

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 33 (1942)
Heft: 9

Rubrik: Diskussion

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: 18.01.2025

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

Diskussion

Der **Vorsitzende**, Herr Dr. h. c. M. Schiesser, Präsident des SEV, dankt allen Referenten herzlich für die Vorträge und eröffnet die Diskussion.

Herr Prof. Dr. F. Niethammer, Deutsche Technische Hochschule Prag: Vor allem danke ich Herrn Präsident Dr. Schiesser für die mir bei der Eröffnung gewidmeten warmen Worte der Begrüssung aufs herzlichste. Ich danke dem Schweizerischen Elektrotechnischen Verein für die freundliche Einladung zu dieser äusserst aktuellen Tagung. Meine Beziehungen zu Ihrem Verein und zur Schweizer Elektroindustrie sind ja nicht von heute, zähle ich doch zu den älteren Vereinsmitgliedern und vor kurzem hat Ihr Verein mir sogar die Ehre erwiesen, mich zum Freimitglied zu ernennen.

Ich bin schon immer ein ausgesprochener Freund des «alten» Gleichstromes gewesen — das datiert schon seit etwa 1900 —, und ich freue mich deshalb ganz besonders, heute bei dieser Tagung zur feierlichen Einführung des hochgespannten Gleichstromes in die Grossleistungsübertragung auf weite Distanzen durch massgebende Fachleute persönlich anwesend sein zu können. Dass gerade der Schweizerische Elektrotechnische Verein diese Tagung veranstaltet, halte ich für wohlbegründet. Wenn auch die in der Schweiz vorliegenden Distanzen zweifellos mit Drehstrom noch völlig beherrscht werden können, so hat doch die schweizerische Elektroindustrie und speziell Ihr Präsident auf dem Gebiete des hochgespannten Gleichstromes und insbesondere der dazu erforderlichen Stromrichter ganz grundlegende Arbeit geleistet, wie das ja auch aus dem heutigen Tagungsprogramm zu ersehen ist. Dazu kommt ein wichtiger historischer Grund: Vor 50 Jahren hat die Drehstromübertragung Lauffen-Frankfurt, die ja von der Schweizer Elektroindustrie auch ganz massgebend gefördert wurde¹⁾, die ungeheure Entwicklung des Drehstromes eingeleitet. Trotzdem begann um diese selbe Zeit der Schweizer Ingenieur Thury²⁾ in Genf seine genialen Arbeiten mit hochgespanntem Gleichstrom von konstanter Stromstärke. Schon als ganz junger Ingenieur habe ich die Einfachheit und Vielseitigkeit dieser Thury-Anlagen im Val de Travers und von St. Maurice nach Lausanne bewundern können. Sie erreichten dann in der französischen Anlage Moutiers-Lyon 125 000 V, geplant waren dort schon ernstlich 300 000 V. Ihr Altmeister Thury hat immer wieder und mit Recht auf die grossen Vorteile des Systems mit konstanter Stromstärke, wo man nicht ausschaltet, sondern kurzschliesst, hingewiesen, für die Abzweigungen beim Konstantspannungssystem in vermaschten Netzen, wie sie Herr Ehrensperger erwähnt hat, fehlen uns vorläufig noch die Schalter. Aber Thury hat auch bereits die Erdrückleitung mit 2×150 A praktisch erprobt und Erdkabel für hochgespannten Gleichstrom mit Vorteil benützt. Ich bin überzeugt, dass der Vorredner, Herr Müller, von den Kabelwerken Brugg, noch seine Freude mit den Gleichstromkabeln haben wird.

Mathematisch veranlagte Ingenieure können an der Theorie langer Leitungen und den zugehörigen Wechselfällen, Schalt- und Schwingungsvorgängen ihre helle Freude haben. Wir nähern uns da der Hochfrequenztechnik, da sehr grosse Längen ähnlich wirken wie hohe Frequenz. Die Theorie zeigt aber, wie das Dr. Wanger so ausgezeichnet behandelt hat —, dass bei langen Leitungen die Spannungs- und Leistungsverhältnisse recht unübersichtlich, ja unstabil werden, ja dass unter Umständen ein Betrieb unmöglich wird, wenn nicht eine sorgfältig verteilte Pupinisierung oder Kompensation angeordnet wird. Es versagt da schliesslich der Drehstrom infolge seiner Kompliziertheit gegenüber dem Gleichstrom, der in seiner unübertrefflichen Einfachheit mit dem Ohmschen Gesetz in seiner primitivsten Form auskommt, gleichgültig ob man Kabel oder Freileitung benützt. Allerdings sind es nun die Stromrichter am Anfang und Ende der Leitung und ihre Oberwellen, welche viel Entwicklungs- und Forschungsarbeit verlangen, ja eine völlige Umstellung des Elektroingenieurs von den den ganzen Elektromaschinenbau in so exakter Weise beherrschenden

Maxwellischen Gleichungen auf die ganz anders geartete Elektronentheorie. Es soll aber hier auch einmal laut betont werden, dass der Quecksilberdampf-Stromrichter mit seiner flüssigen, stets gleichbleibenden Kathode eine ganz wunderbare Einrichtung ist, die schon einen sehr hohen Grad der Betriebsicherheit erreicht hat.

Sie wissen, dass es auch andere Gebiete gibt, wo der Gleichstrom ebenfalls die ultima ratio ist. Schwierige Motortriebe bis zur grössten Reversierwalzenstrasse lassen sich nur mit dem Gleichstrommotor bewältigen. Hätte man dieselbe Forschungs- und Entwicklungsarbeit, die man den Einphasenmotoren — ich kenne ja diese Brüder auch genau — und dem ganzen Einphasenbahnsystem gewidmet hat, auf Gleichstrom von 4000 bis 6000 V oder mehr Fahrdrachtspannung verwendet, so hätten wir bezüglich Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit ein ganz vorzügliches Bahnsystem schaffen können.

Wir müssen uns also wieder mehr mit Gleichstrom beschäftigen, der auch seine Tücken hat, und deshalb begrüsse ich diese Tagung aufs herzlichste und beglückwünsche den Präsidenten Dr. Schiesser zu diesem ausgezeichneten Erfolg.

Der **Vorsitzende**: Ich möchte Herrn Prof. Niethammer für sein Votum sehr danken. Es war verblüffend, festzustellen, mit welcher jugendfrischer Art und mit welcher Begeisterung dieser alte Pionier der Elektrotechnik sich mit den Fragen der technischen Zukunft auseinandersetzt. Als sich Herr Ehrensperger heute morgen zur Systemfrage so positiv eingestellt hatte, dachte ich mir gleich, es werde der eine oder andere unter uns auf den Plan gerufen. Nun ist schon ein Gegenpol entstanden: Herr Ehrensperger — und übrigens auch ich — befürwortete das Konstantspannungssystem, Herr Prof. Niethammer das Konstantstromsystem. Darüber allein könnte man sich lange unterhalten.

Weiter gefreut hat mich auch die Begeisterung, mit der Herr Prof. Niethammer das jüngste Gebilde der Elektrotechnik, den Quecksilberdampfmutator, behandelt. Es ist in der Tat noch gar nicht abzusehen, wo diese Entwicklung enden wird — vielleicht in der drahtlosen Energieübertragung —; dann kommen wir aber in das Gebiet der Hochfrequenz (Zuruf Prof. Niethammers: Tesla!).

Ich möchte Herrn Prof. Niethammer nochmals herzlich danken und das Wort Herrn Darrieus erteilen. Auch Herrn Darrieus brauche ich Ihnen nicht vorzustellen. Er hat schon verschiedentlich in unsern Kreisen das Wort ergriffen. Vielleicht hören wir von ihm, ob er mit dem einen oder andern der Herren Referenten nicht einverstanden ist.

M. G. Darrieus, Lyon: Les caractères généraux du comportement des très longues lignes à courant alternatif et les conclusions du rapport très intéressant du D^r Wanger peuvent être aisément obtenus par la considération de l'ellipse qui, en admettant toujours des pertes nulles, représente, dans le cas le plus général, le diagramme des tensions le long de la ligne et peut être considérée comme résultant de la superposition, soit de deux régimes alternatifs stationnaires, par exemple à vide et en court-circuit, convenablement déphasés, soit de deux ondes mobiles directe et inverse, représentables chacune par un cercle, mais avec sens de parcours opposés (fig. 1).

Comme les différentes ellipses correspondant à tous les régimes possibles de fonctionnement ont un même centre coïncidant avec l'origine des coordonnées, la condition de passer toutes par l'extrémité *A* du vecteur *OA* figurant la tension à l'arrivée, entraîne pour ces ellipses la condition de se recouper également au point *A'* diamétralement opposé, qui correspond à une longueur de ligne d'une demi-onde ou de 3000 km à 50 Hz, de sorte que l'équivalence, tant au point de vue de la stabilité que de celui de la synchronisation (qui n'introduit d'ailleurs pas de condition nouvelle), d'une ligne de longueur quelconque avec une raccourcie d'un nombre entier quelconque de demi-longueurs d'onde, est ainsi établie immédiatement.

Il peut d'autre part être montré que les points homologues des diagrammes relatifs à deux régimes quelconques d'une même ligne se correspondent entre eux par une simple projection cylindrique, ce qui permet de tracer aisément l'el-

¹⁾ Bulletin SEV 1941, Nr. 18, S. 425.

²⁾ Bulletin SEV 1930, Nr. 5, S. 157.

lipse afférente à un régime particulier caractérisé par exemple par la tension OC' donnée au départ de la ligne à partir de celle relative à un autre régime quelconque, par exemple du cercle ABC représentatif du fonctionnement à la puissance naturelle pour laquelle la tension au départ est OC et l'angle $\Phi = AOC$ mesure la longueur de la ligne. Le point C' de l'ellipse se détermine ainsi à partir du point homologue C

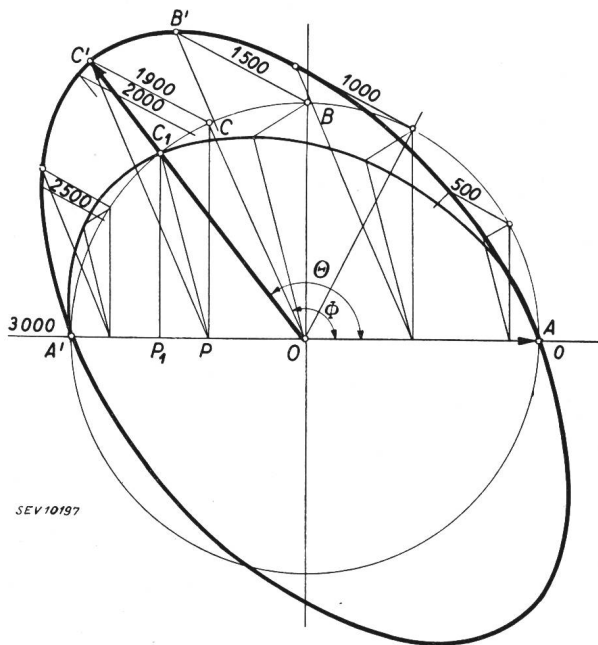


Fig. 1.

Diagramme des tensions le long d'une ligne sans pertes.

du cercle, en construisant le triangle CPC' semblable au triangle BOB' que forment les deux diamètres conjugués du diamètre commun $A'OA$, respectivement dans le cercle et dans l'ellipse.

Cette propriété projective des diagrammes relatifs aux divers régimes de fonctionnement subsiste d'ailleurs dans le cas général d'un quadripôle passif quelconque sans pertes, pouvant comporter, outre une ou plusieurs lignes à constantes réparties, une chaîne arbitraire de capacités ou d'inductances. La proportionnalité de la puissance transmise au sinus de l'angle θ entre les vecteurs tension, au départ et à l'arrivée, établie par le D^r Wanger dans le cas qu'il a envisagé d'une réactance X en série avec une ligne, subsiste dans ce cas général et découle du fait que les puissances transmises pour deux régimes quelconques sont simplement proportionnelles aux ordonnées respectives de deux points homologues arbitraires des deux ellipses correspondantes.

L'intérêt qui s'attache à la considération du diagramme général des tensions le long de la ligne est encore accru par la conformité qu'il présente avec le type de modèle mécanique que nous avons proposé en 1925¹⁾ et que les Américains ont utilisé à diverses reprises pour traiter les problèmes de stabilité. Comme nous l'avons montré en 1928 dans une étude générale sur l'emploi des modèles mécaniques en électrotechnique²⁾, la substitution aux tensions des flux dont ces tensions sont les dérivées, comme grandeurs représentées par les rayons vecteurs du diagramme, étend la portée de représentation du modèle, du cas seul ordinairement considéré d'un régime permanent à fréquence constante, au cas tout à fait général d'un régime varié ou transitoire absolument quelconque. Dans cette interprétation, la chaîne d'inductances constituant la ligne est représentée par un ressort dont la tension en chaque point correspond au courant et dont la

masse correspond d'autre part à la capacité répartie. Sous l'influence de la force centrifuge développée par la rotation du modèle à la vitesse angulaire ω , et qui représente le courant de capacité, le ressort au lieu de conserver, comme dans l'emploi usuel élémentaire du modèle, une forme rectiligne entre le point de départ et le point d'arrivée, s'incurve entre ces points précisément suivant l'arc d'ellipse qui représente, dans le diagramme des tensions, en régime permanent de pulsation ω , la chaîne des chutes de tension inductives le long de la ligne.

Une telle interprétation mécanique du diagramme des tensions contribue beaucoup à rendre intuitives les manifestations complexes du régime variable et va nous permettre de montrer que, contrairement à l'opinion courante, le fonctionnement d'une longue ligne de transmission à fréquence quelconque peut être maintenu artificiellement stable, quelle que soit sa longueur, même lorsque celle-ci est comprise entre un nombre impair et le nombre pair consécutif de quarts d'onde, c'est-à-dire dans les intervalles pour lesquels la stabilité statique n'est plus réalisée.

Supposons, par exemple, que, dans le cas d'une ligne à 50 Hz, d'une longueur de 1900 km, comprise par conséquent dans l'intervalle instable de 1500 à 3000 km, le vecteur tension au départ OC prenne une avance accidentelle et se trouve ainsi porté en OC_1 en avance de θ sur la tension à l'arrivée OA . Comme nous l'avons vu, la puissance transmise se trouve alors réduite dans le rapport des ordonnées $P_1C_1 : PC$, ce qui, si le couple moteur demeure constant, conduit à l'instabilité prévue dans ce quadrant. Si nous admettons, par contre, qu'une surexcitation de l'alternateur intervienne assez vite pour porter la tension de OC_1 en OC' suivant la nouvelle direction de la roue polaire, avant que cette dernière ait atteint une avance angulaire excessive, l'ordonnée de l'extrémité C' du vecteur tension pourra de nouveau atteindre, voire même dépasser l'ordonnée initiale, ce qui, en portant la puissance transmise à une valeur supérieure à celle d'équilibre, tendra à ramener la roue polaire dans sa première position.

Le calcul montre que la stabilisation peut être ainsi obtenue en général avec des exigences moindres concernant les régulateurs et les excitatrices, que dans le cas déjà résolu de l'excitation rapide des compensateurs synchrones, tout au moins hors du cas de court-circuit, qui peut relever d'ailleurs d'autres mesures tendant à sauvegarder le synchronisme, comme l'insertion rapide à la centrale, dans le court délai d'intervention du régulateur de vitesse, d'une charge momentanée appropriée, fournie par exemple par une résistance hydraulique.

Un autre moyen de réglage, plus particulièrement applicable au cas où l'angle Φ est assez proche de 180° , consiste dans l'insertion momentanée, en série avec la ligne, d'une réactance supplémentaire qui, comme il est aisé de s'en rendre compte, détermine dans les conditions admises, un allongement et une extension de la chaîne des réactances et par suite un accroissement de la puissance transmise ainsi que du couple de rappel.

Il est ainsi possible de plusieurs manières, de faire fonctionner la ligne quelle que soit sa longueur et sa fréquence, même dans les zones primitivement interdites, sans recourir à une autre compensation que celle requise pour le fonctionnement à vide, ce qui est fort important, car si la transmission à courant alternatif ne pouvait être réalisée qu'au prix d'artifices supplémentaires aussi compliqués, coûteux et sujets à des difficultés en exploitation, que des condensateurs ou machines en série, il est à peu près certain que, privée de ses avantages naturels de simplicité, elle ne conserverait aucune justification à l'égard du courant continu, pour les grandes distances de transmission envisagées.

En ce qui concerne l'excitatrice série, rappelons que nous l'avons proposée dès 1927 en montrant sa supériorité de principe sur les autres modes d'excitation, shunt ou indépendante, qui résulte de l'intégrité qu'elle assure spontanément, du flux total inducteur, et par suite de l'élimination de la réaction d'induit qui, si grande qu'elle puisse être, n'exerce plus ainsi aucune influence sur le réglage de tension, ni sur la stabilité. Notre regretté collègue, M. Fallou, s'était d'ailleurs, après avoir momentanément prôné l'excitation indépendante des excitatrices, pleinement rallié par la suite à notre manière de voir.

¹⁾ G. Darrieus, Quelques problèmes relatifs à l'interconnexion de réseaux bouclés d'extension indéfinie. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques. Paris 1925, tome I, p. 227...255.

²⁾ G. Darrieus, Les modèles mécaniques en électrotechnique; leur application aux problèmes de stabilité. Bulletin de la Société Française des Electriciens 1929, p. 794...809.

Comme l'a montré le D^r Wanger, la tension la plus économique dépend beaucoup plus de la puissance que de la distance de transmission, ce qui paraît à première vue contredit par la constatation que la statistique des lignes existantes fait ressortir une relation approchée empirique de proportionnalité entre la distance et la tension. Ceci s'explique en somme par le fait que, pour des raisons de rentabilité, seuls sont exécutés les transports d'énergie à grande distance pour lesquels les pertes Joule représentent une fraction modérée admissible, par exemple 10 : 100, de la puissance transmise. Or, comme la règle de lord Kelvin sur la densité de courant économique maintient dans d'étroites limites la chute ohmique par kilomètre, indépendamment de la tension ou du genre de courant, le maintien à une valeur constante du rapport de la chute totale RI à la tension U exige que cette dernière croisse proportionnellement à la distance.

D'autre part, la condition pour les réseaux d'interconnexion à tension échelonnée qui recouvrent ensemble un grand pays, d'avoir des nœuds communs pour le transfert mutuel de leur puissance, conduit évidemment à les réaliser avec des longueurs moyennes de mailles dans un rapport entier simple qui ne peut guère être autre que deux. Il devra donc en être de même des tensions qui, pour des distances moyennes entre nœuds par exemple de 100, 200, 400 km du sous-réseau, du réseau principal et du super-réseau d'interconnexion, devront être également en progression géométrique de raison deux, ce qui justifie le choix des échelons respectifs de 110, 220 et 440 kV, dans la normalisation des tensions proposées par la CEI (Torquay 1938)³⁾.

La détermination de la tension la plus économique dépend d'autre part considérablement du prix des lignes, qui à son tour dépend essentiellement de leur conception et de leur mode de réalisation. Or, la constatation, assez affligeante, que le prix des conducteurs qui constituent cependant le seul élément utile de la ligne, ne représente toujours que 18 à 25 : 100 du prix total d'établissement, incite à rechercher si des économies massives ne pourraient être obtenues sur l'ensemble des autres termes (pylônes, fondations, transport, montage, etc.) qui constituent encore de beaucoup la majeure partie de ce prix de revient.

C'est dans ce but, qu'escomptant la suppression du câble de terre que permettra dans un avenir prochain l'extension généralisée de la pratique du réenclenchement rapide après court-circuit, ou même seulement la possibilité de dédoubler les lignes de transmission sans supplément de prix, nous avons proposé (Revue Brown Boveri, octobre 1941, p. 288) de constituer les supports de ligne par de simples chevalets en A avec isolateurs en compression en tête, articulés à leur pied et supportant chacun à leur sommet un conducteur individuel, et qui réalisent, plus complètement que la solution de compromis avec suspension caténaire décrite dans le même article, les avantages de simplicité et d'économie des lignes articulées.

L'extrême légèreté de ces chevalets qui, même pour les plus gros conducteurs à envisager pour 440 kV, peuvent être encore réalisés en bois, ou en tubes d'acier (Mannesmann) et la quasi-suppression des massifs de fondation, conduisent à une réduction considérable du prix total, tandis que l'indépendance absolue des conducteurs permettrait d'assurer à peu de frais une sécurité à peu près complète, à l'égard de presque toute espèce d'incidents, avec un simple conducteur de réserve.

Le fait que les isolateurs-supports n'y sont, comme les montants des chevalets, jamais soumis qu'à des efforts de flexion très réduits par rapport aux efforts de compression suivant leur axe, même dans les circonstances les plus défavorables (accélération horizontales dues à la brusque décharge du givre) permet de les réaliser presque aussi élanés que les isolateurs rigides en suspension (Langstab). Or, le prix des lignes a une influence considérable sur la distance pour laquelle le courant continu devient plus économique que le courant alternatif; si par exemple le prix au kilomètre en est réduit à la moitié, cette distance sera portée

au double, c'est-à-dire à une valeur de l'ordre de 600 au lieu de 300 km.

D'une manière générale, le courant continu paraît devoir l'emporter en tout cas dans les pays neufs, pour les lignes isolées de grande longueur, tandis que le courant triphasé à fréquence normale gardera sans doute longtemps encore les avantages découlant d'une interconnexion plus facile, pour les lignes relativement courtes (de l'ordre de 500 km) destinées à constituer dans un pays à distribution assez dense comme l'Europe ou les Etats-Unis, les mailles bouclées d'un super-réseau.

Der Vorsitzende: Ich danke Herrn Darrieus sehr für seinen Beitrag. Er hat im wesentlichen drei Probleme angeschnitten:

Das erste Problem betrifft die Erweiterung der Stabilisierung. Wenn ich richtig verstanden habe, sucht Herr Darrieus Mittel und Wege, die Stabilität der Drehstromübertragung und der grossen Distanzen ohne Zwischenstützpunkte sicherzustellen. Vielleicht will sich Herr Dr. Wanger dazu noch äussern.

Der zweite Punkt, den ich für sehr bedeutungsvoll halte, ist der Beitrag zum Bau der Leitungen. Herr Darrieus sagt, es sei eigentlich heute fast nicht zu verantworten, dass der Anteil der Baukosten für die Masten und Fundamente einen so hohen Prozentsatz ausmacht gegenüber den Kosten der Leiter. Er sucht deshalb Mittel und Wege, die Kosten für die Masten und Fundamente wesentlich zu verringern; seine Vorschläge werden vielleicht dazu führen, die Drehstromübertragung weiter zu vervollkommen als wir für möglich halten.

Der dritte Punkt betrifft die Normung der Spannung.

Meine Herren, leider können wir die Diskussion nicht mehr weit ausdehnen, denn der Saal wird auf 19 Uhr anderweitig belegt und vorher muss noch alles umgestellt werden. Ich bitte deshalb die Herren, die noch das Wort ergreifen wollen, sich kurz zu fassen.

Herr Dr. W. Wanger, Referent: Herr Vögeli hat über die Frage der Erdseile eine andere Ansicht als ich. Er glaubt, dass auch bei sehr hoher Leiterisolation noch Ueberschläge durch atmosphärische Ueberspannungen auftreten, wenn man auf Erdseile verzichtet. Um kein Missverständnis aufkommen zu lassen, möchte ich feststellen, dass auch ich nicht der Ansicht bin, man könne etwa bei 300 oder 400 kV Betriebsspannung die Leitungsisolation so hoch wählen, dass trotz Verzicht auf Erdseile unter keinen Umständen Ueberschläge vorkommen. Ich habe aber im Zusammenhang mit der Frage der Erdseile auch die Methode der raschen Wiedereinschaltung erwähnt. Wenn diese ermöglicht, Lichtbogenkurzschlüsse sofort und ohne Betriebsunterbrechung abzuschalten, warum sollte man dann nicht hie und da einen Ueberschlag in Kauf nehmen. Mir scheint daher, dass wir in der Frage der Erdseile nicht einfach starr am bisherigen Standpunkt festhalten dürfen. Als Techniker sind wir verpflichtet, auch die andern Möglichkeiten vorurteilsfrei zu prüfen und vor allem die wirtschaftliche Seite der Frage nicht ausser acht zu lassen.

Der Vorschlag von Herrn Darrieus, durch eine geeignete Spannungsregulierung auch bei sehr grossen Distanzen die Kompensation der Leitung überflüssig zu machen, erscheint ausserordentlich interessant. Natürlich ist jede Möglichkeit, die Anlagen zu vereinfachen und zu verbilligen, stets sehr willkommen.

Wenn man die natürliche Leistung über eine unkompenzierte Leitung von beispielsweise 2000 km überträgt — wie das Herr Darrieus angenommen hat —, so arbeitet man in einem instabilen Bereich. Ohne besondere Massnahmen würden die Spannungsvektoren an den Enden der Leitung unweigerlich auseinanderlaufen und die Maschinen ausser Tritt fallen. Herr Darrieus will nun durch eine genügend rasche Spannungsregelung die auseinanderlaufenden Vektoren zwingen, gegen die Gleichgewichtslage zurückzukommen. Da es sich um ein labiles Gleichgewicht handelt, können die Vektoren nicht dort stehen bleiben, sondern laufen darüber hinaus. Durch eine Spannungsregelung im umgekehrten Sinn werden sie wieder zurückgeholt usw. Wenn also die Polräder infolge der labilen Gleichgewichtslage nicht stationär dort bleiben können, so sollen sie dafür gezwungen werden, stän-

³⁾ La série des multiples de 110, qui remonte aux débuts de l'industrie électrique (Edison) constitue en fait le seul élément permanent des diverses normalisations existantes. La tension de 380 kV ($220 \sqrt{3}$) n'a par contre aucune justification dans ce domaine des très hautes tensions où le couplage triangle est pratiquement exclu.

dig darum herum zu pendeln, wobei man natürlich danach trachtet, die Ausschläge der Schwingungen möglichst klein zu halten.

Ich möchte bloss noch bemerken, dass das nicht die einzige Methode ist, die ermöglicht, die natürliche Leistung noch über sehr lange Leitungen ohne Kompensation zu übertragen. Ich habe bereits in meinem Vortrag erwähnt, dass auch die asynchrone Uebertragung dazu imstande ist. Beide Methoden sind noch nicht praktisch erprobt; bei beiden sind also noch viele Fragen abzuklären, bis eine praktische Verwirklichung möglich ist. Welches der beiden Systeme sich dann schliesslich als vorteilhafter erweisen wird, das, glaube ich, werden wir heute nicht mehr entscheiden.

Der Vorsitzende: Ich danke Herrn Dr. Wanger für die Bekanntgabe seiner Ansicht zum Votum des Herrn Darrius. Ich möchte nun Herrn Vögeli bitten, noch kurz Stellung zu nehmen.

Herr R. Vögeli, Referent: Die Herren Dr. Wanger und Darrius haben eigentlich den gleichen Punkt gestreift. Wohl können wir billigere Leitungen bauen; die Frage ist nur, wie es mit deren Betriebssicherheit steht.

Wir müssen daran denken, dass wir hier über die oberste Leitungsklasse diskutieren, für die eine bis heute nicht erreichte Betriebssicherheit verlangt werden wird. Diese Leitungen werden notwendigerweise sehr lang werden und wohl auch gewitterreiche Gegenden durchqueren. Beide Herren denken daran, die Erdseile der Leitungen wegzulassen. Jeder Blitzeinschlag müsste daher die Leiterseile treffen. Die resultierenden Spannungen sind das Produkt aus Blitzstrom und Wellenwiderstand der Leitung, also nach den bis heute vorliegenden Messungen im ungünstigsten Falle etwa 100 000 A mal 400...500 Ohm oder 40 Millionen V. Wie man diese Spannung beherrschen soll, kann ich mir nicht vorstellen. Man müsste für die stärksten Blitze Ueberschläge in Kauf nehmen. Die Herren sagten, man könne die Leitungen rasch ab- und wieder einschalten; aber wenn sich das täglich mehrere Male wiederholen sollte, dann sind die Stösse, die auf die Maschinen kommen, sicher nicht sehr zuträglich. Aus- und Wiedereinschalten, das geht; aber ich bin kein Anhänger davon, wenn damit die Betriebssicherheit beeinträchtigt werden sollte. Die Erdseile und die durch sie verursachten Mastmehrkosten betragen übrigens bloss etwa 2...3 % der Leitungskosten.

Ich möchte noch einen Punkt der Ausführungen von Herrn Darrius berichtigen. Herr Darrius sagt, dass auf die Leiter der heutigen Leitungen nur etwa 20 % der Gesamtkosten entfallen. Das stimmt nur für eine ganz bestimmte Leitungsart; in den meisten Fällen entfallen auf die Leiter 30...32 % der Kosten. Die Leitungskosten setzen sich gewöhnlich ungefähr folgendermassen zusammen:

Leiter	30...32 %
feste Kosten (Landerwerb, Durchleitungsrechte, Waldentschädigungen)	10...15 %
Bauleitungskosten	10 %
Isolatoren und Armaturen	12 %

Das gibt zusammen gewöhnlich rund 65 %. Auf die Masten und Fundamente entfallen die restlichen 35 %. Man kann daraus abschätzen, in welchem Umfange Einsparungen auf diesen Kosten denkbar sind. Diese Einsparungen dürfen nur in Kauf genommen werden, wenn sie keine Verringerung der Betriebssicherheit verursachen; das ist meine Ansicht.

Der Vorsitzende: Ich danke auch Herrn Vögeli für seinen Beitrag. Ich bin grundsätzlich der Meinung — und muss es auch sein —, dass man alles, was neu ist, verfolgen soll. Schliesslich ist in der Technik alles von einer Utopie ausgegangen. Es wird auch in Zukunft so sein müssen.

Es ist noch ein kurzes Referat von Herrn Dr. Keller von der PTT über Fragen der Telephonstörung angemeldet. Darf ich Herrn Dr. Keller bitten?

Herr Dr. H. Keller, PTT, Bern: Geräusche auf Fernsprechanlagen beeinträchtigen die Verständlichkeit der telephonischen Uebermittlungen. Geräuschspannungen können in den eigenen Anlagen entstehen oder von aussen übertragen

werden. Mit der ersten Art von Störungen, die durch die eigenen Energielieferungsanlagen oder durch Nebensprechen der verschiedenen Sprechkreise bedingt sind, brauchen wir uns hier nicht zu befassen. Bei der zweiten Art beeinflussen benachbarte Starkstromeinrichtungen die Telephonanlagen. Die Störungen werden entweder elektromagnetisch induziert oder durch die Verseuchung der Erde mit Wechsel- oder Gleichströmen auf verschiedene Weise übertragen, wobei das Oberwellenspektrum von Bahngleicheranlagen eine wesentliche Rolle spielt. Die Beeinflussung durch Starkstromanlagen besteht darin, dass den Kabeladern Längsspannungen aufgedrückt werden. Solange die Telephonverbindungen mit ihren zwei Sprechleitern absolut symmetrisch gegen Erde liegen, stören die Längsspannungen höchstens die Signalisierungsvorgänge, nicht aber die Gespräche. Vollkommene Symmetrie der Telephonverbindungen ist aber nur ein Idealzustand, der praktisch nie erreicht werden kann. Schon kleine Unsymmetrien von wenigen Promille verwandeln die Längsspannungen teilweise in Querspannungen. Dadurch werden die Störungen hörbar.

Schrittweise mit dem Ausbau der Elektrifikation hat die Telephonverwaltung schon vor Jahrzehnten begonnen, den lästigen Starkstromstörungen zu begegnen. Eindrängige Telephonverbindungen mit Erde als Rückleiter gehören der Geschichte an. Es folgte die Verkabelung des ganzen Telephonnetzes, Erdunsymmetrische Teilnehmerschaltungen wurden verlassen. Fernämter, automatische Stadt- und Landzentralen wurden umgebaut und symmetrisch gemacht. So müssen beispielsweise alle Sprechwege durch eine Grosszentrale in betriebsmässiger Schaltung Unsymmetriewerte aufweisen, die im Mittel kleiner sind als 5 0/100. Wir sind schliesslich so weit gekommen, dass Sie beim Telephonieren zu Stadt und Land trotz der Nachbarschaft bedeutender Starkstromanlagen relativ wenig von Starkstromgeräuschen belästigt werden. Dort aber, wo unsere eigenen Massnahmen den Störungen nicht mehr Herr werden, *müssen entsprechende Vorkehren auf der Starkstromseite getroffen werden*. Wir haben unsererseits das Mögliche veranlasst, die Störanfälligkeit unserer Anlagen auf ein Minimum zu bringen, das mit vernünftigen Mitteln zu erreichen ist. Wir sehen uns aber gezwungen, bei allfälliger Vergrösserung des Störpegels durch neuartige Starkstromeinrichtungen Stellung zu beziehen.

Ein einfaches Beispiel aus dem Strassenbahn- und Gleichstrombahnbetrieb mag am besten die gegenläufige Entwicklung von Starkstrom und Telephon veranschaulichen:

Starkstromseitig sind an Stelle der frühern, rotierenden Umformer die leistungsfähigern Quecksilberdampfgleichrichter getreten. Ihr Oberwellenspektrum ist bedeutend grösser und hat sich gerade in den Bereich der grössten Telephonempfindlichkeit gesetzt (300...1500 Hz). Der Störgrad hat sich damit ungefähr verzehnfacht. Durch die Symmetrierung unserer Anlagen während der letzten Jahre hat sich die Störanfälligkeit beim Telephon auf rund 1/10 reduziert. Wenn wir es auch nicht verlangt haben, so wäre doch schon hier der Einbau von speziellen Telephonfiltern starkstromseitig sehr erwünscht gewesen. Es gibt verschiedene Landesgegenden, wo die Starkstromstörungen zu Klagen Anlass geben.

Es existiert bekanntlich eine Telephonstörungskommission des SEV und VSE. Seit 15 Jahren hat sie nur einmal tagt. Diese Inaktivität ist aber nicht auf die Interesslosigkeit ihrer Mitglieder zurückzuführen, sondern auf den Umstand, dass bis jetzt alle Anstände durch kameradschaftliche Zusammenarbeit zwischen der einschlägigen und führenden Starkstromindustrie der Schweiz einerseits und der PTT andererseits behoben wurden. Vor allem war es die Firma Brown, Boveri, Baden, die für das Telephonentstörungsproblem stets ein gewisses Interesse bekundete. Auch den beiden Referenten, Herrn Dr. Wanger und Herrn Ehrensperger, möchten wir danken, dass sie in ihren Referaten das leidige Telephonstörungsproblem entsprechend seiner Wichtigkeit gestreift haben.

Meine Herren! Es ist nicht so, dass das Telephon noch grössere Störungen verträgt. Die Möglichkeiten zur Unschädlichmachung der Starkstromstörungen sind auf der Schwachstromseite beinahe erschöpft. Gerade bei der Uebertragung noch höherer Leistungen auf grosse Distanzen handeln ihre Konstrukteure in ihrem ureigensten Interesse, wenn sie künftig das Oberwellenspektrum ihrer Ströme mit allen Mitteln

zu reduzieren trachten. Nachträgliche Entstörungen bleiben gewöhnlich ein minderwertiger Notbehelf.

Der Vorsitzende: Ich danke Herrn Dr. Keller für seinen Beitrag. Wir verstehen seine Sorgen bestimmt ganz genau. Als Vertreter der Fabrikationsindustrie kann ich ihm jedenfalls die Versicherung geben, dass wir auf die wichtigen Punkte aufs genaueste achten werden. Es ist ganz richtig, was Herr Dr. Keller sagt: wir dürfen über diese Art von Problemen nicht leichtfertig hinweggehen.

Ich komme zum Schluss. Meine Herren, Sie können versichert sein, dass wir das heute behandelte Problem nicht aus Ueberheblichkeit auf die Traktandenliste des SEV gesetzt haben; wir haben das Problem in Angriff genommen, weil wir der Ueberzeugung sind, dass es seiner Reife entgegenght. Wir haben geglaubt, zeigen zu dürfen, dass wir in der Schweiz in den letzten Jahren nicht geschlafen haben und dass es unser Wille ist, uns auch bei der Behandlung dieses neuen Problems eifrig in der vordersten Front zu bewegen.

Ich glaube, es wird einmal für unsere Jugend interessant sein, die heutigen Berichte zu lesen und alle die Hemmungen und Bedenken zu sehen, die dabei geltend gemacht wurden. Wenn dann einmal das Problem gelöst und Gemeingut geworden sein wird, dann werden diese Hemmungen und Bedenken zu einer Selbstverständlichkeit und vielleicht werden dann unsere Jungen darüber lachen, dass wir uns so viele Sorgen machten. Es ist mir ähnlich ergangen bei der Frage des Einphasenwechselstrom- oder Gleichstrom-Systems für Bahnen. Wenn man die Diskussionen über die Systemwahl bei der Bahnelektrifizierung nachliest, amüsiert man sich über die Gedanken, die damals geäußert wurden, von denen wir heute wissen, dass sie nicht zu Recht bestanden.

Schliesslich löst die Technik jedes Problem und überwindet jedes Hindernis. Wir müssen deshalb mutvoll hineingehen in die Welt der ungelösten Probleme. Das ist das Alpha und Omega unserer Existenz. Wir wollen das nie vergessen.

Meine Herren, Herr Direktor Dübi aus Brugg hat noch das Wort verlangt.

Herr W. Dübi, Direktor der Kabelwerke Brugg A.-G.:

Gestatten Sie mir nur ein kurzes Wort.

Meine Herren!

Herr Dr. Schiesser hat in seinem Einführungsreferat heute morgen gesagt, dass diese Diskussionsversammlung eine Art von «Schwanengesang» für ihn bedeute.

Und da wollen wir doch diese Tagung nicht ausklingen lassen ohne unserem Präsidenten den herzlichsten, wärmsten und aufrichtigsten Dank auszusprechen für alles, was er in den letzten acht Jahren für die Diskussionsversammlungen des SEV getan hat.

Eine ganz grosse Zahl ausserordentlich interessanter Tagungen hat er in dieser Zeit mit der ihm eigenen Initiative ins Leben gerufen und mit seiner so umfassenden Sachkenntnis und seinem bewundernswerten Temperament geleitet und durchgeführt.

Die heutige Diskussionsversammlung bildet dazu eine «Höchstleistungs-Krönung», speziell auch im Hinblick auf die Mutatoren, für welche sich Herr Dr. Schiesser von Anfang an in führender Weise eingesetzt hat und für die er sich sicher auch weiter einsetzen wird.

Wenn Sie mit mir einig gehen, so bitte ich Sie, unserem verehrten Präsidenten Dr. Schiesser unseren Dank durch Akklamation zu bestätigen. (Langanhaltender Beifall.)

Der Vorsitzende: Meine Herren, ich möchte Herrn Dübi herzlich danken für die warmen Worte, die er mir soeben gewidmet hat. Ich nehme ja nicht Abschied von Ihnen. Ich werde dem SEV weiter zur Verfügung stehen, soviel ich kann. Ich habe schon einmal gesagt, dass die ganze Arbeit, die mir das Präsidium des SEV gab, viel Mühe bereitete, aber auch viel Freude, und wahrscheinlich habe ich dabei mehr bekommen, als ich gegeben habe.

Indem ich mit diesem Dank an Herrn Dübi schliesse, möchte ich auch Ihnen danken, dass Sie alle so lange ausgehalten haben und ich schliesse unsere heutige Tagung.

Nachtrag 1)

Herr W. Simon, Trüb, Täuber & Co., A.-G., Zürich:

1. Die bekannte Eigenschaft der Wechselstrom-Uebertragungsleitungen, dass der Wert der am Ende der Leitung auftretenden Klemmenspannung ein anderer sein kann als derjenige der Klemmenspannung im Kraftwerk, ist durch die Darlegungen im Vortrag von Herrn Dr. Wanger erneut hervorgehoben worden. Es dürfte in diesem Zusammenhang interessieren, dass die Firma Trüb, Täuber & Co. A.-G. auf Anregung des damaligen Obergeringens der Kraftwerke Oberhasli A.-G., Herrn Generalsekretär Kleiner, eine Meßschaltung ausgeführt hat, welche ermöglicht, die am Ende einer Uebertragungsleitung auftretende Klemmenspannung im Kraftwerk selbst zu messen. Das wesentliche Merkmal dieser ohne Messleitungen auskommenden Methode liegt in der Verwendung eines Leitungsabbildes.

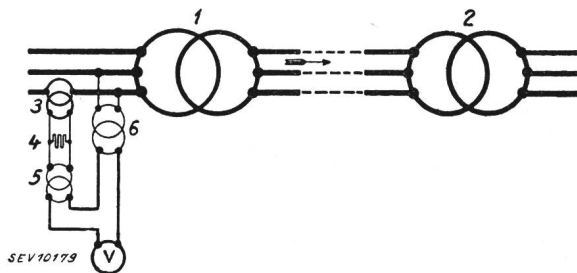


Fig. 1.

Schema der Spannungsmessung mit Leitungsabbild und Voltmeter.

1, 2 Leitungstransformatoren. 3 Stromwandler. 4 Nebenschlusswiderstand. 5 Zwischenwandler. 6 Spannungswandler. V Voltmeter.

Fig. 1 zeigt schematisch die dreiphasige Fernleitung mit je einem Leistungstransformator am Anfang und am Ende der Leitung, das Voltmeter und den zugehörigen Abgleichwiderstand mit Strom- und Spannungswandler. Im Sekundärkreis des im Leistungszuge eingebauten Stromwandlers ist ein induktiver Widerstand eingeschaltet und derart geeicht, dass sein Spannungsabfall gemessen an der Sekundärseite eines kleinen Zwischenwandlers in Phase und Grösse dem Spannungsabfall am Ende der Leitung proportional ist. Dieser Spannungsabfall wird zu der Sekundärspannung, welche das Voltmeter speist, vektoriell addiert. Die resultierende Spannung ist dann unter der Voraussetzung, dass angenähert symmetrische Belastung besteht und der Einfluss der Leitungskapazität für die interessierenden Lastbereiche vernachlässigt werden kann, proportional der Klemmenspannung am Lei-

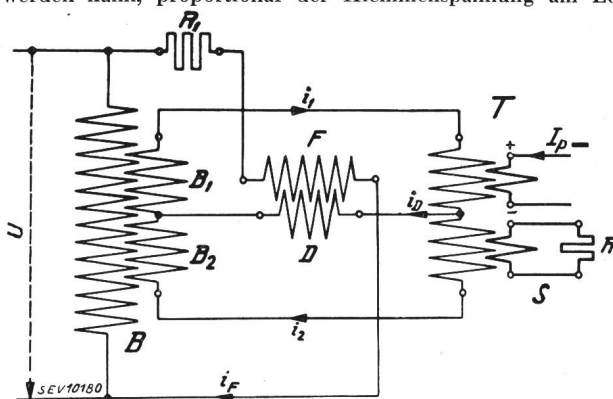


Fig. 2.

Schema eines Gleichstromwandlers mit 50periodigem Hilfsstrom in Brückenschaltung.

B Brückentransformator.
 B₁, B₂ sekundäre Wicklungshälften.
 D Drehspule des Anzeigeinstrumentes.
 F Feldspule des Anzeigeinstrumentes.
 T Gleichstromwandler.
 S Induktiver Brückenweig mit Abstimmwiderstand R₂.
 U Hilfsspannung z. B. 220 V, 50 Hz.
 R₁ Vorwiderstand.

1) Beitrag schriftlich eingereicht.

tungsende für die in Frage kommenden Belastungen der Leitung.

2. Die Gleichstrom-Energie-Uebertragung von grossen Leistungen auf grosse Distanzen wird, wie Herr Ehrensperger in seinem Vortrag gezeigt hat, mit Spannungen von ca. 50 000... 400 000 V erfolgen können. Da die Isolierung der Messinstrumente bei Gleichstrom nicht ohne weiteres möglich ist, muss der Shunt in die geerdete Leitung verlegt werden. Eine gegen die Betriebsspannungen vollkommene Isolation, analog wie dies bei Wechselstrommessungen mit Stromwandlern geschieht, ist wohl vorzuziehen, denn man ist dann nicht an den Erdleiter gebunden. Gleichstromwandler für hohe Ströme sind nach verschiedenen Prinzipien gebaut und bekannt geworden. Eine Schaltung, die aber besonders zur Messung kleiner Ströme, etwa von 20 A an, bei beliebiger Isolationsmöglichkeit zwischen Primär- und Sekundärkreis dienen kann, ist in Fig. 2 wiedergegeben.

Diese Schaltung ist an und für sich gleich derjenigen für Temperaturmessungen mit Isolierwandler und Widerstandsthermometer. An Stelle des zu messenden temperaturveränderlichen Widerstandselementes wird der zu messende Gleichstrom in einer oder mehreren Windungen um den Kern des Isolierwandlers geführt. Der Gleichstrom verändert die Permeabilität des Eisenkernes und damit die Impedanz des betreffenden Brückenweiges. Das Gleichgewicht der Wechselstrombrücke wird dadurch gestört und der Ausschlag am Wechselstrominstrument, welcher dem Gleichstrom proportional ist, kann direkt in Ampere geeicht werden. Versuche haben ergeben, dass die Schaltung sowohl von Schwankungen der Hilfsspannung als auch von Temperaturänderungen und von der Einschaltdauer praktisch unabhängig ist. Die Remanenzfehler sind bei der Verwendung von Nickeleisen (Permalloy oder Mü-Metall) ebenfalls vernachlässigbar klein. Bei gewöhnlichem Transformatoreisen wird der Remanenzfehler dagegen 2...3 % betragen.

26. Schweizer Mustermesse Basel

Die diesjährige Basler Mustermesse war ausserordentlich stark besichtigt worden, und über Erwarten gross war auch der Besuch dieser interessanten Veranstaltung. In Ergänzung unserer der Mustermesse gewidmeten letzten Nummer des «Bulletins» erwähnen wir im folgenden einige weitere sehenswerte Ausstellungen der Messe.

Unter dem Thema

«Schaffen und Sorgen in der Kriegszeit»

veranstaltete das

Eidg. Kriegs-Industrie- und -Arbeits-Amt

im Rahmen der Mustermesse eine sehr lehrreiche und äusserst wirkungsvolle Sonderschau. In einer kleinen Vorhalle wurden im Stile der Landesausstellung 1939 — des unvergesslichen Höhenweges — die Probleme der Kriegswirtschaft durch Bild und Schrift dargestellt und erläutert. Man erhielt daraus einen guten Eindruck von den vielfältigen organisatorischen, sozialen und rechtlichen Massnahmen, die zur Aufrechterhaltung unserer Landesversorgung nötig sind.

In der Haupthalle dieser Schau wurden dem Besucher die zahlreichen Möglichkeiten der Verwertung von Altmaterialien in auffälliger und eindringlicher Weise vor Augen geführt. Dass dabei neben der Verwendung der Abfälle aus der Textilwirtschaft, der Papier-, Leder- und Gummiindustrie auch die Bedeutung der Sammlung von Altmaterialien aus Haushalt und Gewerbe hervorgehoben wurde, ist wohl selbstverständlich. Von grosser Wichtigkeit ist aber gerade diese Sammeltätigkeit auch für die Metallindustrie, was an vielen Schau-stücken zum Ausdruck kam. Nur schade, dass man hier — wir denken vor allem an die Verwertung von Alteisen — immer noch nicht intensiv genug sammelt.

Mit Recht nimmt die Chemie, die hervorragendste Helferin in der Altmaterialverwertung und der Schaffung von Neustoffen, einen grossen Raum dieser Ausstellung in Anspruch. Die grossartigen Leistungen dieser Wissenschaft und Technik sind in breiten Volkskreisen noch viel zu wenig bekannt und werden kaum gewürdigt. Als Erzeugerin von unentbehrlichen Rohstoffen und Hilfsmaterialien wie auch von neuen Stoffen, ist die Chemie eine der Säulen unserer Volkswirtschaft; die Ausstellung zeigte auch, wenn auch nicht mit ausdrücklicher Betonung, dass für die meisten synthetischen Prozesse sehr grosse Mengen elektrischer Energie nötig sind.

Im Bauwesen zwingt die Knappheit an künstlichen Baustoffen u. a. zu vermehrter Verwendung der natürlichen Baumaterialien. Der Ruf «Zurück zur Natur» auf diesem Gebiete wird in unserem Städte- und Landschaftsbild erfreuliche ästhetische Wirkungen zeitigen, die man hoffentlich auch nach dem Kriege nicht vergessen wird.

Auch die kriegswirtschaftliche Umstellung der Maschinen- und Elektroindustrie kam in der Schau des KIAA gut zur Geltung. Diese «metallfressenden» Industrien mussten sich ebenfalls weitgehend der Metallknappheit und der Beschränkung der zur Verfügung stehenden Metallarten anpassen. In der Elektroindustrie macht die Verwendung des Aluminiums

an Stelle des Kupfers schöne Fortschritte. Der Konstrukteur hat Wege gefunden, seine Maschinen und Apparate den Eigentümlichkeiten dieses Baustoffes anzupassen. Eine bedeutende Erleichterung für die Verwendung des anfänglich so schwierig zu verbindenden Leichtmetalls bot die Erfindung einiger Schweiß- und Lötverfahren. Die Isoliertechnik versteht es, die unerhältlichen Hilfsmittel Kautschuk und Baumwolle zu ersetzen durch Kunstseide, Zellwolle usw., und auch das einst wegen seiner fast sprichwörtlichen Sprödigkeit als Konstruktionsmaterial so unbeliebte Glas schmiegte sich, meist in Form von Fasern, heute schon elegant fast jeder Form an und wird sicherlich in Zukunft seinen Platz auch in der Elektrotechnik behaupten.

Die Mustermesse hat durch die Sonderausstellung des KIAA eine neue Note erhalten, die ihr sehr zustatten kam. Mögen die Anregungen und Lehren, welche diese Sonderschau vermittelte, auf die so zahlreichen Besucher eine vorteilhafte und nachhaltige Wirkung zum Wohle unseres Landes ausüben!

Als Nachtrag zu den Standbeschreibungen veröffentlichen wir noch folgende:

«Elektrowirtschaft», Zürich

In einem grossen Stand hatte die «Elektrowirtschaft», wie üblich, alle möglichen elektrischen Apparate gesammelt und systematisch zusammengestellt. Zahlreiches Auskunftspersonal stand den Besuchern zur Verfügung. Ein weiterer Stand der «Elektrowirtschaft» warb für den Bau neuer Kraftwerke; hierauf wurde in der letzten Nummer auf S. 230 hingewiesen.

Die

Kabelfabrik Cortailod

zeigte eine Serie Dreileiterhochspannungskabel-Endverschlüsse neuester Konstruktion für Innen- und Aussenmontage und Spannungen von 10...30 kV. Die Isolatoren werden alle mechanisch geklemmt. Sie sind für die Spannungsreihe 10...20 kV bei Ein- und Dreileiterendverschlüssen (vertikal und horizontal, sowie für Innen- und Aussenmontage) auswechselbar, wodurch die Lagerhaltung von Ersatzisolatoren weitgehend vereinfacht wird. Bemerkenswert sind ebenfalls die druckfesten Endverschlüsse des Modells VEB in Normal- und Flanschführung für Niederspannungskabel. Diese Endverschlüsse sind heute für Ein-, Zwei-, Drei- und Vierleiterkabel mit oder ohne Abdeckhaube, in Grau- oder Aluminiumguss, lieferbar. In der Ausstellung waren auch die Endverschlüsse Modell V in neuer, sauberer Aufmachung zu sehen. Durch Modernisierung der Giessereianlage der Kabelfabrik konnten wesentliche Verbesserungen hauptsächlich in ästhetischer Hinsicht erreicht werden.

Schliesslich seien noch die bekannten Hausanschlusskasten erwähnt, die heute auch mit Hochleistungssicherungen von 350 A ausgerüstet werden.

Aktuell war auch die Ausstellungsgruppe «Transport», wo einige moderne und schöne *Elektrofahrzeuge* der