. Strom- und Spannungswandler, Sammelschienen und Endverschlüsse sind der Anlage speziell angepasst. Bemerkenswert kleine Dimensionen

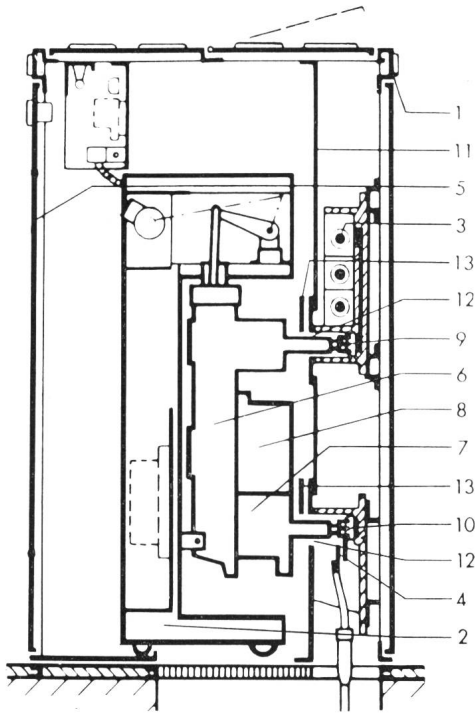


Fig. 7

Schalterzelle Isokompact für 12 und 24 kV

1 Zelle; 2 Schaltwagen; 3 Sammelschienen-system; 4 Klemmen; 5 Stahlblechtür; 6 Leistungsschalter; 7 Stromwandler; 8 Spannungswandler; 9 obere Trennkontaktglieder; 10 untere Trennkontaktglieder; 11 Schottungsplatten; 12 Ausschnitte in den Schottungsplatten; 13 Schiebeplatten

werden erreicht, so für 10 kV eine Breite von 575 mm, für 20 kV 625 mm, wobei ein Leistungsbereich von 250...750 MVA umfasst wird. In letzter Zeit ist eine einfachere Zelle mit weniger Isolierstoff und einzelnen Schalterpolen bekanntgeworden, dafür dürften wirtschaftliche Überlegungen verantwortlich sein.

Ein vielfältiges Programm über Mittelspannungsanlagen für 12 und 24 kV bis zu etwa 750 MVA Ausschaltleistung zeigt Fig. 8. Hier kann der Käufer entsprechend dem gewünschten Sicherheitsgrad zwischen offener, gekapselter und geschotteter Ausführung wählen. Alle Bauelemente, wie

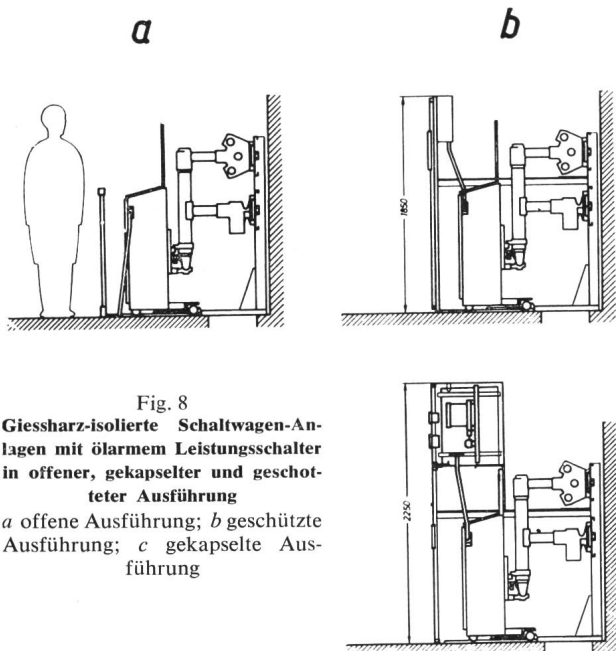


Fig. 8

Gießharz-isolierte Schaltwagen-Anlagen mit ölarmem Leistungsschalter in offener, gekapselter und geschotteter Ausführung

a offene Ausführung; b geschützte Ausführung; c gekapselte Ausführung

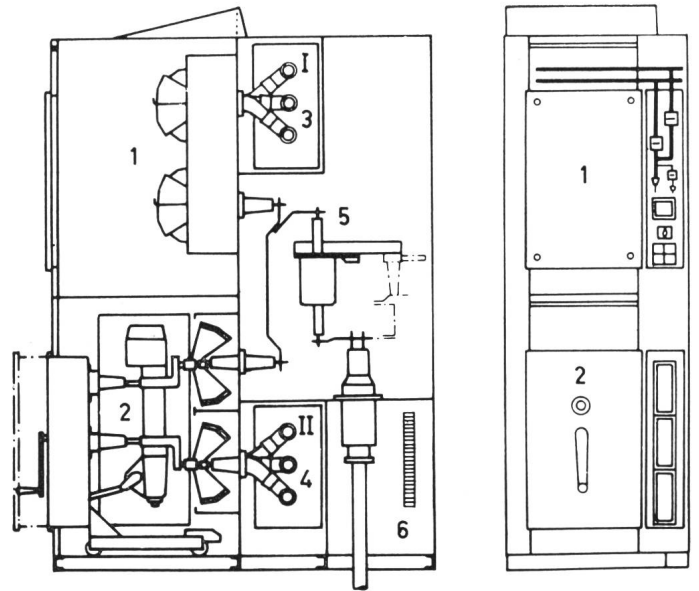


Fig. 9

2stöckiges Doppelsammelschienen-Schalterfeld

1 Schalterzelle I (ohne Schalter); 2 Schalterzelle II mit ölarmem Leistungsschalter; 3 Sammelschiene I; 4 Sammelschienen II; 5 Stromwandler; 6 Kabelraum

ölarme Schalter, Wandler und Sammelschiene, sind mit Isolierstoff umhüllt, was eine kompakte Anordnung ermöglicht. Die Zellenbreite liegt bei 600 mm für 10 kV und 800 mm für 20 kV. In den meisten Fällen wird für die Kabel ein zweites Geschoss benötigt, was einen ungünstigen Raumfaktor ergibt. Messung und Schutz sind in der Regel von der Hochspannungs-Anlage getrennt.

Mittels ölarmen Schaltern für 250 bis 1000 MVA wird in der Schweiz ein grosses Programm von geschotteten und gekapselten Anlagen gebaut. Die Fig. 9 zeigt ein Beispiel eines 2stöckigen Duplex-Feldes. Die Feldbreite variiert im Bereich von 700...1000 mm, wobei Mess- und Schutzgeräte seitlich an der Zellenfront untergebracht werden können. Bemerkenswert sind die segmentförmigen Klappen, welche beim ausgefahrenen Schalter die Anlage berührungssicher machen. Isoliertrennwände, isolierte Sammelschienen und entsprechende kompakte Wandler und Endverschlusskonstruktionen ermöglichen den platzsparenden Aufbau.

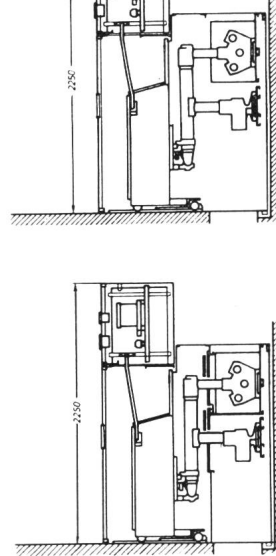


Fig. 10 zeigt eine gekapselte Anlage einfacher Bauart für 12 und 24 kV für Leistungen bis 1000 MVA einer anderen Firma. Dieser Anlagentyp wird in Zellenbreiten von 750...1200 mm gebaut, wobei mittels Isolierwänden die kleinere Dimension erreicht wird. Für Doppelsammelschienen ist die Anordnung Rücken an Rücken sehr vorteilhaft. Bei ferngesteuerten Anlagen wird der Trennwagen-Schalter auch in motorisierter Ausführung gebaut. Die geschottete Anlage nach Fig. 11 mit höherem Sicherheitsgrad für den gleichen Leistungsbereich wird im Baukastensystem

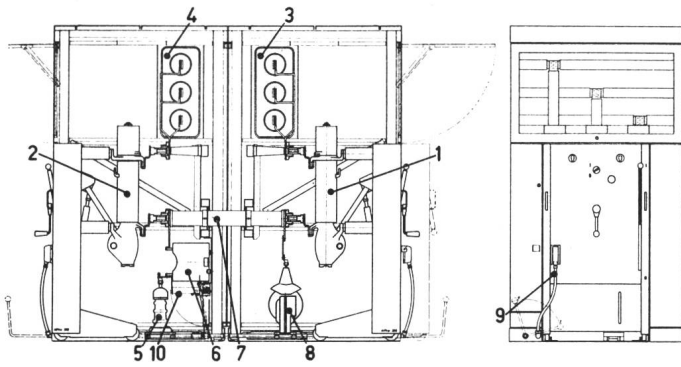


Fig. 10

**2stöckiges Doppelsammelschienen-Schalterfeld
Ölstrahlschaltern für 12 und 24 kV**

1 Schalter I; 2 Schalter II; 3 Sammelschiene I; 4 Sammelschiene II;
5 Kabelanschluss; 6 Stromwandler; 7 Durchführung; 8 Spannungswandler; 9 Steckeranschluss für Steuerleitung; 10 Erdtrenner

zur vorher gezeigten Anlage zusammengesetzt, wobei Nennströme bis 1600 bzw. 3150 A im Abgang möglich sind. Beim ausgefahrenen Schalter sind sämtliche spannungsführenden Teile automatisch abgedeckt. Beide Typen sind mit Druckentlastungsklappen ausgerüstet, um bei einem evtl. Kurzschluss eine Explosion der Zelle zu verhindern bzw. eine Störung auf eine Zelle zu begrenzen. Bemerkenswert für beide Typen ist die lückenlose Schalterreihe, welche im gleichen Zellentyp ohne Abänderung auswechselbar ist. Ferner wurden isolierte Sammelschienen und Sammelschienträger eingesetzt, welche eine Lichtbogenwanderung verhindern. Erwähnenswert in diesem Zusammenhang sind auch offene, aber geschützte Schaltanlagen, die in letzter Zeit vor allem für die Aufstellung in separaten Betriebsräumen angewendet werden (Fig. 12). Der einfache Aufbau der 750-mm-Zelle ermöglicht, eingeschossige Anlagen bei ausgezeichneter Zugänglichkeit zu bauen. Durch die konsequente, aber optimale Anwendung der Isoliertechnik, d. h. alle fest eingebauten Komponenten sind teilisoliert, wird ein sicherer Anlagentyp geschaffen. Bei einer evtl. Lichtbogeneinwirkung wird nach vorne ein guter Personenschutz gewährleistet und mittels der Zellenunterteilung auch der Schaden auf eine Zelle beschränkt.

Neben den bisher gezeigten Anlagentypen mit dem trennbaren Leistungsschalter werden von zahlreichen Herstellern auch gekapselte Anlagen mit Trenner bzw. Lasttrenner als Sicherheitstrenner gebaut. Aus dem Programm gekapselter und geschotteter Zellentypen mit ölarmen Leistungsschaltern (Fig. 13) ist ein sehr kompakter Zellentyp für zwei Sammelschienen bemerkenswert. Die Zellen werden gebaut für die Reihe von 10 kV in einer Breite von 600 und 800 mm und für 20 kV in 1000 mm Breite und für Leistungen bis 500 MVA (bei 20 kV). Diese Anlagenbauform mit fest eingebauten Schaltern und Trennern als fabrikfertige Anlage wird ganz allgemein angewendet.

2.5 Anlagen mit SF₆-Leistungsschalter

Es sind verschiedene Schalter-Lösungen mit SF₆ als Löschmedium bekanntgeworden, wobei jedoch in industrieller Produktion vor allem in Frankreich ein Typ in grösserer

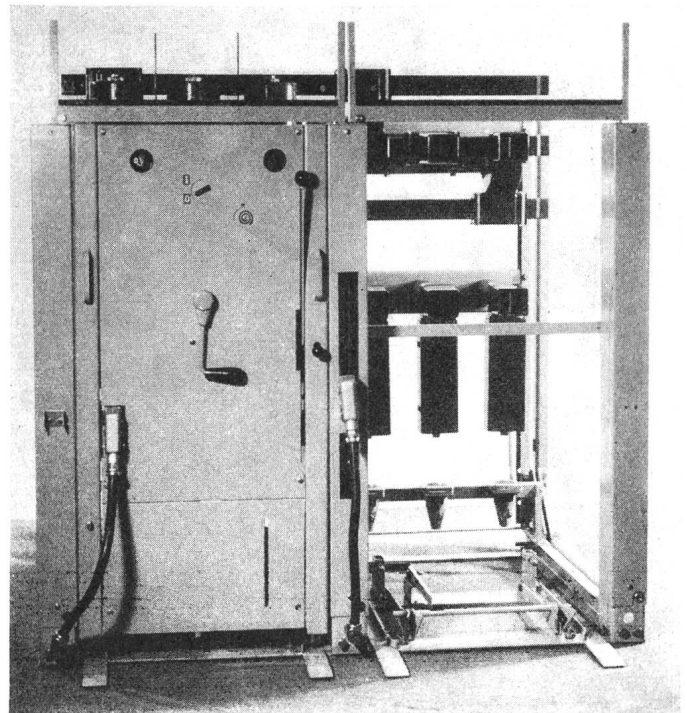


Fig. 12

Teilisiolierte Hochspannungszellen mit Ölstrahlschaltern für 12 und 24 kV in einer Felderteilung von 750 mm

Serie hergestellt wird (Fig. 14). Bekanntlich werden in Frankreich in sämtlichen Verteilstationen die Kurzschlussleistungen auf 250 MVA begrenzt, wodurch genormte Anlagentypen eingesetzt werden können. Der dreipolige Schalter für 17,5 kV befindet sich in einem Gehäuse und die dazugehörigen 6 Durchführungen werden in Trennkontakte eingefahren. Bemerkenswert ist die ausserordentlich kompakte Anordnung mit einer Feldteilung von nur 430 mm. Sammelschienenraum und Endverschluss sind mit chloriertem Öl gefüllt. Die Anlage gilt als geschottet.

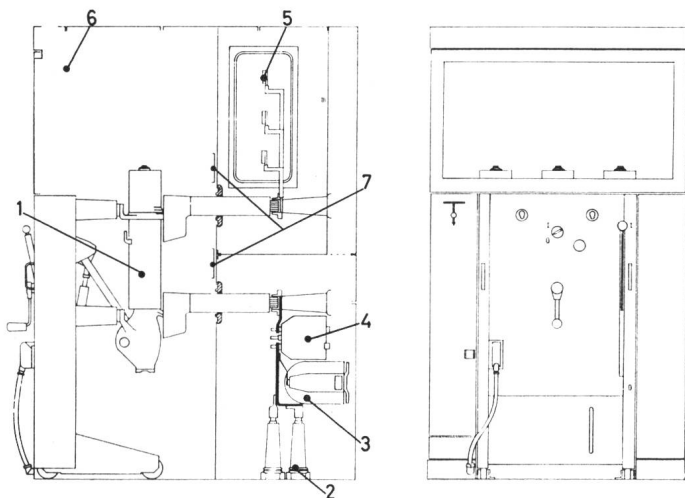


Fig. 11

Geschottetes Schalterfeld mit Ölstrahlschalter

1 Ölstrahlschalter; 2 Kabelendverschluss; 3 Spannungswandler;
4 Stromwandler; 5 Sammelschiene; 6 Raum für Instrumentenkasten;
7 automatisch betätigte Abdeckungen

3. Zusammenfassung

Wenn man abschliessend die gezeigten Lösungen überblickt, die etwa den heutigen Zellenbau repräsentieren, so ist es sicher sinnvoll, einige markante Punkte besonders festzuhalten. Man kann feststellen, dass ganz verschiedene Schalterprinzipien, d. h. Löschmedien für Mittelspannungs-

schalter, herangezogen werden und dass sowohl die meistverbreiteten Löschrinzipien wie Magnet-Luftschalter sowie die Ölschalter ihre spezifischen Anwendungsvorteile haben.

In der Mehrzahl der Anwendungsfälle werden die Schalter auf horizontal trennbare Wagen eingesetzt. Selbst bei Doppelsammelschienen werden heute aus Sicherheitsgründen vorwiegend trennerlose Anlagen gebaut. In Ländern mit eingehenden Bau- und Sicherheitsvorschriften werden nahezu ausschliesslich geschottete, zumindestens aber gekapselte Anlagen eingesetzt, d. h. vorwiegend fabrikfertige und geprüfte Anlagen. Beachtenswert ist jedoch, dass die Prüfung mit einem Kurzschlusslichtbogen in Vorschriften noch nicht verlangt wird. Fig. 15 zeigt, welche Druckwirkungen in einer

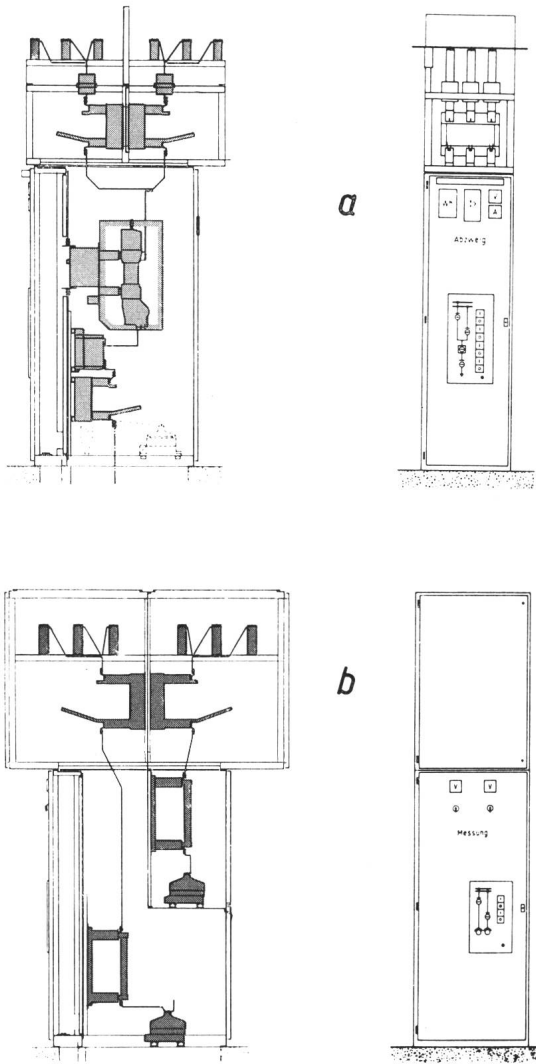


Fig. 13

Schalterfeld mit Trenner und festeingebautem ölarmem Schalter und Doppelsammelschiene

a Schalterfeld mit Doppelsammelschiene, Sammelschiene offen;
b Messfeld, Sammelschiene gekapselt

Zelle entstehen, wenn verschiedene Entlastungsöffnungen wirksam werden [1]¹⁾. Versuche haben gezeigt, dass aus Sicherheitsgründen entsprechende Öffnungen zur Druckentlastung sowie auch für die Wärmeabfuhr im Dauerbetrieb vorzusehen sind. In allen Fällen sind starke Zellentrennwände zur Lokalisierung eines Schadens erforderlich. Zusätzlich zu den mechanischen Massnahmen ist auch die Kurzschluss-

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

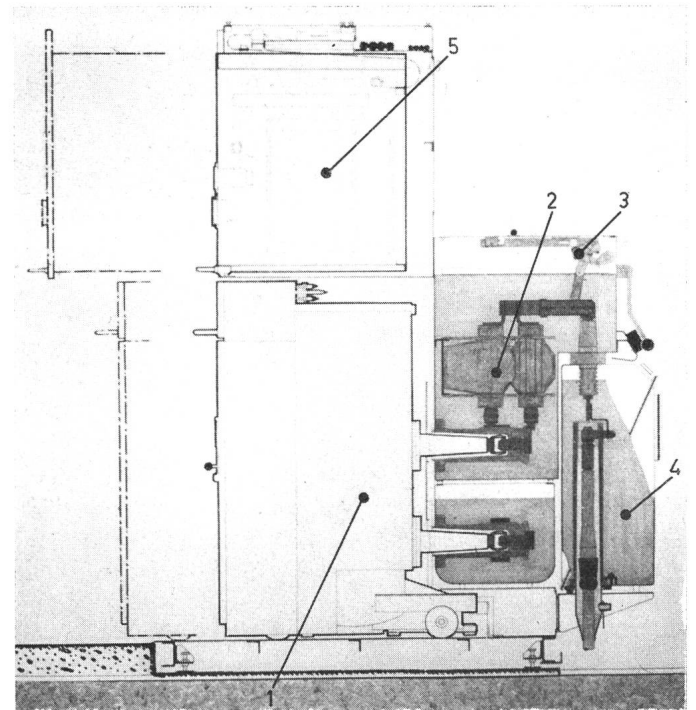


Fig. 14

Geschottetes Schalterfeld mit SF₆-Leistungsschalter für 250 MVA
1 3poliger SF₆-Schalter; 2 Wandler; 3 Erdtrenner; 4 Kabelendverschluss; 5 Instrumentenkasten

dauer bei höheren Strömen zu begrenzen, um eine völlige Zerstörung durch den Lichtbogen selbst zu reduzieren. Dafür werden heute der Sammelschienenschutz wie auch der wirtschaftliche Photozellenschutz mit Erfolg eingesetzt. Es ist erforderlich, dass die Hersteller von Anlagen diesbezügliche Prüfungen durchführen.

Als Kabelendverschlüsse werden von den meisten Herstellern sog. Kunststofftypen mit kleiner spannungsführender Breite eingesetzt, oder es werden die gekapselten Typen angewendet. Ganz allgemein wird die Unterbringung der Endverschlüsse in der Zelle, d. h. die Aufstellung auf ebenem Boden, stark bevorzugt. Durch die Vermeidung eines Unter-

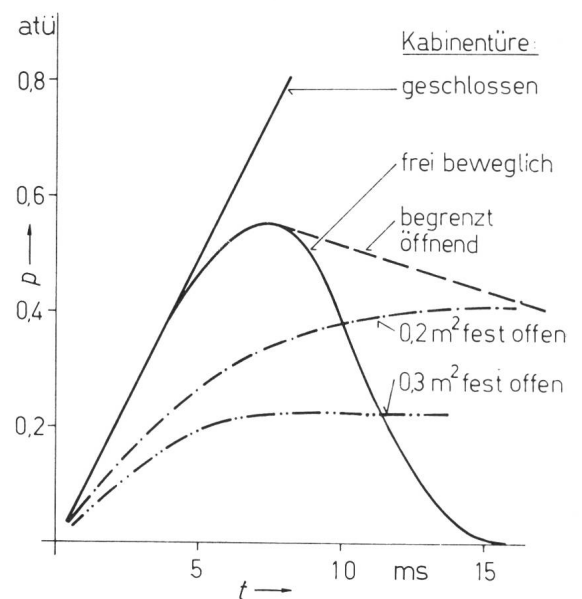


Fig. 15

Druckverlauf in einer Schalterzelle in Funktion der Zeit unter Lichtbogenwirkung
Kabinenvolumen 12 m³; I_{eff} = 20 kA

geschosses für Kabel sind die Raumeinsparungen grösser, als eine nochmalige Verkleinerung der Zellen bewirken könnte. In bezug auf die Platzierung der Messgeräte und Relais sind zwei Auffassungen vertreten, die eine mit dem Einbau dieser Geräte im jeweiligen Schaltfeld, die andere in einer kompletten Trennung. Beide Lösungen haben ihre Berechtigung, tendenzmässig stellt man jedoch fest, dass aus Sicherheitsgründen der Mess- und Steuerteil vom Hochspannungsteil zu trennen ist. Mit dem fabrikfertigen Bau von Schaltzellen wird ganz allgemein eine hohe Wirtschaftlichkeit in der Herstellung, Planung von Anlagen und eine durchgeprüfte und auch wenig Montagekosten verursachende Technik erreicht. Tendenzmässig werden daher auch in der Schweiz immer mehr fabrikfertige Anlagen eingesetzt. Die Masse der Zellen wurden in den letzten Jahren erheblich reduziert, nicht zuletzt auch wegen der Wirtschaftlichkeit. So liegen heute die Zellenbreiten für 12 kV bei etwa 600...900 mm, während für 24 kV etwa 750...1200 mm anzutreffen sind. Diese kleinen Masse wurden in allen gezeigten Beispielen durch die Verkürzung der Luftabstände zwischen den Elektroden erreicht. Dazu wurden bessere Elektrodenformen, isolierende Zwischenwände wie auch die Teilisolierung der Elektroden eingesetzt. Diese Isolierungen werden heute weltweit im Anlagenbau mit Erfolg angewendet, wobei die Sammelschienen ganz allgemein mit Teilisolierung ausgeführt werden, vor allem zwecks Vermeidung einer Lichtbogenwanderung. Es kann sicher behauptet werden, dass der Schwerpunkt der heute hergestellten Mittelspannungsanlagen bei den kleineren Massen liegt.

Es ist schwierig, die gezeigten Lösungen wirtschaftlich zu beurteilen. Absolut gesehen ist die offene bzw. ungeschützte Hochspannungsanlage die absolut billigste Lösung, danach würde mit etwa 15 % höheren Kosten die gekapselte Anlage kommen, nochmals etwa 10 % höher liegt die geschottete Zelle. Dies mag einer der Gründe sein, warum noch viele offene, ungeschützte Anlagen gebaut werden.

Die gezeigten Zellentypen werden in verschiedenartigsten Anordnungen eingesetzt. Die örtlichen Umstände, wie Grundflächen und Höhenverhältnisse, die Gesamtanordnung mit den Feldern der höheren Spannungsstufe und den Leistungstransformatoren, sind heute massgebend dafür, wie die Mittelspannungsanlage konzipiert wird und ob breite oder schmale Zellen gewählt werden. Oft spielen auch die persönlichen Auffassungen und Erfahrungen des Erstellers von Anlagen eine massgebende Rolle.

4. Ausblick

So heikel es ist, Zukunftsprognosen für den Bau von Mittelspannungsanlagen zu stellen, so lassen sich einige Tendenzen sicher erkennen.

Die Forderung nach technisch einwandfreien und wirtschaftlichen Lösungen ist ernstzunehmen. Unter einer wirtschaftlichen Lösung ist zu verstehen, dass sowohl die Investition in die Schaltanlage, das Bauvolumen sowie auch die Unterhaltskosten ein Minimum darstellen sollen, werden doch allein in der Schweiz jährlich mindestens 2000 Schaltzellen (in England sind es ca. 15 000) neu in Betrieb genommen.

In letzter Zeit hat es wirklich nicht an mutigen Lösungen und Kleinstausführungen gefehlt. So hat man z. B. in Deutschland eine beachtenswerte Zelle, sozusagen eine Schaltmaschine für 10 kV und 350 MVA mit dem Schalter als Einschubelement mit den Massen von nur 350 mm Breite, 900 mm Höhe und 1500 mm Tiefe entwickelt.

Wo sind nun zukünftige konstruktive Lösungen zu suchen?

a) Die Beherrschung des Lichtbogens im Schalter auf immer kleinerem Raum ist und bleibt eine entscheidende Aufgabe. Neue Löschemdien wie Gase, z. B. SF₆, oder auch Vakuum sind Möglichkeiten, welche bereits ausgenützt werden.

b) Die allgemeine Normung der Nenndaten der Messwandler, wie die der Übersetzung und der Nennströme sowie eine Verkleinerung der Sekundärleistung unter Verwendung von transistorisierten Relais würde einen grossen Fortschritt bringen.

c) Die Normung und Verkleinerung der Kabelendverschlüsse ermöglicht beachtliche Platzeinsparungen in der Zelle.

d) Die Anwendung von neueren und noch leichter verarbeitbaren Isolierstoffen bietet viele Möglichkeiten. Wie weit eine Vollisolierung der Apparate bei Mittelspannung auch wirtschaftlich sein kann, wird die Zukunft zeigen.

e) Mit einer genügenden Bedienungssicherheit, noch einfacherer Wartung und Montage sowie einer wirtschaftlichen Seriefabrikation von Schaltanlagen sind sicher bekannte Forderungen genannt.

Für die Lösung all dieser Aufgaben bedarf es wie bisher einer sinnvollen Zusammenarbeit zwischen Benutzer und Hersteller von Mittelspannungsanlagen.

Literatur

- [1] P. Steglich: Beitrag zur Frage leistungsstarker Lichtbogenüberschläge in Hochspannungsschaltanlagen. Dissertation Technische Hochschule Darmstadt, 1959.

Adresse des Autors:

L. Erhart, Leiter der Konstruktionsabteilung der Hochspannungsfabrik der Sprecher & Schuh AG, 5036 Oberentfelden.

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Sitzungen des CE 61, Sécurité des appareils électrodomestiques, vom 23. bis 28. Juni 1969 in Zürich

An der Tagung des CE 61 unter dem Vorsitz von R. C. G. Williams (UK) waren 18 Nationalkomitees, darunter die Schweiz, vertreten. Das Sekretariat führen die USA.

Zur Diskussion stand vor allem der zweite Entwurf des allgemeinen Teiles von Empfehlungen für die Sicherheit von elektrischen Haushaltgeräten, Dokument 61(Secrétariat)27. Es ging im wesentlichen darum, die europäischen und amerikanischen Anforderungen möglichst auf einen Nenner zu bringen. Von Indien wurde beantragt, für Länder mit tropischem Klima die Bezugstemperaturen für Prüfungen und die Isolationswiderstände zu erhöhen sowie die zulässigen Ableitströme wesentlich herabzu-

setzen. Diesen Wünschen wird in einem Anhang, der später zur Diskussion gestellt werden soll, entsprochen werden. Neu eingeführt wurde der Begriff Sicherheits-Kleinspannung, der sich weitgehend mit dem CEE-Begriff Kleinspannung deckt. Statt dass man die Sicherheitskleinspannung als von einem Sicherheitstransformator, nach CEE-Publikation 15, geliefert definiert, verlangt man von ihr, dass in diesem Transformator die Kleinspannung gegenüber der Netzspannung doppelte oder verstärkte Isolation aufweise. Ausführlichere Anforderungen an Sicherheitstransformatoren sollen in einem eigenen Sekretariatsdokument vorgelegt werden. Kleinspannung bedeutet eine Spannung bis ma-