

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

**Rubrik:** Diskussionsbeiträge

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 25.12.2024

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

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.

Pour satisfaire les besoins impérieux du transport à 225 et 380 kV il faut donc créer d'une manière satisfaisante une tranche de puissance inactive dont le montant est égal à 30 % de la puissance active à transporter. Ce montant paraît exagéré. Seulement, il y a lieu de considérer le fait que l'amélioration du facteur de puissance de 0,85 ML à 0,95 ML libère 12 % de toutes les sections participant au transport en amont du point où finit l'amélioration du facteur de puissance. Ces 12 % sont disponibles au transport de puissance active, combien plus précieuse: donc 12 % de la puissance nominale des générateurs, 12 % de celle des transformateurs, élévateurs et abaisseurs, et 12 % de la section des lignes de transport.

Par conséquent il vaut la peine de s'intéresser aux moyens de créer les 30 % requis de puissance inactive. Parmi ces moyens il y en a un qui paraît spécialement utile, c'est le condensateur statique. Ses pertes sont minimales, de 3 ‰ env. par rapport à sa puissance nominale, et de quelques millions de kWh seulement par rapport à la Suisse et par an lorsqu'on considère tous les condensateurs nécessaires pour relever le facteur de puissance de 0,85 ML à 0,95 ML pour l'ensemble des réseaux suisses.

Evidemment, il y aura lieu de brancher ces condensateurs aussi loin que possible des générateurs, électriquement parlant. Ainsi, tel réseau les placera au dernier échelon de tension avant la distribution à basse tension. Là, des batteries de condensateurs avec régulation de la puissance inactive en fonction de la puissance active, seront nécessaires. Tel autre réseau préférera mettre les condensateurs en parallèle avec les moteurs à induction, se dispensant de cette manière de devoir régler les condensateurs.

Seulement, et c'est ici le point critique de la question des condensateurs, l'initiative n'appartient pas à la technique comme telle mais elle appartient aux distributeurs d'énergie électrique.

A travers cette assemblée, organisée par l'Association Suisse des Electriciens je voudrais donc m'adresser à l'Union des Centrales Suisses d'électricité certainement représentée parmi nous, l'invitant à s'intéresser à l'amélioration du facteur de puissance dans les proportions indiquées pour que le transport à 225 et 380 kV trouve, en naissant, des réseaux dont le facteur de puissance est entre 0,95 ML et 1,0 M.

*Beitrag von Dr. H. Kappeler, Zürich<sup>3)</sup>:*

Ich möchte über die Bemessung und Prüfung der Isolation in 380-kV-Anlagen eine grundsätzliche Frage aufwerfen.

Wir haben gesehen, dass in einem 380-kV-Netz eine Reihe von Überspannungen auftreten, die ihrem Ursprung und Wesen nach voneinander verschieden sind.

Der Werkbesitzer, dem daran gelegen ist, dass sein Freileitungs- und Stationsmaterial diesen möglichen Überspannungen standhält, wird vom Fabrikanten Prüfungen verlangen, die der Natur dieser Überspannungen angepasst sind. Bei der heute üblichen Prüfpraxis ist dies aber nicht immer der Fall, was an Hand von Fig. 1 etwas näher erläutert sei.

Das Bild enthält auf der Ordinate die in einem 380-kV-Netz vorkommenden (Scheitelwert-) Überspannungen in kV und in der Abszisse die Dauer dieser Überspannungen. Dabei ist nicht etwa die Zeit einer einzelnen Überspannung aufgetragen, sondern die über das ganze Leben der Isolation summierten Beanspruchungszeiten, in der Meinung, dass dadurch der Alterung der Isolationen durch die wiederholte Beanspruchung Rechnung getragen wird.

Wir sehen rechts aussen die dauernd anliegende Betriebsspannung Pol-Erde, dann die Überspannungen bei Lastabwurf am Ende einer langen Leitung (stationäre und Ausgleich-Schwingungen), ferner die Überspannungen bei Erdschluss und die Schaltüberspannungen, die mit dem 3,5fachen Werte der Betriebsspannung eingetragen sind. Links aussen die Überspannungen atmosphärischen Ursprungs. Die Verbindungslinie stellt für das Netz eine Art Betriebscharakteristik dar, oberhalb welcher überhaupt keine Beanspruchungen mehr vorkommen können.

Wenn wir die industriefrequente Prüfspannung  $\hat{U}_p$  betrachten, so berührt es eigenartig, wenn heute 1-min-Werte

verlangt werden, die bis 75 % über der Betriebslinie liegen und die für viele Isolationen eine ganz unnötige Härte darstellen. Dies betrifft insbesondere längsbeanspruchte, geschichtete Isolierstoffe, wie sie im Schalter, bei den Durchführungen und Kondensatoren, aber auch in den Enddistanzen beim Transformator vorkommen. Für solche Isolatoren bedeutet eine 1-min-Prüfung von 980 kV Effektivspannung mit einem Scheitelwert von rund 1400 kV, wie ihn die schwedischen Abnehmer fordern, bereits eine Gefahr, da durch Gleitladungen von solch langer Dauer (und sie sind nicht zu verhindern) bereits der Keim der Zerstörung in die Isolation gelegt wird, was durch Versuche und Erfahrungen eindeutig erwiesen worden ist.

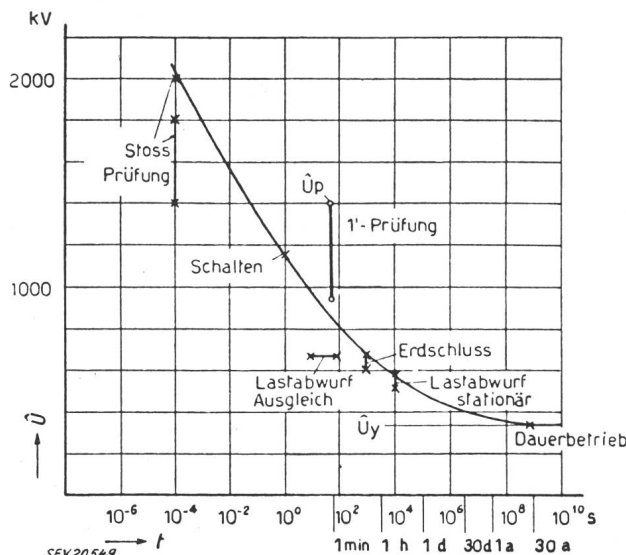


Fig. 1  
Betriebskennlinie  
Scheitelwerte und Dauer der in einem 380-kV-Netz vorkommenden Spannungen

Im Lichte dieser Betrachtung sollte man die 1-min-Prüfspannung auf einen Wert senken, der nicht viel über der Betriebskennlinie liegt, oder unter Beibehaltung des hohen Spannungswertes die Prüfdauer auf einen Wert senken, der nur eine Sekunde oder Bruchteile davon beträgt, eine Massnahme, die den wahren Netzverhältnissen bedeutend gerechter und bei genügender Betriebssicherheit eine wirtschaftliche Konstruktion und Bemessung der Isolation ermöglichen würde.

*Von H. Meister, Bern:*

Direktor Hauser hat heute die Gefahr der Beeinflussung von Telefonleitungen durch benachbarte Hochspannungsleitungen erwähnt. In der Tat bringen uns die direkt geerdeten Hochspannungsnetze mit den grossen Erdschlussströmen ziemlich schwer zu lösende Probleme. Die Schwierigkeiten konzentrieren sich hauptsächlich auf die Alpentäler, in denen oft aus topographischen Gründen nur kleine Abstände zwischen den parallel geführten Leitungen eingehalten werden können, die in Verbindung mit den hohen spezifischen Erdwiderständen dieser Gebiete eine enge Kopplung zwischen den Leitungen ergeben. Die Spannungen, die dabei in Telefonleitungen induziert werden können, sind für Freileitungen in ungünstigen Fällen etwa in der Grössenordnung von 10...15 kV, was für eine Schwachstromanlage natürlich etwas viel ist. Verkabelt man die Leitungen, so erreicht man durch die Schutzwirkung des Kabelmantels eine Verbesserung. Bei kleinen Kabeln können jedoch immer noch Spannungen, die einige kV erreichen, auftreten. Es müssen dann andere Massnahmen, wie Spezialkabel, spezielle Verlegungsart usw. angewendet werden, wenn es nicht möglich ist, ausreichende Abstände einzuhalten.

In den bisherigen Fällen hat man immer eine Möglichkeit gefunden, die auftretenden Probleme zu meistern, und ich glaube, dass dies dank dem guten gegenseitigen Verhältnis zwischen PTT und Elektrizitätsunternehmen auch in Zukunft so sein wird.

<sup>2)</sup> L'expression «puissance inactive» remplace avantageusement l'expression «puissance réactive» employée jusqu'ici au vocabulaire CEI.

<sup>3)</sup> Dieser Beitrag wurde der vorgerückten Zeit wegen an der Versammlung nicht mehr vorgetragen.

Beitrag von Dr. A. Roth, Aarau:

Wir haben die sehr interessanten Ausführungen von Prof. Berger gehört. Ich möchte davon nur die gründlichen Versuche über Überspannungen an leerlaufenden Transformatoren herausnehmen, welche er in Bottmingen und im Wägital gemacht hat, bei denen die Abschaltüberspannungen Werte erreicht haben, welche Beachtung verdienen.

Ich möchte nicht darüber diskutieren, ob sie noch zulässig sind oder die Gefahrgrenze überschreiten. Wenn ich das Wort ergreife, so ist es um zu verhindern, dass die Ergebnisse dieser Messungen verallgemeinert werden. Es hat sich nämlich gezeigt, dass Überspannungen dieser Höhe nur in seltenen Fällen gefunden worden sind. Gerade in 220- und 400-kV-Netzen ist es uns bei ausgedehnten Versuchen nicht gelungen, irgendwelche Überspannungen gefährlicher Höhe festzustellen.

Dagegen sollten wir alle miteinander das Problem dieser Überspannungen beim Abschalten leerlaufender Transformatoren eingehend studieren. Die Lage ist heute die, dass die besten Fachleute nicht wissen, welche Faktoren, insbesondere im Bau der Transformatoren und Schaltanlagen, vorliegen müssen, damit Überspannungen solcher Höhe auftreten oder nicht auftreten. Wenn wir blindlings verallgemeinernde Schlüsse ziehen, riskieren wir, dass wir unnötigerweise unsere Schalter komplizieren und damit ihre Betriebssicherheit heruntersetzen.

Wenn meine Worte dazu beitragen, dass wir etwas geduldig sind, das Phänomen studieren, um zu wissen, wann und wo es auftritt, und so lange damit zuwarten, besondere Massregeln zu treffen, so haben sie ihr Ziel erreicht.

Von Dr. M. Wellauer, Zürich:

Die praktische Erfahrung mit der Stoßspannungsprüfung von Transformatoren hoher Spannung zeigte ein anderes Ergebnis als erwartet wurde. Der ursprünglich mit der Stoßspannungsprüfung beabsichtigte Zweck war in erster Linie eine Kontrolle der Windungsisolationen und damit eine Sicherung gegen Windungsschlüsse im Betrieb. Die Stoßspannungsprüfung hat jedoch gezeigt, dass es — wenigstens bei Transformatoren grosser Leistung — leichter ist, die Windungen der Wicklungen stossfest zu machen, als die Hauptisolation. Das beruht auf folgendem Umstand:

Abgesehen von der ausgezeichneten homogenen Isolation, die uns in der Form der Papierisolation der Leiter in Öl zur Verfügung steht, hat man Wicklungsanordnungen gefunden, die — ohne das Hilfsmittel der statischen Schirme mit ihren Nachteilen verwenden zu müssen — eine sehr gute Spannungsverteilung der Stoßspannung in der Wicklung ergeben. Man erhält dadurch eine grosse Sicherheit gegen Windungs- und Spulenüberschläge.

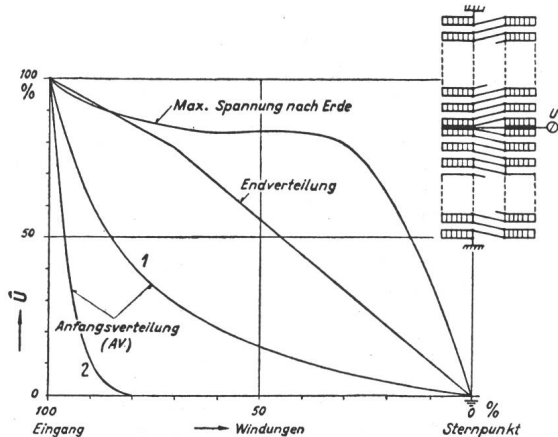


Fig. 1

Verhalten der Lagenwicklung bei Stoßbeanspruchung  
Erklärungen siehe im Text

Bekannt ist, dass man z. B. mit einer Lagenwicklung, falls der Sternpunkt geerdet und genügend Lagen vorhanden sind, eine gleichmässige und damit niedrige Spannung zwischen Windungen und Spulen bei Stoss erhält. Die Lagenwicklung ist jedoch in Grosstransformatoren nicht beliebt, da bei ihr

grosse Spannungen mit Betriebsfrequenz in Kauf genommen werden müssen und die Kurzschlußsicherheit schwer zu gewährleisten ist. Der Hochspannungstransformator mit Lagenwicklung und geerdetem Sternpunkt ergibt die Konstruktion mit dem geringsten Gewicht und den kleinsten Verlusten. Wir haben jedoch für die 220-kV-Transformatoren für das Kraftwerk Verbano eine Schaltung mit Scheibenspulenwicklung angewendet, die ebenfalls eine günstige Beanspruchung bei Stoßspannung ergibt und gewichtsmässig nur um etwa 4...5 % schwerer ist als der Lagenwicklungstransformator bei praktisch gleichen Verlusten. Diese Schaltung kann ohne weiteres auch für 380-kV-Transformatoren verwendet werden.

Fig. 1 zeigt das Verhalten dieser Wicklung bei Stoßbeanspruchung. Auf der Ordinate ist die Spannung aufgetragen, und zwar entspricht 100 % der vollen Stoßspannung. Auf der Abszisse entspricht 100 % dem Wicklungseingang (z. B. Phase U) und 0 % dem Wicklungsende, also dem geerdeten Sternpunkt. Aus dem Verlauf der Kurven ersieht man die Spannung gegen Erde längs der Wicklung. Die Kurve 1, die die Anfangsspannungsverteilung enthält, zeigt den Verlauf der Spannung nach etwa einer Mikrosekunde. Man erkennt die bekannte Erscheinung, dass die Eingangsspulen wesentlich

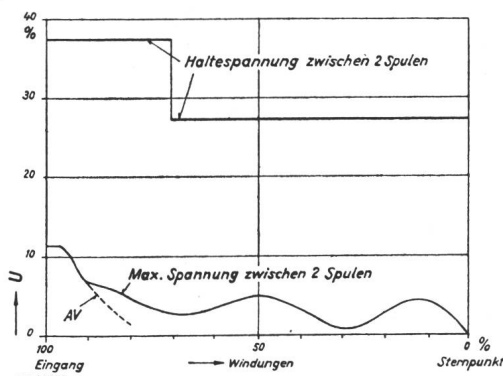


Fig. 2

Beanspruchung zwischen den Spulen bei einem vollen Stoss  
U maximale Spannung zwischen Doppelspulen in % der Stoßspannung

mehr Spannung aufnehmen als die Spulen im Innern und am Ende der Wicklung. Die Anfangsverteilung dieser Wicklung muss als günstig beurteilt werden, denn sie ist wesentlich besser als diejenige einer normalen Wicklung mit Scheibenspulen, welche Kurve 2 zeigt. Man erkennt den Unterschied z. B. aus der Spannung, die die ersten 10 % der Wicklung erhalten. Bei der normalen Wicklung (Kurve 2) sind es zirka 90 %, bei der Schaltung Verbano (Kurve 1) nur noch 40 %. Wegen dieser besseren Anfangsverteilung schwingt dieser Transformator auch weniger, denn man kann sich die Anfangsverteilung wie ein gespanntes Gummiseil vorstellen, das plötzlich losgelassen wird und nach vielen Schwingungen in den praktisch linearen Verlauf der Endverteilung übergeht. Es ist ohne nähere Erklärung einzusehen, dass das Gummiseil, bzw. die Wicklung, die im Anfangszustand weniger von der Endverteilung abweicht, auch weniger obenausschwingt. Bei der Wicklung des Transformators Verbano erkennt man, dass die Wicklung die volle Stoßspannung gegen Erde nicht mehr erreicht.

Fig. 2 gibt eine Übersicht über die Beanspruchung zwischen den Spulen dieser Wicklung bei einem vollen Stoss durch die Eingangsklemme. Die obere gerade Linie gibt die Haltespannung der Spulen in % der Stoßspannung wieder. Die ersten 30 % der Wicklung sind besser isoliert. Der untere Kurvenverlauf zeigt die gemessenen Spannungen zwischen den Spulen längs der Wicklung. Man sieht, dass die Wicklung bei Stoßbeanspruchung eine 3,5...5fache Sicherheit gegen Spulenschlüsse hat. Noch grösser ist die Sicherheit bei der Windungsisolierung. Da für die Betriebsspannung von 380 kV die Stoßspannung etwa 50 % höher sein wird, ergibt sich, dass eine mässige Verstärkung der Windungsisolierung dafür genügen würde. Bekanntlich werden ja durch eine zu starke Windungsisolierung die Beanspruchungen nicht unbedingt herabgesetzt, sondern können sogar vergrössert werden.

Wie bereits gesagt, bietet die Stoßspannungsfestigkeit der *Hauptisolation* dem Konstrukteur grössere Schwierigkeiten. Der Grund dafür ist, dass der Stossfaktor in Öl für *Kriechwege* nicht wesentlich grösser ist als 1, während er für die *Durchschlagspannung* der Isolation in Öl 2...3 beträgt. Der Scheitelwert der Stoßspannung ist jedoch bei 380 kV etwa 85 % höher als bei der Wechselspannungsprüfung. Bei der von uns gewählten Schaltung, wie sie M. Itschner gezeigt hat, baut sich die Spannung von den geerdeten Enden beidseitig bis zur Wicklungsmitte in der Mitte des Kernes auf. Die Wicklungsmitte und die Zuleitungen zur Klemme müs-

sen also in erster Linie die hohe Stoßspannung aushalten. Der Weg zur Stoßsicherheit besteht in einer einfachen und gut abgeschirmten Leitungsführung unter Vermeidung aller Kriechwege. Dies ist jedoch nicht einfach, weil sich bekanntlich die Klemme demontieren lassen muss, ohne dass der Deckel des Kessels zu entfernen ist. Die mit der Stoßfestigkeit der Hauptisolation zusammenhängenden Schwierigkeiten sind jedoch nicht unüberwindlich, und es besteht kein Zweifel, dass Transformatoren für 380 kV genau so stossfest gemacht werden können wie diejenigen für 150 und 200 kV.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Die einheitliche Gesamtausnutzung eines Flussgebietes in Spanien

621.311.21(46)

Wie in jedem Lande, ist auch in Spanien der Bedarf an elektrischer Energie in den letzten Jahren sehr gestiegen. Die andauernden Trockenperioden, die Jahr um Jahr von 1945 bis 1949 einander folgten, stellten das Problem der Energieversorgung noch mehr in den Vordergrund. Das Land, mehr als zuvor auf sich selbst angewiesen, musste sich anstrengen, seine Nationalproduktion zu steigern, wozu es notwendig war, der Industrie und der Landwirtschaft

brauches, wobei die Stadt und Provinz Barcelona mit 1407 Millionen kWh den provinzmässig höchsten Verbrauch aufweist.

Während der Verbrauch pro Einwohner als Jahresdurchschnitt auf das ganze Land errechnet nur wenig über 300 kWh beträgt, ist dieser Durchschnittsverbrauch für die Provinz Barcelona 630 kWh. Auch die Verbrauchszahlen der einzelnen Landesgebiete lassen ersehen, dass Katalonien stets aus anderen Zonen Energie beziehen musste. Für eine Weiterentwicklung des im Landesganzen so wichtigen Industriegebietes von Katalonien war eine Energiequelle nahe

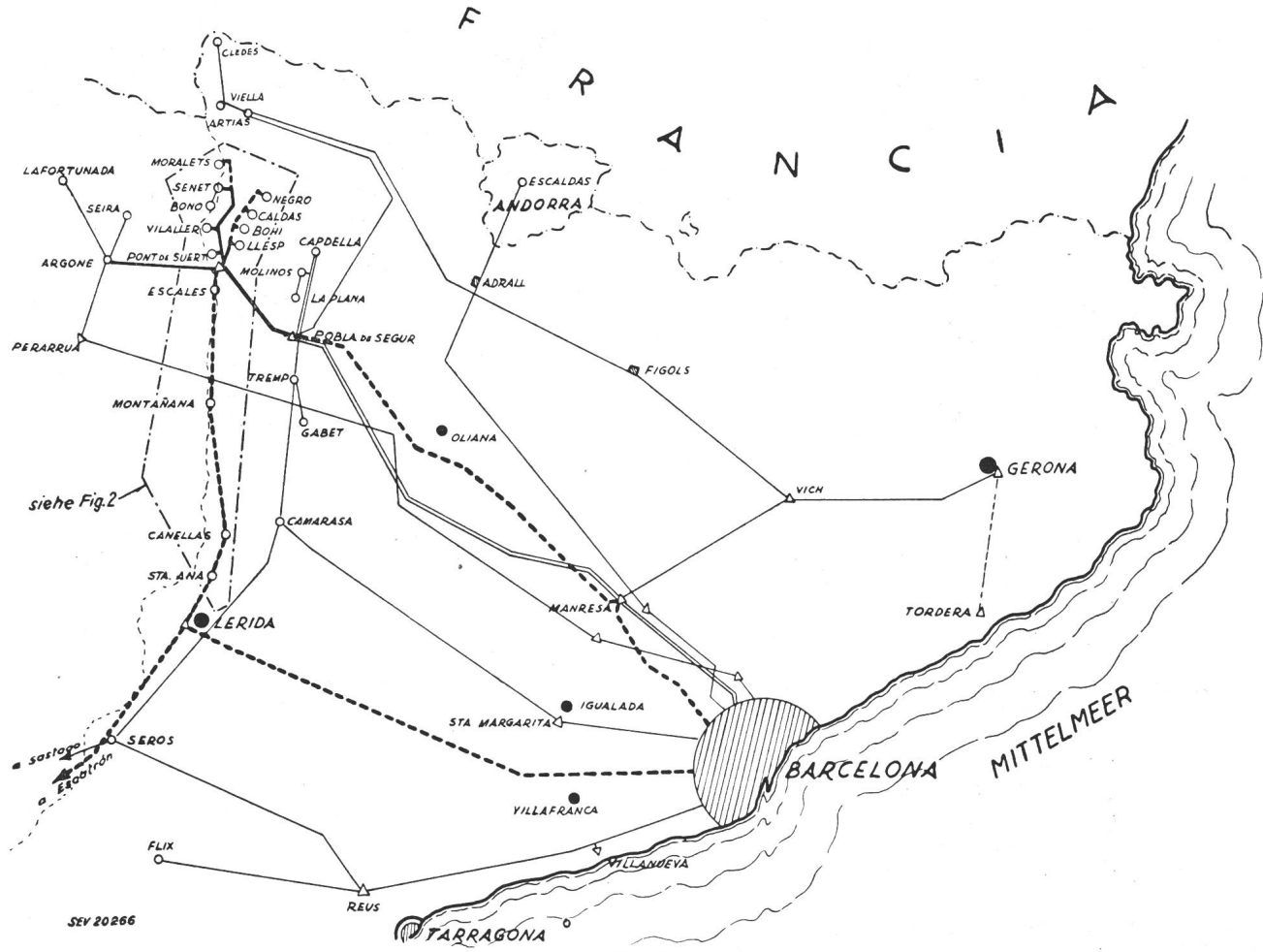


Fig. 1  
Lageskizze Kataloniens  
○ Kraftwerke  
△ Unterwerke  
● Ortschaften  
— Leitungen der EHNER im Betrieb  
- - - Leitungen der EHNER im Bau  
— Leitungen anderer Gesellschaften

mehr elektrische Energie zur Verfügung zu stellen. Spaniens jährlicher Energieverbrauch belief sich im Jahre 1932 auf 3272 Millionen kWh, und stieg 1943 auf 4776, 1948 auf 6165 und 1951 auf rund 8500 Millionen kWh. Katalonien allein, bestehend aus vier Provinzen, benötigte hiervon 1671 Millionen kWh, also etwa einen Fünftel des ganzen Landesver-

bei diesem bedeutenden Verbrauchszentrum die am meisten ersuchte Lösung. Eine solche Energiequelle auf weniger als 200 km Entfernung von Barcelona stellte das Flussgebiet des Noguera Ribagorzana mit seinen Nebenflüssen Salencas, Llauset, Baliera, Tor und St. Nicolau dar. Diese bildeten zusammen den natürlichen Abfluss nach dem Süden der Nie-