

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 56 (1965)  
**Heft:** 17  
  
**Rubrik:** Mitteilungen SEV

### **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>**

## FK 221. Kleintransformatoren und Kleingleichrichter

Vorsitzender: O. Stuber, MuttENZ;  
Protokollführer: J. Wunderli, Oberglatt.

Das FK 221 trat im Berichtsjahr zu keiner Sitzung zusammen, da eine Revision der Sicherheitsvorschriften des SEV für Kleintransformatoren (SEV-Publ. 1003) noch nicht als dringlich erachtet wurde.

Auf internationalem Gebiet wurde in der CEE an der Revision der CEE-Publ. 15, Anforderungen an kleine Schutztransformatoren gearbeitet. Der Schlussentwurf wurde durch die Mitglieder des Fachkollegiums auf dem Zirkularweg bearbeitet und der CEE eine Stellungnahme eingereicht. An den Sitzungen der Plenarversammlung der CEE, wo der Schlussentwurf genehmigt und verabschiedet wurde, war das Fachkollegium durch einige Mitglieder vertreten. C. B.

## Briefe an die Redaktion — Lettres à la rédaction

### «Höchstspannungskabel für städtische und industrielle Verteilnetze»

[Bull. SEV 56(1965)12, S. 464...470]

#### Zuschrift:

In dem genannten Aufsatz werden Ölkabel, Druckkabel, Oilostatickabel und Gasinnendruckkabel miteinander verglichen. Dabei wird der Eindruck erweckt, die Öl-, Druck- und Oilostatickabel seien den Gasinnendruckkabeln technisch und preislich überlegen. Diese Beurteilung stützt sich aber auf unzuverlässige und nicht stichhaltige Voraussetzungen. Einige wenige Tatsachen mögen zeigen, dass die Gasinnendruckkabel den anderen Kabeln ebenbürtig sind. Zum besseren Verständnis sei kurz an den wesentlichen Unterschied der beiden Kabelarten erinnert: In Gasinnendruckkabeln sind Hohlräume in der Isolation erwünscht; Ionisationen werden aber durch den Gasdruck vermieden. In den anderen Kabeln sind Hohlräume gefährlich; man vermeidet sie, indem leichtflüssige Masse oder unter Druck stehende zähflüssige Masse verwendet wird.

Vorerst ist die Behauptung, beim *Druckkabel* wandere die Masse in der Längsrichtung nicht und die Hohlraumbildung sei «absolut sicher unterdrückt», kühn, nachdem die EdF in praktischen Versuchen festgestellt hat, dass auch in diesen Kabeln die Masse wandern kann und sich auch bei diesen Kabeln die unerwünschten Hohlräume bilden können, weil nämlich wegen Temperaturschwankungen die Viskosität der Imprägniermasse örtlich nicht überall die gleiche ist. Eine Tatsache, die auch der technische Direktor der Kabelfabrik Lyon im «Bulletin de la Société Française des Electriciens» vom Mai 1961 ausdrücklich bestätigt.

Bei der Beurteilung der *Gasinnendruckkabel* ist es unterlassen worden, folgende zwei Ausführungsarten zu unterscheiden: erstens Gasinnendruckkabel, bei denen die erwünschten Hohlräume durch Abtropfen der überschüssigen Masse erzeugt werden, und zweitens Gasinnendruckkabel, bei denen die erwünschten Hohlräume dadurch erzeugt werden, dass die Papiere vor der Umspinnung imprägniert und von aller überschüssigen Masse befreit werden. So mag die Behauptung, dass die Gasinnendruckkabel «nur noch für Sonderzwecke, z. B. Gleichspannungs-Seekabel» hergestellt werden, für die abgetropften Gaskabel berechtigt sein; sie ist es aber sicher nicht für die vorimprägnierten Gaskabel, wo allein in England in den letzten 20 Jahren u. a. mehr als 600 km normale Gasinnendruckkabel für 132 und 138 kV *Wechselspannung* hergestellt wurden und wovon im Jahre 1964 95 km in Fabrikation standen.

Auch die Beurteilung der technischen Eigenschaften von Gaskabeln ist für die *vorimprägnierten* Gaskabel nur teilweise gültig. Es wird z. B. festgestellt, dass die Dauer-Durchschlagfeldstärke bei Ölkabeln, Druckkabeln und Oilostatickabeln etwa 40 bis 50 kV/mm, bei Gasinnendruckkabeln aber nur etwa 25 kV/mm betrage. Diese Angaben stützen sich vermutlich nicht auf eigene Messungen, sondern wie immer auf die oft zitierten Kurven, die *Domenach* an der CIGRE 1954 veröffentlicht hat; die dort angegebenen Werte gelten aber ausdrücklich *nicht* für vorimprägnierte Gaskabel und zudem erst noch nur für eine einzige Papiersorte. Aber selbst wenn diese Werte stimmen würden, so wären sie nicht entscheidend für die Güte eines Kabels. Viel wichtiger als die ohnehin von keiner Kabelart genau bekannte Dauer-Durchschlagfeldstärke ist das Verhältnis von Ionisations-

feldstärke zu zulässiger Betriebsfeldstärke. Die Ionisationsfeldstärke muss grösser sein als die maximal auftretende Betriebsfeldstärke; wenn keine Ionisation auftritt, erfolgt auch kein Durchschlag. Es ist darum irreführend, das Verhältnis von der unbestimmten Dauer-Durchschlagfeldstärke zu maximal auftretender Betriebsfeldstärke als ein Mass für die elektrische Sicherheit heranzuziehen.

Zudem ist die Ionisationsfeldstärke des vorimprägnierten Gasinnendruckkabels eine genau bestimmbar Grösse, wogegen die Ionisationsfeldstärken der anderen Kabel nur ungefähr angegeben werden können. Die nötige Isolationsdicke kann darum beim vorimprägnierten Gasinnendruckkabel genau berechnet werden, wogegen sie bei den anderen Kabeln gestützt auf Erfahrungen geschätzt werden muss.

Dass das vorimprägnierte Gasinnendruckkabel den anderen Kabelarten ebenbürtig ist, geht auch aus dem Schlusswort eines anderen Aufsatzes des gleichen Autors hervor, in welchem dieser über Gasinnendruckkabel folgendes schreibt:

«Nachdem Kabel mit grossem Querschnitt und für hohen Innendruck jetzt einwandfrei und betriebssicher mit gewellten Aluminiummänteln versehen werden können, dürften auch in Deutschland Gasdruckkabel, die sich im Ausland seit zwanzig Jahren bewährt haben, zur Energieübertragung eingesetzt werden. Der einfache Aufbau von Kabel und Garnituren bietet in vielen Fällen die Möglichkeit, eine Kabelanlage preisgünstig zu erstellen»<sup>1)</sup>.

S. A. des Câbleries et Tréfileries de Cossonay,  
Cossonay-Gare

#### Antwort:

Was die technische und preisliche Unterlegenheit der Gasinnendruckkabel gegenüber den anderen Kabelarten angeht, so sei darauf verwiesen, dass in England, wo diese Kabel vor drei Jahrzehnten entwickelt wurden, seit einigen Jahren kein Interesse mehr an Gasinnendruckkabeln besteht. Der Grund dafür ist eben jene Unterlegenheit gegenüber den anderen Kabeltypen. Wenn aber in einer führenden Industrienation, die als einzige in Europa diesen Kabeltyp in nennenswertem Umfang einsetzte, eine solche Entwicklung zu beobachten ist, dann kann kaum von einer unzuverlässigen und nicht stichhaltigen Voraussetzung der Beurteilung gesprochen werden.

Was die Verhältnisse beim Druckkabel betrifft, so sind unter extremen Bedingungen schon Ionisierungserscheinungen beobachtet worden. *C. T. W. Sutton* und *A. M. Morgan* berichten z. B. in dem CIGRE-Bericht 204 (1965) von einem Self-contained-Druckkabel, welches auf einer Brücke in Kanada im Winter Temperaturen von  $-35^{\circ}\text{C}$  ausgesetzt war, wobei Durchschläge auftraten. Im gleichen CIGRE-Bericht wird auch eine Erklärung der Fehler des französischen Druckkabels in Fontenay gegeben, welche durch die Verwendung zu dichter Papiere in Leiternähe hervorgerufen wurden. Man kann aber solche Fehler, die auf der Verwendung nicht geeigneter Aufbaumaterialien oder ungünstiger Kabelanordnung beruhen, nicht verallgemeinern. Der Verfasser kann über die Erfahrungen derjenigen Firma verfügen, welche diese Kabel vor über dreissig Jahren entwickelte und bis heute mehr als 800 km davon hergestellt hat. Aus dem dabei gewon-

<sup>1)</sup> Siehe Elektrizitätswirtschaft 1960, Heft 8.

nenen, sehr umfangreichen Erfahrungsmaterial folgt eindeutig, dass Druckkabel absolut hohlraum- und ionisationsfrei sind, wenn sie den ungünstigsten Betriebsbedingungen entsprechend aufgebaut und verlegt sind.

Eine Unterscheidung der beiden Ausführungsarten von Gasinnendruckkabeln unterblieb, weil es sich vornehmlich um Unterschiede in der Fertigung handelt, die für den späteren Betrieb keine nennenswerte Bedeutung haben. Auch vollimprägnierte Gasinnendruckkabel zeigen nach Heizwechsel eine Ionisierungseinsatzfeldstärke, welche unter 18 kV/mm liegt. *L. G. Brazier, D. T. Hollingworth und A. L. Williams*<sup>2)</sup> fanden an solchen Kabeln nach Alterung einen Ionisierungseinsatz bei 15 kV/mm. Die allgemeine Feststellung über die englische Kabelpraxis betrifft beide Ausführungsarten. Die Gasinnendruckkabel, welche noch für Sonderzwecke, z. B. als Seekabel hergestellt werden, gehören vorzugsweise der Bauart mit vorgetränkten Papieren an, wie z. B. das Gleichspannungskabel durch die Cook-Strasse.

Bezüglich der Eigenschaften von Gasinnendruckkabel, insbesondere der Ionisierungseinsatzfeldstärke, sei darauf verwiesen, dass in der gleichen Arbeit, aus welcher der Einsender am Schlusse seines Briefes wörtlich zitiert, über Messungen an Gasinnendruckkabeln berichtet wird. Es wurden während zweier Jahre einige hundert Ionisierungseinsatzmessungen durchgeführt, wobei z. T.

<sup>2)</sup> Siehe Proc. IEE. Vol. 100, II 78, Dez. 1953.

zwei gleich lange Versuchsstrecken aufgebaut wurden, um die Ionisierungsspannungen als Differenzspannungen zwischen den beiden Strecken zu messen und damit die Störspannungen weitgehend auszuschalten. In Übereinstimmung mit den Ionisierungseinsatzmessungen der englischen Hersteller ergibt sich dabei ein Ionisierungseinsatz unter normalem Betriebsdruck bei etwa 16...20 kV/mm. Betreibt man solche Kabel mit 9...10 kV/mm Leiterfeldstärke in einem gelöschten Netz (gelöschte 110-kV-Stadtnetze sind z. B. in Deutschland der Normalfall), so tritt bei Erdschluss, besonders wenn noch die zulässige Spannungsüberhöhung in Anspruch genommen wird, eine Feldstärke auf, welche die Ionisierungsfeldstärke des Kabels erreicht oder sogar darüber liegen kann. Die zu stellende Forderung, dass die Ionisierungsfeldstärke grösser sein muss als die maximal auftretende Betriebsfeldstärke, führt daher bei Gasinnendruckkabeln zu dickeren Isolierungen als bei den anderen Kabelarten. Das war letztlich der Grund dafür, dass diese Kabel an Interesse verloren haben.

Die Kurve von *Domenach* über Gasinnendruckkabel kann nicht unmittelbar für eine vergleichende Betrachtung herangezogen werden, da es sich hierbei um ein Spezialkabel mit Papieren von 14  $\mu$ m Dicke handelte. Solche Papiere werden normalerweise für Kondensatoren verwendet, nicht aber für Kabel. Reduziert man den gewonnenen Wert von etwa 25,5 kV/mm um 20...25 %, damit man auf den Wert normaler Kabelpapiere gelangt, so ergibt sich eine Übereinstimmung mit den anderen in der Literatur genannten Werten. *H. J. Heinemann, Köln-Mülheim*

## Literatur — Bibliographie

621.3.025 SEV-Nr. A 38  
**Graphische Methoden zur Lösung von Wechselstromproblemen.**  
Von *Albert von Brunn*. Zürich, Leemann, 2. Auflage 1965;  
8° XXII, 347 Fig., Tab. — Preis: geb. Fr. 68.—.

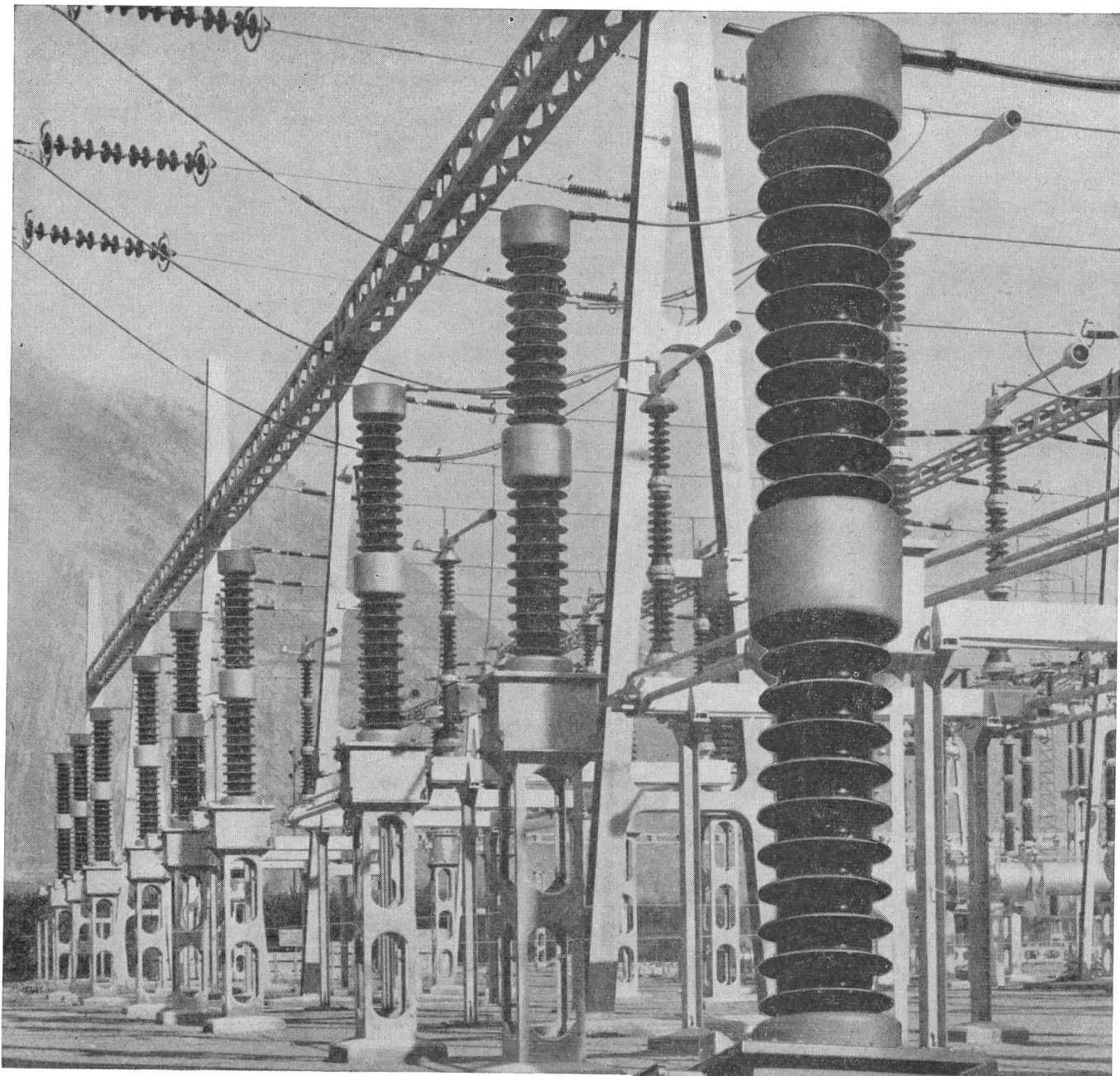
Das Buch richtet sich an den Elektroingenieur und Elektrotechniker und setzt entsprechende Kenntnisse voraus. In den vier ersten Hauptkapiteln (Die physikalisch-mathematischen Grundlagen. — Die Konstruktion der Vektordiagramme. Energetik der Stromkreise. — Der Fehlspannungssatz. — Inversion und Doppelinversion.) legt der Verfasser die graphischen Rechenmethoden dar und zeigt deren Anwendung an Hand einfacher Beispiele. Als fünftem Grundelement des allgemeinen Wechselstromkreises wird der «Exzitanz» besondere Beachtung geschenkt. Bei der Exzitanz handelt es sich — im Gegensatz zum Ohmschen Widerstand — um einen Wirkenergie-Erzeuger, welcher zur Ursache selbsterregter Gleich- und Wechselströme werden kann. Dank des auch im ganzen Lösungsverlauf bestehenden engen Zusammenhanges mit dem physikalischen Problem ist die graphische Berechnungsweise von vorzüglicher Anschaulichkeit. Die in verschiedenen Zahlenbeispielen aufgestellten Energiebilanzen bezüglich Wirk- und Blindleistung bieten nebst einer wertvollen Kontrolle grundlegenden Einblick in das Verhalten des betreffenden Stromkreises. Die Spannungen werden grundsätzlich als elektromotorische Kräfte (EMK) dargestellt. Als «dynamische Klemmenspannung  $V$ » wird die der äusseren Klemmenspannung  $U$  entgegengesetzte Klemmen-EMK bezeichnet. Der Ohmsche Widerstand  $R$  und dessen verbrauchte Wirklast erscheinen damit negativ, die «Exzitanz  $A$ » und deren erzeugte Wirklast positiv. Hinweise des Verfassers auf als unrichtig betrachtete, herkömmliche Anschauungen und «Sätze», z. B. über das «Kraftlinien-

schneiden», fordern zum Überdenken der betreffenden Theorien auf.

Neun weitere Hauptkapitel (Die elektrische Leitung. — Magnetisch und elektrisch gekoppelte Stromkreise. — Wicklungen in Mehrphasenmaschinen und ihre magnetischen Felder. — Die Konstruktion der Ortskurven. — Die Ortskurven der Drehstrom-Asynchronmaschine. — Die Ortskurven der Synchronmaschine. — Ein- und Mehrphasen-Kollektormaschinen. — Die Methode der symmetrischen Komponenten von Fortescue. — Selbsterregungserscheinungen in Gleich- und Wechselstromsystemen.) führen schrittweise in kompliziertere Schaltungen von Wechselstromkreisen ein.

Das Buch ist als Lehrbuch gedacht und stellt einige Anforderungen an das Vorstellungsvermögen des Lesers. Es liegt dem Verfasser sehr daran, sowohl den theoretisch, als auch den mehr praktisch interessierten Leser mit seinen graphisch-rechnerischen Methoden und Konstruktionen eingehend vertraut zu machen, und mit deren Hilfe in die selbständige Ergründung der physikalischen Gesetzmässigkeiten von Wechselstromkreisen einzuführen. Das Werk gibt keine direkte Berechnungsanleitung für elektrische Maschinen oder Leitungen; die aus der Energietechnik gezeigten Anwendungen der graphischen Methoden öffnen jedoch eine Menge Einblicke in die physikalischen Vorgänge in Maschinen und Anlagen.

Als wertvolle, geradezu notwendige Ergänzung zu der auf zahlreichen Gebieten eingeführten Berechnung mit Hilfe programmierter Digital-Rechenmaschinen kommt der graphischen Berechnungsweise mit der damit verbundenen Förderung der physikalischen Vorstellung und schöpferischen Phantasie ungeborene, hohe Bedeutung zu. *E. Schneider*



## Kapazitive Spannungswandler

Nebst Tausenden von Kopplungskondensatoren sind bereits grosse Serien unserer kapazitiven Spannungswandler in Europa und Übersee in Betrieb. Nennspannung 73...420 kV. Nennkapazität 10 000...2500 pF. Messleistung 200 VA, Klasse 0,5.

Bild oben: Kapazitive Spannungswandler vom Typ WP 300 R1 im Unterwerk von Chamoson (E.O.S.). 220 kV Betriebsspannung.

Verlangen Sie bitte zu Ihrer Dokumentation unseren Prospekt 106 SB

**Micafil AG Zürich**

# Synchron- motor Typ SA

Für Spannungen von  
6... 220 V~, 50 + 60 Hz,  
Drehzahlen:  
250 U/min bis 1 U/48 h,  
dauernd zulässiges  
Drehmoment 15 cmg bei  
250 U/min, 2000 cmg  
von 1 U/2h an,  
Typ SAK mit Kraftge-  
triebe bis 6000 cmg,  
selbstanlaufend,  
robuste Konstruktion,  
Getriebe mit Dauer-  
schmierung,  
kunstharzvergossene  
Spule,  
staub- und spritzwasser-  
dicht gekapselt.

Die nebenstehende  
Abbildung zeigt einen  
SA-Motor in 4,2-facher  
Vergrößerung.



**SAIA AG**  
**Murten**

Telefon 037 7 3161  
Telex 36127

