Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 77 (1986)

Heft: 5

Artikel: Autonome Wandler mit SF6-Isolation

Autor: Friedrich, M. / Faltermeier, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904170

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: 09.12.2025

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

Autonome Wandler mit SF_6-Isolation

M. Friedrich und F. Faltermeier

In dem folgenden Aufsatz wird die SF_6-Isolation mit den anderen Hauptisolationsträgern verglichen, und es wird auf die Vorteile ihres Einsatzes im Wandlerbau hingewiesen. Ferner werden einige konstruktive Besonderheiten behandelt.

L'article présente une comparaison de l'isolation par SF_6 avec les autres agents isolants principaux et mentionne les avantages de son emploi dans la construction de transformateurs de mesure. Quelques particularités de la construction sont également traitées.

Adresse der Autoren
M. Friedrich und *F. Faltermeier*,
Moser-Glaser & Co. AG, 4132 Muttenz.

Die Schwefelhexafluorid-Isolation (SF_6) wird in der Hochspannungstechnik seit etwa fünfundzwanzig Jahren verwendet und hat sich in steigendem Masse durchgesetzt. Sie wurde zuerst im Schalterbau und für gekapselte Anlagen eingesetzt [1]; neuerdings zeigt sich auch ein Interesse für die Anwendung bei autonomen Wandlern und für Laborgeräte.

1. Hauptisolationen im Wandlerbau

Für die Hauptisolation im Wandlerbau bestehen verschiedene bewährte Möglichkeiten, die im folgenden mit ihren wichtigsten Vor- und Nachteilen sowie Beschränkungen im Verwendungsbereich kurz erwähnt seien:

a) Luft in Verbindung mit Abdekkungen und Barrieren. Diese Isolation ist für Wandler mit niedrigen Betriebsspannungen bis U_{max} = 12 kV geeignet.

b) Kunstharz wird allgemein für Wandler bis U_{max} = 170 kV eingesetzt. Über dieser Spannung wachsen die technologischen Schwierigkeiten mit der erforderlichen Dicke der Harzstärken. Die steigende Gefahr der Rissbildung mit zunehmender Schichtdicke muss durch entsprechendes Flexibilisieren des Harzes gemildert werden. Dabei steigt der Verlustfaktor, und die dielektrische Qualität leidet. Harmlose Lunker im Harz verschlechtern die Werte bei Teilentladungsmessung. Das Ausweichen auf die Kaskadenanordnung bedeutet einen kleineren Wirkungsgrad und bringt Schwierigkeiten mit der Stossspannungsverteilung.

c) Ölpapier: Öl in Verbindung mit Papier (Weichpapierisolation) ist für höchste Betriebsspannungen geeignet. Nachteilig sind die relativ kompliziert zu fertigende Verkleidung des Aktivteiles mit dieser Isolation und der erforderliche Trocknungs- und Imprägnierungsprozess. Die Brennbarkeit solcher Wandler wird bei der ölarmen Ausführung auf ein Minimum reduziert.

Kleine Inhomogenitäten im Dielektrikum, z.B. eine Stelle, welche nicht gut durchimprägniert ist oder einen hohen Verlustfaktor aufweist, können messtechnisch nur sehr schwer oder gar nicht erkannt werden. Dem steht aber die grosse Erfahrung gegenüber, welche die meisten Hersteller auf diesem Sektor besitzen. Demzufolge ist für solche Wandler im allgemeinen eine sehr hohe Betriebssicherheit gewährleistet.

d) SF_6-Isolation: Diese ist für hohe und höchste Betriebsspannungen geeignet. Die Aktivteile liegen unverkleidet im Gas. Ihre Ausbildung erfolgt so, dass das Feld weitgehend homogen ist. Die ganze Konzeption ist sehr übersichtlich. Zwischen den unter Potential stehenden Teilen und der geerdeten Umgebung befindet sich das unter Druck stehende SF_6-Gas (z.B.: 3,5 bar). Von grosser Bedeutung ist die Dichtigkeit des Behälters. Verlustgarantien von <1% des Gases pro Jahr sind heute üblich.

Aus diesem kurzen Vergleich der einzelnen Isolationsarten lässt sich erkennen, dass die SF_6-Isolation vor allem infolge der sich dabei ergebenden einfachen Bauart interessante Möglichkeiten bietet.

Tabelle I enthält einige charakteristische Werte der bei der Herstellung von Wandlern verwendeten Hauptisolierstoffe.

2. Eigenschaften des SF_6

Die dielektrische Festigkeit von SF_6 ist bei atmosphärischem Druck wesentlich grösser als in Luft [2; 3; 4] und bei 3,5 bar in der gleichen Grössenordnung wie bei der Ölisolation. Diese Festigkeit steigt in annähernd homoge-

Charakteristische Werte verschiedener Isolierstoffe für Wandler Tabelle I

	Spezifische Masse kg/m³	Wärmeleitwert $\frac{W}{m \cdot K}$	Spezifische Eigenwärme $\frac{J}{kg \cdot K}$	Durchschlagsspannung mit Wechselspannung 50 Hz[1] kVeff
Luft (1 bar)	1,2	0,026	1000	22
Öl: reines Öl	910	0,165	1800	70
Öl: Ölpapier	1000	0,2	2500	420
Kunstharz	1800	0,6	850	130
SF_6: 1 bar	6,15	0,019	800	63
SF_6: 3,5 bar	22	0,057		170

[1] Homogenes Feld mit 1-cm-Elektrodenabstand

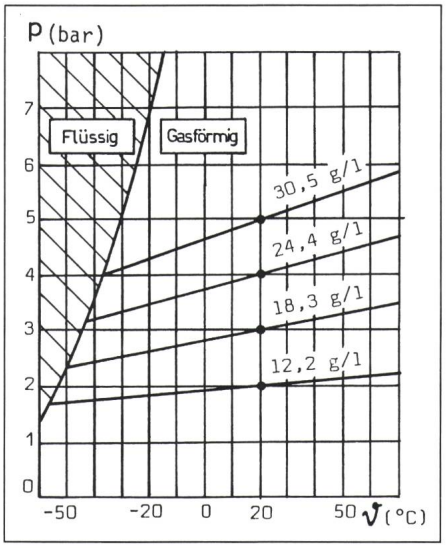


Fig. 2 Dampfdruckkurve des SF_6-Gases

nen Feldern mit dem Druck gemäss folgender Beziehung an (Fig. 1):

$$E_{p2} = E_{p1} \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,7...0,8}$$

E_{p1} maximal zulässige Beanspruchung (kV/cm) bei dem Druck p_1
E_{p2} maximal zulässige Beanspruchung (kV/cm) bei dem Druck p_2
p_1, p_2 Gasdrücke in bar (bei gleichen Temperaturen)

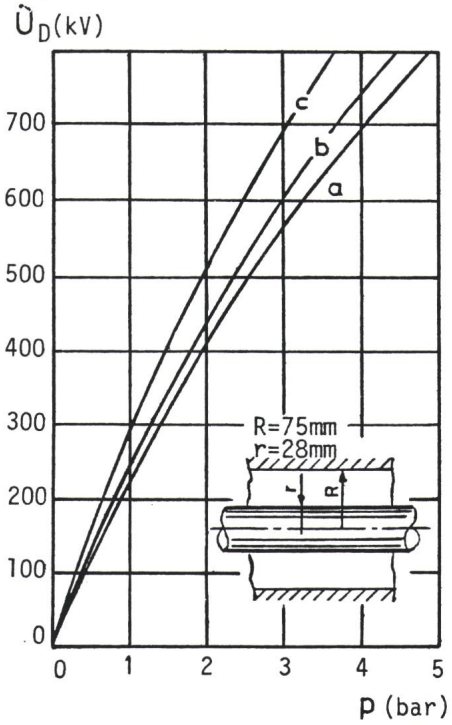


Fig. 1 Dielektrische Festigkeit in SF_6 zwischen konzentrischen Zylinderelektroden in Funktion vom Gasdruck

a 50-Hz-Wechselspannung
b 1,2/50 µs Stoss (−)
c 1,2/50 µs Stoss (+)

Vorteilhaft gegenüber der Ölisolation ist der Umstand, dass diese Festigkeit ohne die Anwendung von Barrieren, Bandagen, Manchetten und Verkleidungen erhalten wird. Die Elektroden sind mit entsprechenden Rundungen auszubilden und dürfen keine Unebenheiten oder gar Spitzen aufweisen [5]. Zwischen den Elektroden eingeschobene Schirme oder dicke Verkleidungen der Elektroden mindern die elektrische Festigkeit der Anordnung. Ist das Feld stark inhomogen, so nimmt die Festigkeit mit steigendem Druck von einem gewissen kritischen Druckwert an sogar ab. Die SF_6-Isolation zeigt keine Alterung, solange in ihr keine Entladungen beziehungsweise Teilentladungen auftreten. Im homogenen Feld herrscht Teilentladungsfreiheit bis zum Durchschlag.

SF_6 ist chemisch neutral, also nicht aggressiv, ferner ungiftig und unbrennbar. Es kann als «umweltfreundlich» bezeichnet werden. Erst über die Einwirkung von Lichtbögen oder Entladungen können sich toxische Produkte bilden. Durch seine Fähigkeit zur Regenerierung findet es nach einer relativ kurzen Standzeit in seinen Originalzustand zurück. Aufgrund dieses Vorteiles ist es für den Schalterbetrieb besonders gut geeignet. Abschliessend sei noch festgestellt, dass SF_6 bei 4 bar im Hinblick auf die Volumenfüllung etwa 35mal leichter ist als das Öl.

Wichtig ist bei der Verwendung des SF_6 die Beachtung der Dampfdruckkurve (Fig. 2). Arbeitet man z.B. bei 20 °C mit einem Druck von 4 bar, so wird das Gas im verschlossenen Behälter bei einer Temperatur von −45 °C flüssig. Diese Eigenschaft begrenzt den Betriebsdruck von Freiluftapparaten [6].

3. SF_6 als Wandlerisolation

Wie erwähnt, bedeutet die Ausführung der Hochspannungsisolationen mit SF_6 eine Vereinfachung bei der Herstellung der Aktivteile der Wandler. Die Ölpapierisolation erfordert eine sehr aufwendige Isolierarbeit. Die Elektroden und die Spulen müssen verkleidet und bandagiert werden. Diese anspruchsvolle Arbeit lässt sich zum Teil nur manuell erledigen. Die Qualität der Ölpapierisolation ist ferner von den Trocknungs- und Evakuierungsverfahren stark abhängig.

Die Vereinfachung bei der Verwendung der SF_6-Isolation wird bei der Betrachtung der Figuren 3 und 4 deutlich. Die Ausführung des SF_6-Spannungswandlers erfolgt im allgemeinen mit einer einfachen Rechteckspule mit Kunststoff als Lagenisolation. Radial aussen wird die Spule durch eine Ringelektrode abgeschlossen. Der Stromwandler mit SF_6 besitzt zwei Elektroden. Die Kopfelektrode liegt an Hochspannung und trägt den Primärleiter. Ihr in Erdrichtung liegender zylindrischer Ansatz dient der Feldsteuerung. Die zweite Elektrode umschliesst den Kern des Wandlers mit der Sekundärwicklung und liegt an Erde. Beide Elektroden sind mit Hilfe eines Kunstharzisolators voneinander distanziert. Die Zwischenräume sind mit SF_6-Gas ausgefüllt. Als Ausführungsbeispiel zeigt Figur 3 den offenen Aktivteil eines Spannungswandlers.

Solche Konstruktionen lassen sich gut herstellen. Die Fabrikation ist ra-

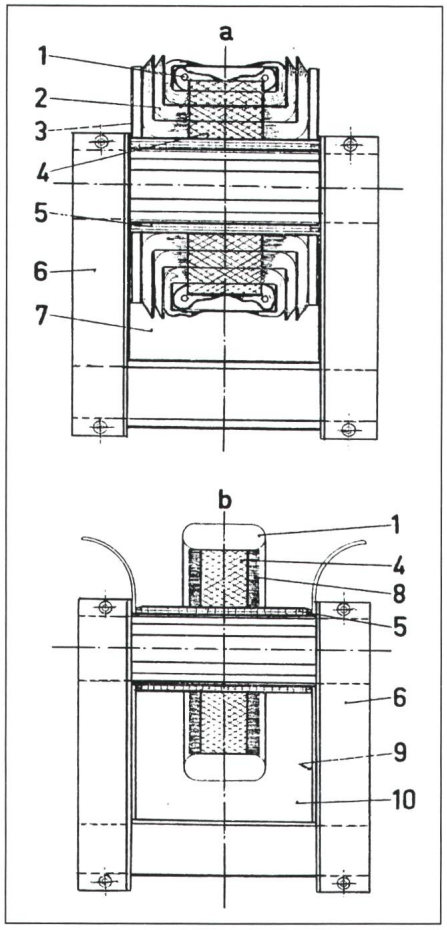


Fig. 3 Vergleich der Isolationen eines Spannungswandlers

a Ölpapierisolation
b SF_6-Isolation
1 Flankenelektrode
2 Papiermanschetten
3 Barrieren
4 Hochspannungswicklung
5 Sekundärwicklungen
6 Kern mit Presskonstruktion
7 Öl
8 Lagenisolation
9 Erdelektrode
10 SF_6-Gas

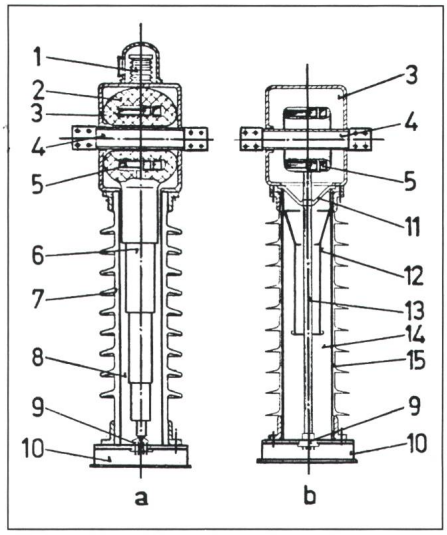


Fig. 4 Vergleich der Isolationen eines Stromwandlers

a Ölpapierisolation
b SF_6-Isolation
1 Faltenbalg
2 Papierisolation
3 Wandlerkopf
4 Hochspannungsleiter
5 Kerne mit Sekundärwicklungen
6 Durchführung
7 Porzellanisolator
8 Öl
9 Niederspannungsdurchführung
10 Sockel
11 Stützisolator
12 Hochspannungselektrode
13 Erdelektrode mit Ableitungen der Sekundärwicklungen
14 SF_6-Gas
15 Kunststoffisolator

tionell gestaltbar. Die Montage ist relativ einfach. Zu beachten sind die erforderlichen Sauberkeitsbedingungen. Im Gas und besonders auf den Isolator- und Elektrodenoberflächen dürfen keine leitenden Staubteilchen vorhanden sein.

Soweit es die Beanspruchung an den Elektroden betrifft, ist die Teilentladungsfreiheit problemlos bis zur Prüfspannung und darüber hinaus gewährleistet. In den Isoliermaterialien, z.B. in der Lagenisolation der Wandlerspulen, können kleine Hohlräume vorhanden sein. Hier können sich ab einer gewissen Spannungsschwelle Teilentladungen entwickeln. Infolge der Diffusionswirkung füllen sich diese Hohlräume nach einiger Zeit mit SF_6, womit auch die Teilentladungen verschwinden. Allgemein wird sich bei tauglichen Verhältnissen feststellen lassen, dass der Teilentladungsverlauf vor und nach der Prüfspannung unverändert ist. Im weiteren sollten die Löschpunkte der Teilentladungen genügend oberhalb der Betriebsspannung liegen.

4. Einige Probleme bei Konstruktion und Fertigung

4.1 Die Gasdichte

Um den Verwendungsbereich bis zu Temperaturen von −40 °C auszudehnen, darf der Betriebsdruck bei 20 °C etwa 4,5 bar nicht überschreiten (Fig. 2). Es ist zu beachten, dass die Isoliereigenschaften von der Gasdichte abhängig sind. Eine Druckkonstanthaltevorrichtung ist daher nicht erforderlich. Gegenüber dem Ölwandler spart man das Expansionsgefäss oder den Balg für die Ölausdehnung. Durch die Erfahrungen bei den gekapselten Anlagen sind die Konstruktionsprobleme für die metallischen Druckgefässe gelöst. Es gibt genaue Vorschriften über die Prüfung dieser Behälter. Das Zubehör ist definiert (Füllungsventile, Berstscheiben für eventuelle Überdrücke usw.).

4.2 Porzellan- oder Kunststoffisolator

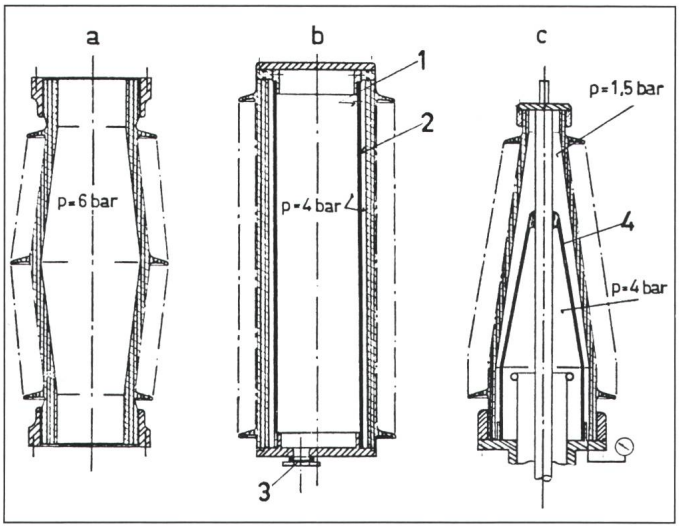
Es sind schon seit Jahren SF_6-Durchführungen und SF_6-Freiluftschalter mit Porzellanisolatoren in Betrieb. Die Nenndrücke reichen bis 6 bar. Für Geräte dieser Art gibt es drei grundsätzliche Lösungen, um die Berstgefahr des Porzellans zu vermindern oder zu vermeiden:

a) Das verwendete Porzellan ist für einen sehr hohen Prüfdruck dimensioniert (bis 40 bar). Das bedeutet sehr grosse Wandstärken und begrenzte Durchmesser des Porzellankörpers. Diese Lösung wird bei Schaltern verwendet (Fig. 5a).

b) Man verstärkt den Porzellankörper durch einen mechanisch und elek-

Fig. 5 Varianten für SF_6-Porzellanisolatoren

a Porzellan eines SF_6-Freiluftschalters
b Porzellan mit Gasraumunterteilung (Eindruckprinzip)
c Porzellan mit Gasraumunterteilung (Doppeldruckprinzip)
1 Öffnung 5 mm ∅ zur Verbindung der Gasräume
2 Glasfaserverstärktes Kunststoffrohr
3 Berstscheibe
4 Schottungsisolator aus Kunstharz



trisch hochwertigen Kunststoffzylinder mit Glasfaserarmierung. Dieser besorgt gleichzeitig die achsiale Verbindung zwischen den beiden Deckeln (Fig. 5b). Ferner unterteilt er das Gasvolumen in einen kleinen Teil, zwischen Porzellan und Zylinder, und einen grossen Teil innerhalb des Zylinders. Die beiden Abteilungen sind durch eine kleine Öffnung miteinander verbunden. Im stationären Zustand befinden sich beide Räume unter gleichem Druck. Bei einer zur Undichtigkeit führenden Beschädigung des Porzellans wird die auf den Porzellankörper wirkende Energie durch die Aufteilung des Gasvolumens begrenzt. Bei einem Bruch des Porzellans fallen die Splitter in dessen unmittelbare Umgebung. Das Hauptvolumen entleert sich dann langsam bis zum atmosphärischen Druck. Bei einem eventuellen raschen Anstieg des Innendrukkes wirkt diese Energie im Innern des Zylinders, bis das Überdruckventil anspricht (Berstscheibe).

c) Man bildet zwei dichte Gasräume. (Fig. 5c). Im Behälter aus Kunststoff befindet sich das Hauptvolumen des Gases mit Nenndruck (z.B. 4 bar). Der Raum zwischen Rohr und Porzellan besitzt eine Gasfüllung mit leichtem Überdruck (etwa 1,2 bar). Das Porzellan ist in diesem Fall durch den geringen Überdruck nicht gefährdet. Diese Konstruktion ist jedoch teuer. Infolge der geringen elektrischen Festigkeit im Zwischenraum muss entsprechend reichlich dimensioniert werden. Vorteilhafterweise wird die Dichtigkeit doppelt abgesichert und die Kontrolle des Druckes vereinfacht, indem man sich auf eine Druckkontrolle des Zwischenraumes beschränkt. Dieses Prinzip wird bei SF_6-Durchführungen von gekapselten Anlagen bei Höchstspannung verwendet.

Seit einigen Jahren kommen bei Durchführungen oder Kabelendverschlüssen Freiluftisolatoren aus Kunststoff zur Anwendung, welche als Hochspannungsisolation allen Bedingungen gerecht werden. Sie besitzen auch eine sehr gute Eignung als Druckbehälter. Solche Isolatoren können sogar bei grossem Durchmesser (z.B. 500 mm) Überdrücke bis 50 bar ertragen. Sie bersten nicht mit Splitterbildung, sind leicht, unbrennbar und mechanisch weitgehend unempfindlich. Allgemein bestehen sie aus einem Glasfaser-Kunstharzrohr (GFK), welches mechanische Funktionen und Dichtigkeitsaufgaben zu erfüllen hat. Die Verkleidung des Rohres besteht

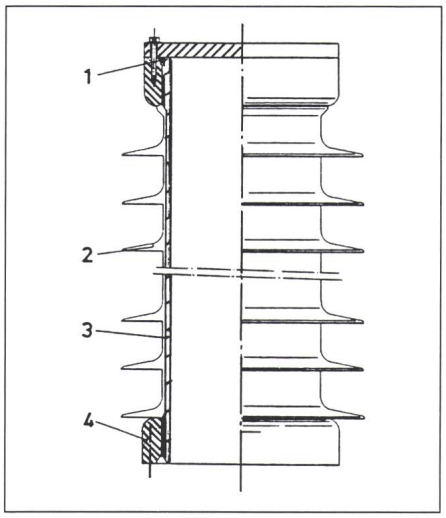


Fig. 6 Verbundisolator mit aufvulkanisierten Silikonschirmen

1 O-Ring
2 Silikonverkleidung
3 GFK-Rohr
4 Metall-Flansch

aus Silikon, eventuell auch aus cycloaliphatischem Harz, in Form von Schirmen (Fig. 6). Diese Form der Isolation stellt für Druckgasgeräte im Freiluftbetrieb eine günstige Lösung dar.

4.3 Überdruck bei Lichtbögen

Die Erfahrung bei SF_6-Schaltern zeigt, dass der Lichtbogen nur einen leichten Überdruck erzeugt [7]. Das Gas ist ein elastisches Medium. Aktivteile von SF-Schaltern können direkt in Porzellankörper eingebaut werden. Bei ölarmen Schaltern muss das Porzellan häufig durch ein GFK-Rohr verstärkt werden. Der Überdruck durch den Lichtbogen ist wesentlich gefährlicher und ungedämpft.

Bei SF_6-Wandlern lässt sich somit eine grössere Explosionssicherheit als bei Ölwandler erwarten. Der druckfeste Isolator und die Berstscheibe bieten eine zusätzliche Sicherheit.

Die Lichtbogenspannung in SF_6 beträgt bei 3,5 bar angenähert

$$U_L \approx 100 \cdot d$$

Darin ist d, die Distanz der Elektroden, in cm anzugeben, damit U in V_{eff} steht. Mit dem Lichtbogenstrom I und der spezifischen Wärmekapazität von SF_6 von etwa 800 J/kg K erhält man nach einer Zeit t eine Erwärmung des Gases der Masse m von

$$T = \frac{U_L \cdot I \cdot t}{800 \cdot m}$$

Daraus folgt nach dem Grundgesetz $p \cdot V/T = konst$ die Druckzunahme des im Gefäss eingeschlossenen Gases.

Die Dauer der Energiezufuhr ist durch die Auslösezeit des Schalters im Netz bestimmt. Beim Gefäss nach Figur 5b erfolgt nach Erreichung einer bestimmten Druckschwelle der Bruch der Berstscheibe. Ein Teil des Gases beginnt auszuströmen. Im eingeschlossenen Gasvolumen wird ein Maximaldruck erreicht, und dann sinkt der Druck allmählich ab. Figur 7 zeigt ein Beispiel des Druckablaufes bei einem SF_6-Apparat unter Lichtbogeneinwirkung.

Praktisch werden Druckwerte von 15 bar nicht überschritten.

4.4 Dichtigkeitsprobleme

Die Erfahrung mit gekapselten Schaltanlagen hat gezeigt, dass sich eine Dichtigkeit, welche einen Druckabfall in der Grössenordnung von 1% pro Jahr garantiert, relativ leicht erreichen lässt. Bei einem Fülldruck, der um 15 bis 20% höher ist als der der Prüfspannung entsprechende minimale Druck, werden Nachfüllungen nur selten erforderlich.

Da das Gas nur bei den Dichtungen entweichen kann, ist der Druckabfall um so langsamer, je grösser das eingeschlossene Gasvolumen ist. Im Gegensatz zum Ölwandler, bei welchem man das Volumen zu reduzieren bestrebt ist (ölarme Wandler), erscheint es zweckmässig, beim SF_6-Wandler das Gasvolumen nicht zu klein zu wählen.

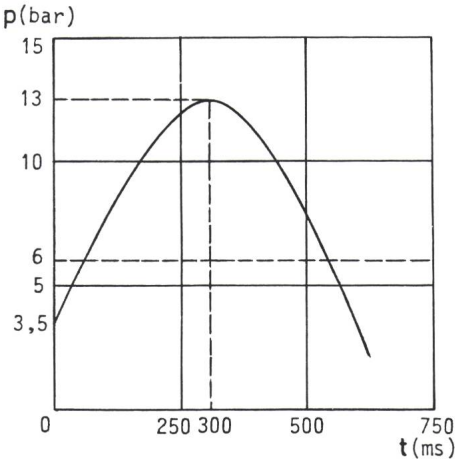


Fig. 7 Errechneter Druckverlauf bei einem Störlichtbogen in einem SF_6-isolierten Kombiwandler für U_m = 123 kV

Kurzschlussstrom I_K = 40 kA
Lichtbogenspannung U_L = 1000 V_{eff}
SF_6-Betriebsdruck P = 3,5 bar
Gasvolumen V = 300 l
Berstscheibe NW 100 mit Ansprechdruck P_A = 6 bar

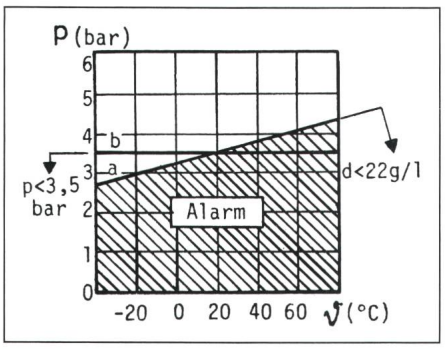


Fig. 8 Kennlinien eines Gasdichtewächters (Alarm bei d < 22 g/l) und eines Druckwächters (Alarm bei p < 3,5 bar)

Während des Betriebes erfolgt die Kontrolle des Druckes mit einem Manometer. Es kann elektrisch einen Druckabfall signalisieren. Würde der Druck trotz dieser Massnahmen auf den atmosphärischen Druck absinken, z.B. durch einen Dichtigkeitsfehler oder eine externe Beschädigung, dann können solche Apparate trotzdem im Betrieb bleiben, bis die Reparatur erfolgen kann, weil die elektrische Festigkeit für die Betriebsspannung noch genügt.

Die zweckmässigste Überwachung erfolgt jedoch durch temperaturkompensierte Gasdichtewächter. Dabei wird der Einfluss der Umgebungstemperatur ausgeschaltet und die Druckangabe stets auf 20 °C umgerechnet ausgewiesen. Ohne Leck sinkt der Druck eines Apparates, der mit 4 bar bei 20 °C gefüllt wurde, auf 3,2 bar bei −40 °C. Diesen Bereich muss der Druckwächter berücksichtigen (Sollzone). Die Sollzone ist durch eine Isochore definiert (z.B. d = 22 g/dm³), welcher der Gasdruckwächter folgt (Fig. 8). Dieser besteht aus einem thermisch kompensierten Manometer oder Pressostaten. Die Kompensation ist mit einem Bimetallelement durchgeführt.

4.5 Evakuierung und Gasfüllung

Nach der Montage werden die Apparate evakuiert. Dieser Vorgang ist wesentlich kürzer als bei den Papierisolationen des Ölpapierdielektrikums. Um das Risiko einer eventuellen Restfeuchtigkeit zu vermeiden (Gefahr einer Kondensation an Isolatoroberflächen, Säurebildung mit ionisiertem Gas), kann man den Gasraum mit einem Absorbermittel versehen.

Die evakuierten Apparate werden nun mit Gas gefüllt und stehen nach einer angemessenen Standzeit für die Isolationsprüfungen zur Verfügung. Die Standzeit ist für die Spule des Spannungswandlers erforderlich, um eine homogene Imprägnierung der Lagenzwischenräume und der Lagenisolationen über die Diffusion zu erreichen.

Als Ausführungsbeispiel zeigt Figur 9 eine Messgruppe mit SF_6-Isolation für U_{max} = 123 kV, I_n = 1200–600–300 A (umschaltbar). Die dynamische Festigkeit ist für 100 kA (Scheitelwert) – vollverlagerter Kurzschlussstrom geprüft. Koronafreiheit ist bis zur Prüfspannung gewährleistet. Der Betriebsdruck ist 3,5 bar. Das Gewicht beträgt 380 kg.

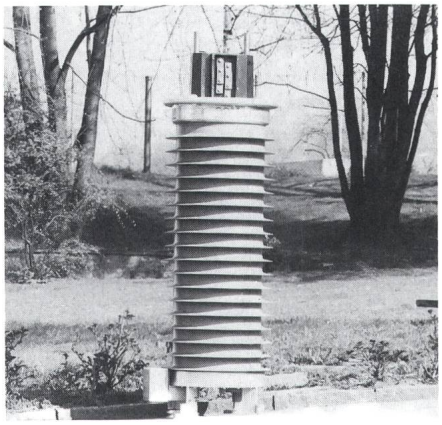


Fig. 9 SF_6-isolierte MGC-GASCOIL-Messgruppe mit Silikon-Verbundisolator für U_m = 123 kV

Literatur

[1] Informationstagung über gasisolierte Schaltanlagen. 13. September 1983. Zürich, SEV, 1983.

[2] *D. Kind* und *H. Kärner:* Hochspannungs-Isoliertechnik für Elektrotechniker. Braunschweig/Wiesbaden, Friedrich-Vieweg-Verlag, 1982.

[3] *B. Gänger:* Alternativgase für SF_6. Bull. SEV/VSE 73(1982)5, S. 209...214.

[4] *G. Biasiutti* und *W. Zaengl:* Neue Isoliergase für die Hochspannungstechnik – Untersuchungen im homogenen Feld. Bull. SEV/VSE 74(1983)3, S. 140...147.

[5] *F. Bachofen* und *W. Zaengl:* Beeinflussung der dielektrischen Festigkeit von SF_6-Isolationen durch funktionsbedingte Störstellen auf den Elektroden. Bull. SEV/VSE 68(1977)12, S. 575...581..

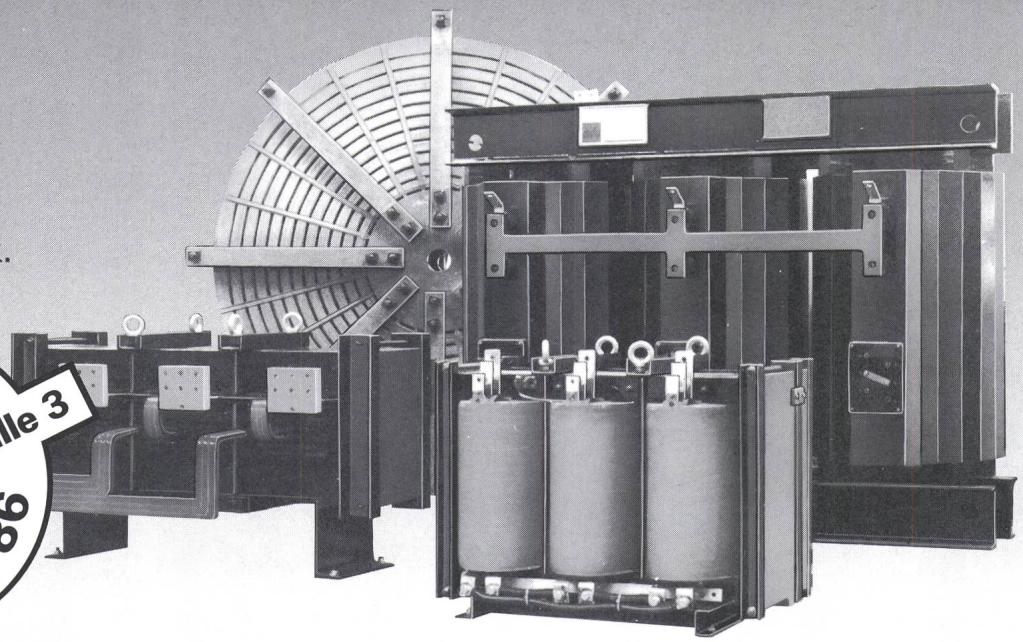
[6] *M. Beyer* und *H. Bläsig:* Durchschlagverhalten des Schichtdielektrikums aus gasförmigem und flüssigem SF_6. Bull. SEV/VSE 72(1981)21, S. 1153...1156.

[7] *D. König* et *T. Facklam:* Augmentation de pression à la suite d'un défaut interne dans l'appareillage blindé à haute tension isolé au SF_6 sous enveloppe monophasée. Comparaison de différents résultats d'essais et procédure de calcul. Electra -(1984)93, p. 25...52.

Trasfor

Transformatoren und Drosseln für Anspruchsvolle*

* Leistungselektronik
* Schienenfahrzeuge
* Marine-, Militär- und Nukleartechnik.

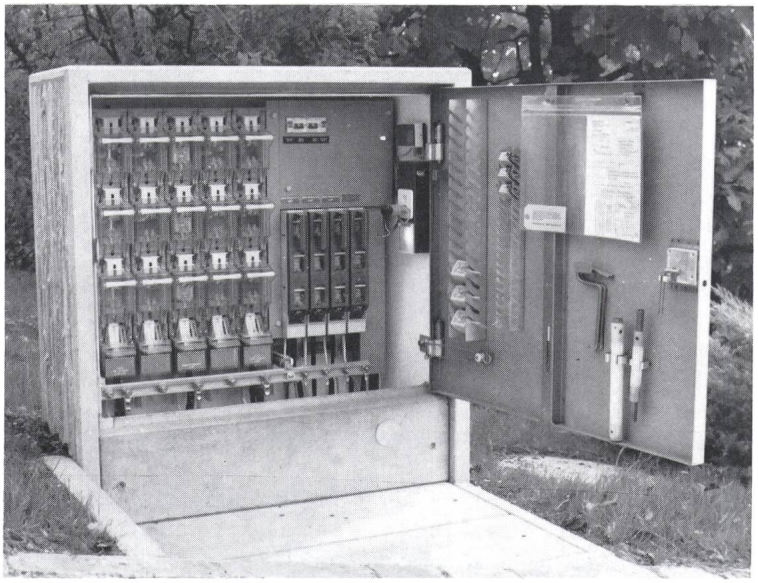


Hannover Messe '86
Halle 3 ★ Stand 111

Trasfor SA, CH-6981 Molinazzo di Monteggio, Schweiz Tel. (091) 73 16 21, Telex 79451, Telefax (091) 73 24 60

RUTSCHMANN

Kabelkasten aus Beton Typen K 71 und M 82



Einige Merkmale:

Beste Integration in die umgebende Architektur.

Unverwüstliche Bauweise.

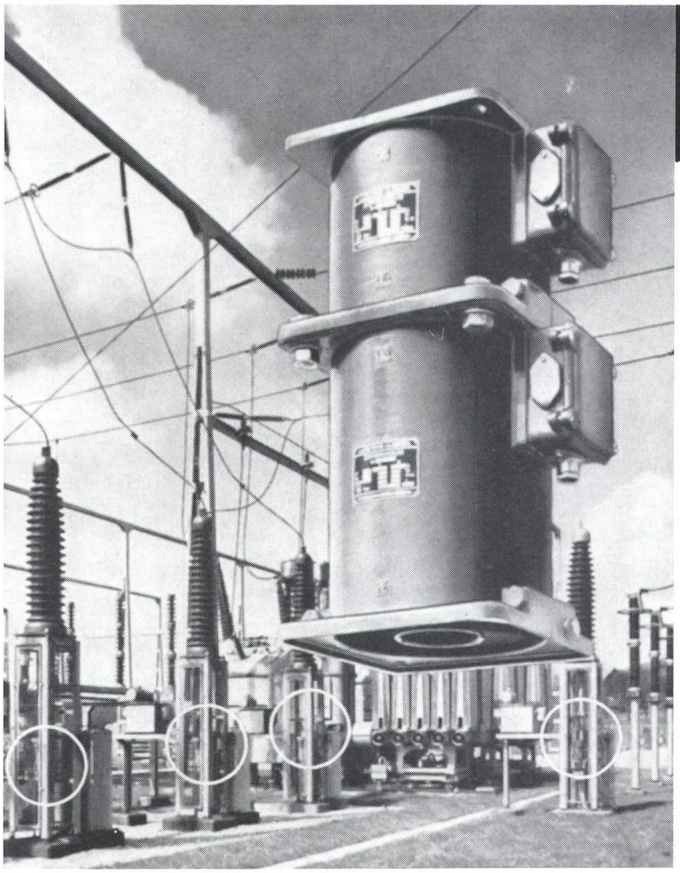
Vorschachtfundamente mit Unterflur- sowie verstellbaren Niveaudeckeln mit Aushebevorrichtung.

Ausrüstungen für Niederspannungsnetze, Steuerungen, TV-Netze usw. Grosse Typenpalette.

Verlangen Sie die ausführlichen Unterlagen mit Preisliste.

RUTSCHMANN

Rutschmann AG
8627 Grüningen Tel. 01 935 21 56



220 kV Freiluftanlage mit zweiteiligen Kabelstromwandlern folgender Daten: 1000–1500/1 A 15 VA Kl. 0,2–0,5 und 60 VA Kl. S 20. – Diese Wandler stehen seit 1956 störungsfrei in Betrieb!

30 Jahre PFIFFNER KABELSTROMWANDLER

Viele Messwandlerprobleme können mit unseren kunstharzisolierten Kabelstromwandlern technisch und wirtschaftlich vorteilhafter gelöst werden!

Ob

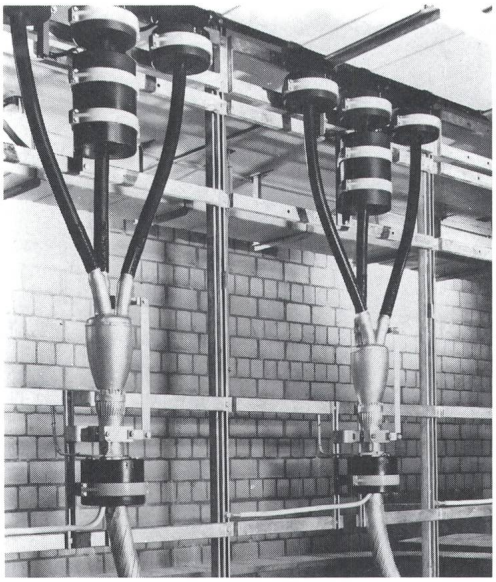
... ein- oder zweiteilig

... Innenraum oder Freiluft

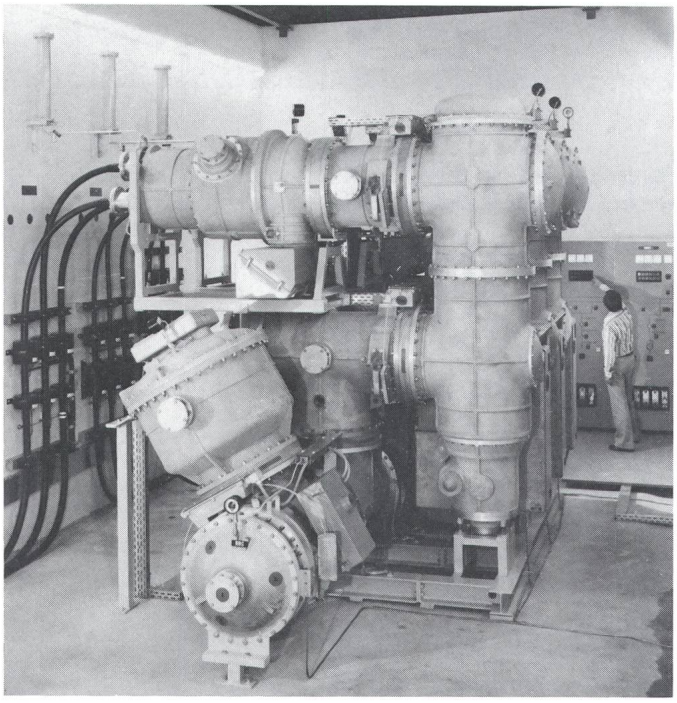
... mit oder ohne Leichtmetallgehäuse

Für jeden Zweck die geeignete Ausführung

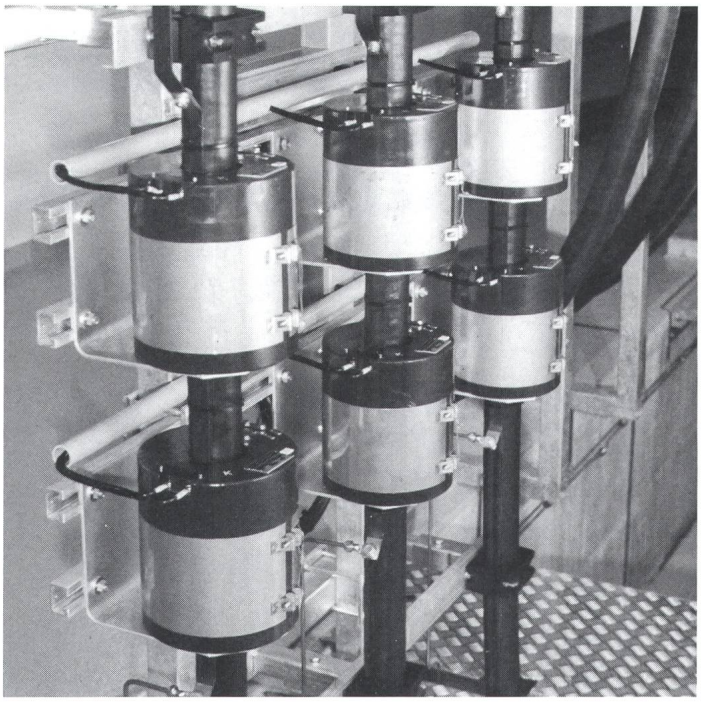
Verlangen Sie unser Angebot



Zweiteilige Innenraum-Kabelstromwandler für selektive Erdschluss-Erfassung, sowie separate Schutz- und Messkabelwandler in einem 16 kV Unterwerk.



SF6-Anlage mit zweiteiligen Kabelstromwandlern in den Kabelleitungen. – Eine platzsparende, hohe Sicherheit bietende und kostengünstige Alternative zu eingebauten Ringkernwandlern.



Zweiteilige Kabelstromwandler in einer 123 kV Anlage. Eine Spezialbauart für Verrechnungs-Messung, d.h. grosse Genauigkeit bei kleinen Primärströmen. – Z.B. 200–400/5 A 15 VA, Kl. 0,2 (amtlich geeicht).

Aktiengesellschaft EMIL PFIFFNER & Co.
Fabrik elektrischer Spezialapparate
CH-5042 HIRSCHTHAL (b/Aarau) Tel. 064 - 81 21 10 Telex 98 22 05

Gegründet 1927