

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 44 (1953)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Messwandler und Kompensationsmittel in 380-kV-Anlagen  
**Autor:** Métraux, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058059>

### **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**

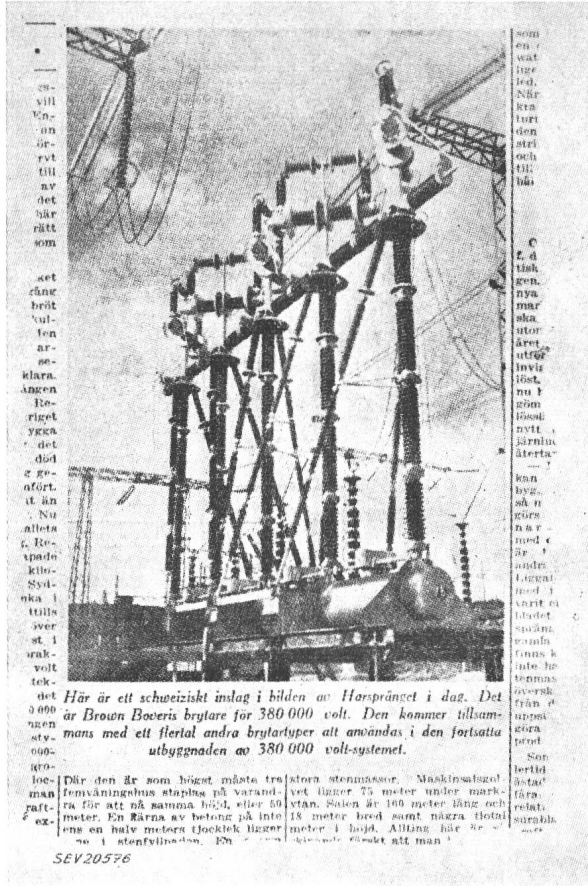
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.01.2025

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

**C. Der Schalter im Betrieb**

Der erste von 10 zu liefernden Schaltern konnte am 17. Mai 1952 nach kürzester Montagezeit und ohne besondere Vorversuche im Kraftwerk Harsprånget in Betrieb gesetzt werden. Am 20. Oktober 1952 wurde er demontiert, um den Platz für die Prüfungen anderer Schaltertypen frei zu machen



**Fig. 9**  
Der 380-kV-Druckluftschalter Brown Boveri im Spiegel der schwedischen Presse  
(Sonderausgabe des «Svenska Dagbladet» vom 14. Juni 1952 zur offiziellen Eröffnung des Kraftwerkes Harsprånget durch den schwedischen König)

**Messwandler und Kompensationsmittel in 380-kV-Anlagen**

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 5. Dezember 1952 in Zürich,  
von A. Métraux, Basel

Die Konstruktion magnetischer Messwandler für 380 kV kann nach den gleichen Richtlinien erfolgen, welche sich seit Jahren für die 220-kV-Typen bewährten. Aus wirtschaftlichen Gründen ist es aber interessant, Messungen in 380-kV-Systemen mit Ersatzschaltungen zu machen, deren wichtigste wohl der kapazitive Spannungsteiler ist.

Zur Kompensation der Blindleistung sind sowohl Parallelkondensatoren in den Verteilanlagen, wie auch Seriiekondensatoren in 380-kV-Linien geeignet. Die Regeln für deren Dimensionierung und Schutz werden kurz erläutert.

**380-kV-Messwandler**

Es bereitet keine besonderen Schwierigkeiten, die bekannten Richtlinien für die Konstruktion von 220-kV-Messwandlern auf die 380-kV-Typen zu übertragen.

und um in der von Anfang an dafür vorgesehenen Anlage Storfinnforsen definitiv aufgestellt zu werden. Während dieser Betriebszeit hat er stets zur vollen Zufriedenheit des Bestellers und des Betriebspersonals gearbeitet. Fig. 7 gibt einen Blick in die Anlage Harsprånget, wobei links hinten die 3 Pole des beschriebenen Schalters zu sehen sind. Es ist daraus deutlich zu erkennen, wie zwanglos und leicht sich die Konstruktion in die Anlage einfügt. Fig. 8 zeigt den beschriebenen Schalter etwas mehr aus der Nähe.

**D. Schluss**

Fig. 9 möge abschliessend noch zeigen, dass die beschriebene Konstruktion die Beachtung der schwedischen Fachwelt gefunden hat. Zum Schlusse sei auch unseren schwedischen Kollegen und der schwedischen staatlichen Kraftwerkverwaltung unser Dank für die zuvorkommende Zusammenarbeit und unsere Hochachtung für die geleistete Pionierarbeit auf dem Gebiete der Höchstspannungsübertragung ausgedrückt.

**Literatur**

- [1] Thommen, H.: Vereinfachte Druckluftschneider bis zu 380 kV Nennspannung für Freiluftaufstellung. Brown Boveri Mitt. Bd. 37(1950), Nr. 4/5, S. 123...136.
- [2] Meyer, H.: Compte rendu des essais sur réseau exécutés avec un nouveau type de disjoncteur pneumatique à très haute tension. CIGRE 1952, Rapport Nr. 115.
- [3] Meyer, H.: Die grundlegenden Probleme der Hochspannungsschalter. Brown Boveri Mitt. Bd. 37(1950), Nr. 4/5, S. 108...122.
- [4] Killgore, C. L. und W. Wanger: Essais d'un disjoncteur pneumatique Brown Boveri à la centrale de Grand Coulee, 230 kV, 10 000 MVA. CIGRE 1952, Rapport Nr. 137.
- [5] Killgore, C. L., A. C. Conger und W. Wanger: Grossversuche mit einem 230-kV-Druckluftschneider im Kraftwerk Grand Coulee, USA. Brown Boveri Mitt. Bd. 38(1951), Nr. 12, S. 375...390.
- [6] Wanger, W.: Versuche mit einem 230-kV-Druckluftschneider im Kraftwerk Grand Coulee. Bull. SEV Bd. 43(1952), Nr. 1, S. 1...9.
- [7] Baltensperger, P.: Surtensions lors du déclenchement de faibles courants inductifs. CIGRE 1950, Rapport Nr. 116.
- [8] Baltensperger, P.: Abschaltung leerlaufender Leitungen und kleiner induktiver Ströme mit einem modernen 220-kV-Brown-Boveri-Druckluftschneider im schwedischen Kraftwerk Stadforsen. Brown Boveri Mitt. Bd. 38(1951), Nr. 12, S. 391...410.
- [9] Amstutz, A. und H. Meyer: Netzversuche mit Druckluftschaltern. Brown Boveri Mitt. Bd. 37(1950), Nr. 4/5, S. 136...143.

**Adresse des Autors:**

Dr. H. Meyer, Oberingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

621.314.224.8 + 621.316.727 : 621.319.4

La construction des transformateurs de mesure magnétiques utilise les principes qui ont gouverné depuis des années la réalisation des types pour 220 kV. Pour des raisons économiques, il est intéressant de les remplacer par d'autres appareils de mesure, parmi lesquels le transformateur de potentiel capacitif jouera un rôle très important.

La compensation de la puissance réactive se fait autant par condensateurs parallèles dans les réseaux de distribution que par condensateurs séries sur les lignes de transport 380 kV. L'article résume les règles déterminant la construction de ces condensateurs séries et de leur protection.

Stromwandler für diese hohen Spannungen werden fast ausschliesslich mit einer Isolation aus ölpräpariertem Papier zwischen Primär- und Sekundärwicklung ausgeführt. Auch für 380 kV Betriebsspannung kann dieses Dielektrikum durch die

bewährten Verfahren zur Trocknung und Imprägnierung unter Vakuum so zuverlässig hergestellt werden, dass weder ein thermischer Durchschlag infolge zu grosser dielektrischer Verluste noch eine Gefährdung bei den hohen Überspannungen möglich ist.

Ein Beispiel dieser Konstruktion ist der von der Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) in Zürich ausgeführte Stromwandler (Fig. 1). Er ist gebaut nach den VDE-Vorschriften für eine Prüfspannung von 750 kV, 50 Hz, 1 min und eine Haltestoßspannung von 1600 kV, Normalwelle 1/50  $\mu$ s und ausgerüstet mit vier Kernen, zwei davon als Messkerne für 60 VA, Klasse 0,5 bzw. 30 VA, Klasse 0,2, und zwei als Relaiskerne, 60 VA, Klasse S 20 bzw. 25 VA für Erdschlussanzeige. Versuchsweise wurde von der MFO die Isolation dieses Stromwandlers auch aus Giessharz hergestellt. Dieser bis heute vermutlich grösste ge-

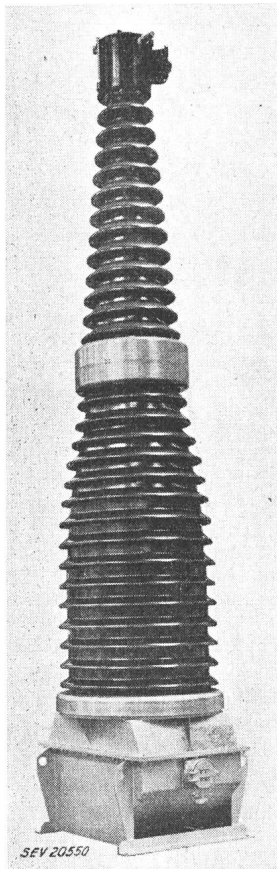


Fig. 1  
Stromwandler  
380 kV Nennspannung  
Bauart Maschinenfabrik  
Oerlikon, Zürich

gossene Isolationskörper wird an Stelle der Papierisolation in das Porzellengefäss eingebaut, wobei der Zwischenraum am Aufstellungsort des Wandlers mit Öl gefüllt wird.

Es ist aber auch möglich, einen 380-kV-Stromwandler sozusagen in Zwillingausführung aus zwei 220-kV-Wandlern mit etwas reduzierten Dimensionen aufzubauen. Diese Anordnung ist gewählt worden von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden (Fig. 2). In dieser Ausführung dient die Verbindungsstelle im Mittelteil des Wandlers sowohl zur bequemen Aneinanderreihung von zwei nicht zu grossen Isolatoren, als auch zur Befestigung der Aktivteile. Diese Lösung erleichtert den Transport, indem die Wandler zerlegt und die einzel-

SEN 30 für 850 kV Prüfspannung, 50 Hz, 1 min und 1775 kV Haltestoßspannung, Normalwelle 1/50  $\mu$ s. Der Wandler ist ausgerüstet mit zwei Messkernen zu je 20 VA, Klasse KWH nach SEN 09 und einem Kern 50 VA, Klasse KW nach SEN 09. Der Wandler kann primärseitig von 1200 auf 600 und 300 A umgeschaltet werden. Der Sekundärstrom beträgt 2 A.

Der Bau von 380-kV-Spannungswandlern ist vielleicht etwas weniger einfach als von Stromwandlern. Doch ist es ebenfalls möglich, durch eine Zwillinganordnung zweier 220-kV-Spannungswandler eine wirtschaftliche Lösung zu finden (Fig. 2). Besondere konstruktive Massnahmen sind aber nötig, um die beim 220-kV-Spannungswandler erreichte Stossfestigkeit der Wicklung auch beim 380-kV-Typ mit gleicher Sicherheit beizubehalten.

Die Ausrüstung eines vollständigen Messfeldes mit je drei Strom- und Spannungswandlern für 380 kV bedingt einen ganz erheblichen Aufwand, da die normalen magnetischen Messwandler dafür mehr als 100 000 Franken kosten. Es ist daher interessant, in 380-kV-Systemen zu prüfen, in welcher Weise bestehende Geräte wie Transformatoren, Schalter, Kabel usw. zu Messzwecken benützt und angepasst werden können.

Zum Ersatz des Stromwandlers wird es z. B. zweckmässig sein, vorhandene Kabel mit Ringstromwandlern auszurüsten und die Kabelendverschlüsse entsprechend umzuändern. Es ist ohne weiteres möglich, Stromwandler mit beliebig grosser Messleistung auf 380-kV-Kabel aufzuschieben, da deren Durchmesser zwischen 120 und 150 mm liegt.

Dann können Transformatordurchführungen mit Stromwandlerkernen versehen werden. Besonders gut eignet sich dazu die von Haefely entwickelte Durchführung mit ölprägnierter Papierisolation,

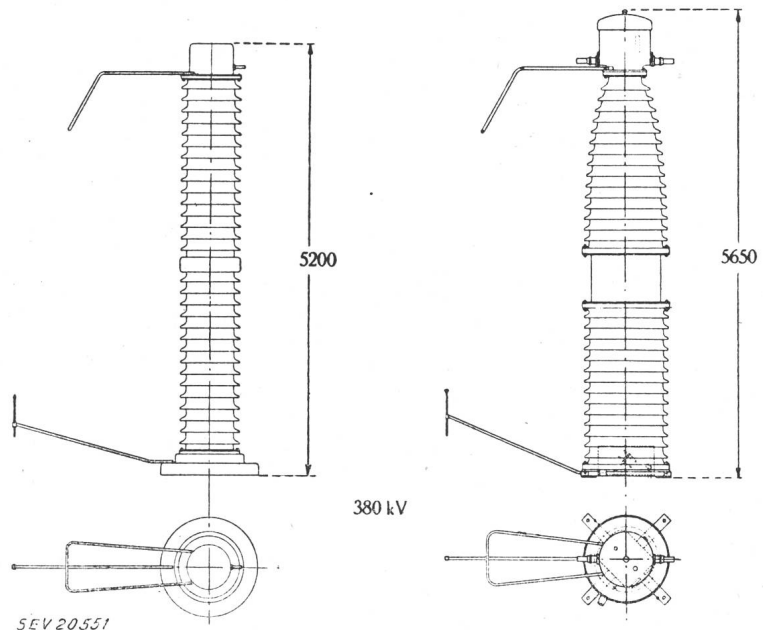


Fig. 2  
Stromwandler (rechts) und Spannungswandler  
(links) für 380 kV Nennspannung  
Bauart A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden

nen Teile fertig montiert in Öl speditiert werden können.

Die Figur rechts in Fig. 2 zeigt einen 380-kV-Stromwandler, gebaut nach den schwedischen Normen

deren Durchmesser bei 380 kV unter dem Flansch 250 mm nicht überschreitet.

Während diese Ausweichmöglichkeiten beim Stromwandler ziemlich beschränkt sind, kann der

magnetische Spannungswandler überall durch den kapazitiven Teiler ersetzt werden, was bereits bei 150 kV, besonders aber bei 380 kV wirtschaftlich interessant ist. Als Beispiele seien die schwedischen 220- und 400-kV-Netze und das englische 275-kV-

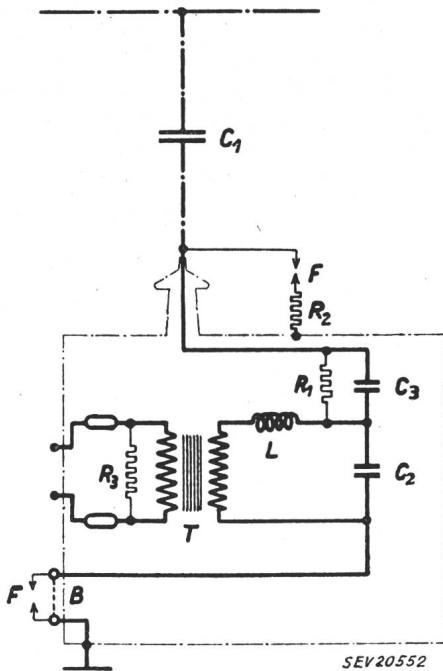


Fig. 3

**Schema des kapazitiven Spannungswandlers**

Bauart Emil Haefely & Cie. A.-G., Basel

- C<sub>1</sub> Kopplungskondensator; C<sub>2</sub> Sekundärkapazität des Spannungsteilers; C<sub>3</sub> Überbrückungskapazität; L Kompensationsdrosselspule; R<sub>1</sub> Kompensationswiderstand; T Wandler; F Schutzfunkenstrecke; R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> Dämpfungswiderstände; B Erdungslasche

Netz erwähnt, in denen ausschliesslich kapazitive Spannungswandler verwendet werden oder vorgesehen sind.

Der in der Schweiz von Emil Haefely & Cie. A.-G. Basel entwickelte kapazitive Spannungswandler (Fig. 3) besteht aus einer Hochspannungskapazität C<sub>1</sub>, welche auch gleichzeitig als Kopplungskondensator für die HF-Übertragung längs der Leitung be-

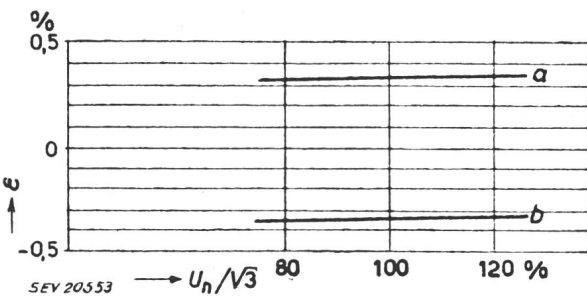


Fig. 4

Übersetzungsfehler  $\epsilon$  in Funktion der Spannung  $U_n/\sqrt{3}$  bei einer sekundären Belastung von a: 25 VA, b: 100 VA,  $\cos \varphi_2 = 0,8$

nützt werden kann. Sie wird durch den Kondensator C<sub>2</sub> zum Teiler ergänzt; am Abgriff sind eine Kompensationsdrossel L und ein Präzisionsspannungswandler T angeschlossen, auf dessen Sekundärseite die Messleistung abgegeben wird. Der Widerstand R<sub>1</sub> dient zur Korrektur des Fehlwinkels; er ist hochfrequenzmässig durch die Kapazität C<sub>3</sub> überbrückt.

Der Anschluss des HF-Signals erfolgt an der Klemme B. Zwei Sicherheitsfunkenstrecken F ergänzen die Schaltung.

Diese kapazitiven Messwandler werden für Messleistungen von 100...200 VA mit der Genauigkeit entsprechend Klasse 0,5 VDE gebaut. Bei geringen Ansprüchen an die Präzision können höhere Messleistungen entnommen werden.

Die Fig. 4 und 5 zeigen den Verlauf der gemessenen Übersetzungsfehler und Fehlwinkel zwischen 0,8- und 1,2facher Betriebsspannung bei 100 und 25 VA sekundärer Belastung,  $\cos \varphi_2 = 0,8$ .

Ein kapazitiver Spannungswandler für 380 kV (Fig. 6) besteht aus 4 aufeinander montierten Kopplungskondensatoren und der Messeinheit. Er hat

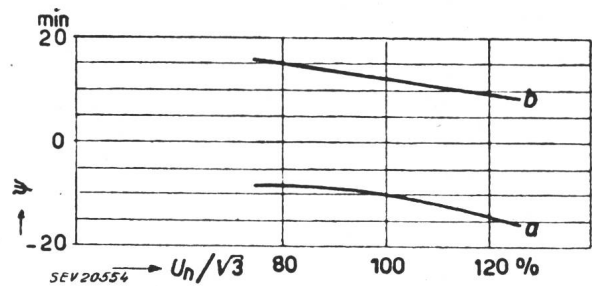


Fig. 5

Fehlwinkel  $\psi$  in Funktion der Spannung  $U_n/\sqrt{3}$  bei einer sekundären Belastung von a: 25 VA, b: 100 VA,  $\cos \varphi_2 = 0,8$

eine Kapazität von 2000 pF für eine Messleistung von 150 VA, Klasse 0,5. Seine Prüfspannung beträgt 1000 kV, 50 Hz, 1 min; er hat eine Haltestoßspannung von über 2000 kV, Normalwelle 1|50  $\mu$ s. Die Kopplungskondensatoren können für stehende oder hängende Montage vorgesehen werden; es werden keine besonderen Fundamente benötigt. Die Messeinheit kann neben der Kapazität oder auch an einem anderen passenden Platze in die Anlage eingefügt werden. Der Transport ist sehr einfach, die Montage erfolgt am Aufstellungsort.

Es wird dem kapazitiven Spannungswandler häufig vorgeworfen, er sei empfindlich gegenüber Frequenzänderungen. Wie wenig dies zutrifft, zeigen die Fig. 7 und 8, aus denen die gemessene Änderung des Übersetzungsfehlers und Fehlwinkels bei einer Frequenzschwankung von 48 auf 52 Hz ( $\pm 4\%$  der Nennfrequenz) ersichtlich ist.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika sind bei Anwendung kapazitiver Teiler zu Messzwecken Fehlschaltungen des selektiven Distanzschutzes aufgetreten. Sie sind auf eine unzuweckmässige Kompensationsschaltung zurückzuführen. Bei der in Fig. 3 dargestellten Schaltung arbeiten alle bis heute bekannten Distanzschutzrelais einwandfrei, da der ganze oder teilweise Zusammenbruch der Hochspannung sowohl in der Grösse als auch der Phase richtig auf die Sekundäranschlüsse übertragen wird.

**Kompensationsmittel in 380-kV-Anlagen**

Welche Bedeutung der Kompensation der Blindleistung in Hochspannungsanlagen zugemessen werden muss, ergibt sich bereits aus den Ausführungen



von Prof. Dr. K. Berger über deren Stabilität<sup>1)</sup> und von Direktor W. Hauser über Spannungshaltung und Kurzschlußschutz<sup>2)</sup>. Ebenfalls wies Ingenieur Jean-Richard in der Diskussion<sup>3)</sup> auf die Bedeutung einer konsequenten Verbesserung des

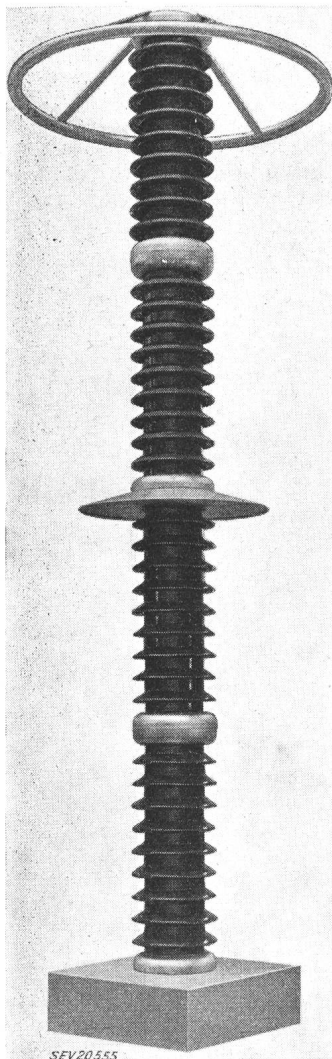
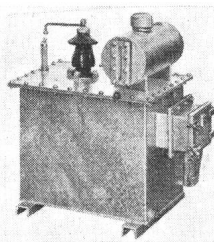


Fig. 6  
Kapazitiver Messwandler  
400 kV, 150 VA, Klasse  
0,5, Bauart Emil Haefely  
& Cie. A.-G., Basel,  
gleichzeitig als  
Kopplungskondensator  
benützbar



Leistungsfaktors durch den Einbau von Parallelkondensatoren in die Verteilanlagen auf Nieder- und Mittelspannung hin. Diese Kompensationsmittel sind bekannt und haben sich seit langer Zeit bewährt.

Dagegen ist das Interesse für Seriekondensatoren als Bauelemente für lange Übertragungsanlagen höchster Betriebsspannungen erst seit wenigen Jahren erwacht. Abgesehen von wenigen Anlagen in Mittelspannungsnetzen sind für 220-kV-Systeme nur drei Anlagen in den Vereinigten Staaten, deren grösste mit 90 000 kVar, und eine Anlage in Schweden von 50 000 kVar, bekannt und beschrieben. Die Schwedische Königliche Wasserfallgesellschaft plant den Einbau von Seriekondensatorbatterien sehr grosser Leistung in das bestehende und noch auszubauende 380-kV-Netz. In Russland ist vorgesehen, die 400-kV-Übertragungsanlage Kuibyschew-Moskau mit vier Seriekapazitäten so auszurüsten,

<sup>1)</sup> siehe S. 129.  
<sup>2)</sup> siehe S. 137.  
<sup>3)</sup> siehe S. 166.

dass durch zwei Einfachleitungen auf eine Distanz von 925 bzw. 1000 km je 600 MW übertragen werden können.

Eine auch nur einigermaßen gründliche Abklärung aller Fragen im Zusammenhang mit den Serie-

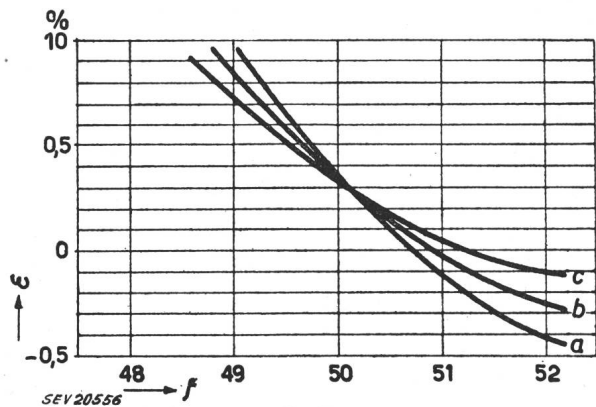


Fig. 7  
Übersetzungsfehler  $\epsilon$  in Funktion der Frequenz  $f$  für eine Primärspannung von a: 80 %, b: 100 %, c: 120 % der Nennspannung

kondensatoren ist im Rahmen einer kurzen Abhandlung nicht möglich. Es sei auf das Literaturverzeichnis verwiesen<sup>4)</sup>, welches Arbeiten aufführt, die sowohl über technische als auch wirtschaftliche Aspekte Aufschluss geben.

Zur technischen Beurteilung werden lediglich einige einfache Hinweise gegeben:

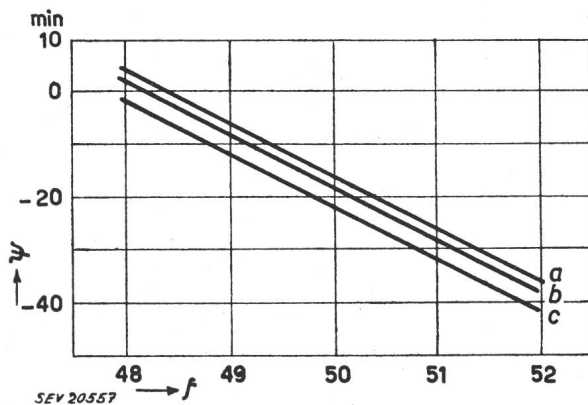


Fig. 8  
Fehlwinkel  $\psi$  in Funktion der Frequenz  $f$  für eine Primärspannung von a: 80 %, b: 100 %, c: 120 % der Nennspannung

Die höchste in einer Wechsellspannungsleitung übertragbare Leistung, bei  $\cos \varphi \approx 1,0$ , wird angenähert bestimmt durch die Formel

$$P_{max} = \frac{U_a U_e}{L} K$$

- wo  $U_a$  Spannung am Leitungsanfang
- $U_e$  Spannung am Leitungsende
- $L$  Reaktanz der Leitung
- $K$  Zahlenfaktor

Die Reaktanz  $L$  kann durch eine Kapazität verkleinert und damit die übertragbare Leistung vergrössert werden. Der Seriekondensator wirkt also wie eine Verkürzung der Leitung.

<sup>4)</sup> siehe am Schluss des Aufsatzes.

Die heute vorliegenden Erfahrungen weisen darauf hin, dass 220-kV-Leitungen vorteilhaft durch Seriekapazitäten so kompensiert werden, dass ihre «elektrische Länge» ungefähr noch 200...250 km beträgt; es können dann gegen 300 MVA übertragen werden. Bei 380-kV-Leitungen sind mit «elektrischen Längen» von 250...300 km Übertragungsleistungen von gegen 700 MVA möglich.

Das Verhältnis der Kapazität des Seriekondensators zur Reaktanz der Leitung bezeichnet man als Kompensationsgrad; sein Wert bleibt bei den heute bekannten Anlagen durchwegs unter 0,5.

Bei der Planung von Seriekondensatoranlagen ist zu beachten:

1. Wird die Leitung, von der Erzeugerseite her gesehen, hinter dem Kondensator kurzgeschlossen, so treten an seinen Klemmen ganz bedeutende Spannungserhöhungen auf; der Kurzschlussstrom ist ja infolge verkleinerter Reaktanz wesentlich höher. Der Kondensator ist also mit einer automatisch wirkenden Einrichtung auszurüsten, die ihn bei Störungen kurzschliesst. Diese Schutzvorrichtung wird meistens als beblasene Funkenstrecke ausgebildet, wobei bei grösseren Batterien eine gruppenweise Unterteilung vorteilhaft ist.

2. Diese Schutzfunkenstrecken dürfen andererseits aber nicht ansprechen, wenn die Leitung unter normalen Bedingungen ein- und ausgeschaltet wird.

Aus diesen Forderungen ergibt sich, dass die Schutzvorrichtung so einzustellen ist, dass sie beim 3...4,5fachen Wert der Nennspannung (Klemmenspannung beim höchsten normalen Betriebsstrom) anspricht. Andererseits müssen die Kondensatoren aber auch so bemessen sein, dass sie diesen kurzzeitigen, aber wiederholt auftretenden Spannungen ohne Beschädigungen gewachsen sind.

3. Damit der selektive Distanzschutz der Leitung auch beim Einbau der Seriekondensatoren richtig arbeitet, müssen die Unterteilung der Batterie und der Aufstellungsort geprüft werden. Bei kleinerem Kompensationsgrad als 0,5 dürfte dabei die Seriekapazität am besten in der Mitte der Leitung eingeschaltet werden; diese technisch vorteilhafte Lösung ist auch die wirtschaftlichste. Bei höherem Kompensationsgrad ist die Batterie zu unterteilen und proportional zu den Teilleistungen längs der Leitung zu installieren.

4. Bei höherem Kompensationsgrad als 0,5 ist die Möglichkeit einer Ferroresonanz mit Transformatoren und rotierenden Maschinen zu prüfen.

Weitere zusätzliche Forderungen sind zu erfüllen, wo Seriekapazitäten zum Ausgleich der Übertragungsleistungen in parallelen Strängen vermaschter Netze eingebaut werden.

Alle diese Fragen sind aber heute doch soweit übersehbar, dass es grundsätzlich möglich ist, Seriekondensatoren ohne Schwierigkeiten in Übertragungsleitungen für 220 kV und höhere Spannungen einzusetzen. Die schweizerische Industrie ist in der Lage, dafür Kapazitäten herzustellen.

In verschiedenen Veröffentlichungen ist auf den wirtschaftlichen Nutzen hingewiesen worden, der aus dem Einbau von Seriekondensatoren entsteht. Erwähnt sei daraus lediglich, dass die in Schweden ausgeführten Berechnungen eine Verminderung der Übertragungsverluste auf der Leitung nachweisen, welche allein schon die Installation der Seriekapazitäten rechtfertigt.

#### Literatur

- [1] *Crary, S. B.* und *L. E. Saline*: Comparaison des méthodes d'amélioration de la stabilité dans les réseaux de transmission à haute tension. CIGRE 1952, rapp. 307.
- [2] *Dovjikov, A.* und *E. C. Starr*: Series Capacitors in High-Voltage Lines of the Bonneville Power Administration. Electr. Engng. Bd. 71(1952), Nr. 3, S. 228...232.
- [3] *Jancke, G.* und *K. F. Akerström*: The Series Capacitor in Sweden. Electr. Engng. Bd. 71(1952), Nr. 3, S. 222...227.
- [4] *Miroulouboff, A. V.*: La ligne de transmission d'énergie à 400 kV Kouibycheff-Moscou. CIGRE 1952, rapp. 408.
- [5] *Rathsman, B. G.*: Rapport du Comité International n° 13: Stabilité des réseaux et réglage de tension, puissance, fréquence. CIGRE 1952, rapp. 336.
- [6] *Rusck, A., B. G. Rathsman* und *G. Jancke*: Le réseau suédois à 380 kV. CIGRE 1952, rapp. 404.
- [7] *Herlitz, I.*: Economic Potentialities of the Series Capacitor. Asea J. Bd. 23(1950), Bd. 5/6, S. 72...76.
- [8] *Jancke, G.* und *K. F. Akerström*: Le condensateur série et plus spécialement son emploi sur le réseau suédois à 220 kV. CIGRE 1950, rapp. 332.
- [9] *Knudsen, N.*: Technical Problems arising from the Use of Series Capacitors. Asea J. Bd. 23(1950), Nr. 5/6, S. 77...82.
- [10] *Starr, E. C.* und *R. D. Evans*: Series Capacitors for Transmission Circuits. Electr. Engng., Trans. Sect. Bd. 61(1942), Dez., S. 963...973.

Adresse des Autors:

A. Métraux, Vizedirektor der Emil Haefely & Cie. A.-G., Postfach Basel 2.

#### Diskussionsbeiträge

zu den an der Diskussionsversammlung des SEV vom 5. Dezember 1952 in Zürich gehaltenen Vorträgen

Von Prof. Dr. J. Biermanns, Kassel:

Ich möchte sachlich ganz kurz auf zwei Punkte eingehen. Es ist, wie ich mich erinnere, zweimal behauptet worden, der Nachteil der Lagenwicklung wäre ihre geringe oder zum mindesten schwer erreichbare Kurzschlussfestigkeit. Ich fühle mich in diesem Fall direkt angesprochen, weil ich vor etwa 20 Jahren die Lagenwicklung im Grosstransformatorenbau eingeführt habe. Und ich muss sagen, dass eine unserer grössten Überraschungen damals gerade die grosse Kurzschlussfestigkeit dieser Lagenwicklung war. Wir haben das zunächst einmal rein empirisch festgestellt, dann haben die Berechnungen das Ergebnis durchaus bestätigt. Eine weitere Bestätigung ist die Tatsache, dass die General Electric vor wenigen Jahren zu der Lagenwicklung übergegangen ist. Sie führt heute alle Transformatoren von etwa 150 kV an mit Lagenwicklung aus. Die Anwendung von Schilden, die durch *Paluff* berühmt geworden ist, ist bei der Lagenwicklung einfach durchzuführen. Auch die Isolation zwischen den Lagen ist bei dieser Ausführung leicht herzustellen, wenn man das entsprechende Material verwendet, so dass die höhere Lagenspannung gegenüber der Spannung zwischen den einzelnen Spulen bei der verstärkten Wicklung nicht als Nachteil angesehen werden kann.

Weiterhin wurde über die Schaltwiderstände bei Schaltern gesprochen. Ich bin der Meinung, man sollte sich doch lang-

sam dazu entschliessen, die Transformatoren mit Überspannungsableitern auszurüsten. In den USA ist die Ausrüstung von Transformatoren mit angebauten Überspannungsableitern Standardausführung. Jeder grössere Transformator zeigt an seinem Kasten kleine Podeste, auf denen die Überspannungsableiter Platz finden. Diese Ableiter schützen den Transformator auch gegen die Schaltüberspannungen.

Apport de M. Ch. Jean-Richard, Berne:

Les trois exposés lumineux que vous venez d'entendre ont traité, tour à tour, de l'aspect économique, de la stabilité et du maintien de la tension en rapport avec le transport d'énergie à 380 kV. Veuillez prêter votre attention à une particularité du transport d'énergie à 380 kV qui relève de considérations à la fois d'ordre économique et d'exploitation.

Vous savez que le facteur de puissance que rencontrent les entreprises de distribution d'énergie électrique est de 0,85 *ML*<sup>1)</sup> env. D'autre part, le facteur minimal de puissance, admissible à 225 et 380 kV est de 0,95 *ML* env. La différence entre ces deux valeurs, exprimée en puissance déwattée ou inactive<sup>2)</sup>, est égale à 30 % de la puissance active transmise.

<sup>1)</sup> Les lettres après la valeur numérique du facteur de puissance caractérisent le régime soit: *M* moteur; *G* générateur; *L* inductivité; *C* capacité.