

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 46 (1955)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Les conditions rencontrées dans les réseaux suisses à 150 kV relatives aux puissances de court-circuit et aux fréquences propres  
**Autor:** Schiller, H. / Baltensperger, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058176>

### **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>**

- [3] Clark, F. M.: Water Solution in High-Voltage Dielectric Liquids. Trans. AIEE Bd. 59(1940), August, S. 433...441.
- [4] Coquillion, J.: Le phénomène de dispersion anormale chez les diphényles chlorés. Rev. gén. Electr. Bd. 58(1949), Nr. 1, S. 30...34.
- [5] Clark, F. M.: Moisture in Oil-Treated Insulation. Industr. & Engng. Chem. Bd. 44(1952), Nr. 4, S. 887...893.
- [6] Piper, J. D.: Moisture Equilibrium between Gas Space and Fibrous Materials in Enclosed Electric Equipment. Trans. AIEE Bd. 65(1946), Dezember, 791...797; Discussion S. 1152...1155.
- [7] Rheiner, A.: Die niedrig acetylierten Faserzellulosen. Annuaire des Anciens Elèves E.C.M., année 1933, S. 121...165. Mülhausen.
- [8] Rheiner, A.: Über niedrig acetylierte Faserzellulosen. Angew. Chemie Bd. 46(1933), Nr. 43, S. 675...681.
- [9] US Pat. 1 861 320, May 31, 1932. Process for the Preparation of Effect Threads.  
US Pat. 1 926 498, September 12, 1933. Process for the Preparation of Effect Threads.  
US Pat. 2 017 607, October 15, 1935. Insulated Electrical Conductor.
- [10] Henninger, P.: Dielektrische Untersuchungen an der Papierfaser. Frequenz Bd. 4(1950), Nr. 7, S. 167...177.
- [11] Stäger, H., B. Frischmuth und F. Held: Beitrag zur Kenntnis der organischen Isolierstoffe der Elektrotechnik. Schweiz. Arch. angew. Wiss. Techn. Bd. 12(1946), Nr. 12, S. 372...390.
- [12] Veith, H.: Die Abhängigkeit des Gleichstromwiderstandes und des Verlustwinkels von Papier von dessen Trocknungszustand und Temperatur. Frequenz Bd. 3(1949), Nr. 6, S. 165...173; Nr. 7, S. 216...223.
- [13] Meister, R.: Luftfeuchtigkeit und Isoliervermögen organischer Isolierstoffe der Hochspannungstechnik. ETZ Bd. 70(1949), Nr. 12, S. 360...364.
- [14] Meister, R.: Die Bedeutung des Wärmegleichgewichts bei organischen Isolierstoffen der Hochspannungstechnik. Elektrotechnik, Berlin Bd. 1(1947), Nr. 6, S. 183...186.
- [15] Nauk, G.: Über den physikalischen Aufbau von Kondensatoren. ETZ Bd. 56(1935), Nr. 13, S. 371...374.  
Nauk, G.: Beziehungen zwischen der Temperaturabhängigkeit der Verluste und der Durchschlagsfestigkeit bei Papierkondensatoren. ETZ Bd. 56(1935), Nr. 19, S. 539...541.
- [16] Bletzinger, J. C.: Effect of Acetylation on Water Binding Properties of Cellulose. Rag. Stock. Industr. & Engng. Chem. Bd. 35(1943), Nr. 4, S. 474...480.
- [17] Hearle, J. W. S.: The Electrical Resistance of Textile Materials. J. Text. Inst. Bd. 44(1935), Nr. 4, T 117...198.
- [18] Murphy E. J. und A. C. Walker: Electrical Conduction in Textiles. J. phys. Chem. Bd. 32(1928), Nr. 12, S. 1761...1786.
- [19] New, A. A.: Recent developments in Esterified Fibrous Insulants. Electr. Commun. Bd. 19(1940), Nr. 2, S. 71...93.
- [20] Astbury, W. T.: Fundamentals of Fibrestructure. Oxford. University Press 1933.
- [21] Müller, H. F. und R. J. Hopkins: A New Kraft Capacitor Paper. Gen. Electr. Rev. Bd. 50(1947), Nr. 12, S. 20...24.
- [22] Mumford, A. H.: The London-Birmingham Coaxial Cable System. Part. 1: Description of the System. P. O. electr. Engrs. J. Bd. 30(1937), Part. 3 S. 206...214.
- [23] Deloraine, E. M.: Les câbles coaxiaux haute fréquence. Rev. Téléph. Télégr. T. S. F. Bd. 15(1937), Nr. 155, S. 137...141.
- [24] Deloraine, E. M.: Conducteur de retour à diamètre constant pour câbles coaxiaux. Rev. Téléph. Télégr. T. S. F. Bd. 15(1937), Nr. 157, S. 321...324.
- [25] Büchner, A.: Das Mischkörperproblem in der Kondensatorentechnik. Wiss. Veröff. Siemens Werk. Bd. 18(1939), Nr. 2, S. 84...96.
- [26] Stoops, W. N.: The Dielectric Properties of Cellulose. J. Amer. chem. Soc. Bd. 46(1934), Nr. 7, S. 1480...1483.
- [27] Stamm, H.: Über den Einfluss der Schichtpreßstoffe auf die Entwicklung der Hochspannungstechnik und über einige Entwicklungsaufgaben. Dtsch. Elektrotechn. Bd. 6(1952), Nr. 11, S. 558.
- [28] Whitehead, J. B.: Radial and Tangential Stresses in Impregnated Paper Insulation. Trans AIEE Bd. 70(1951), Part. 1, S. 56...59.
- [29] Luca, H. A. de, W. B. Campbell und O. Maass: Measurement of the Dielectric Constant of Cellulose. Canad. J. Res. Bd. 16, Sec. B(1938), Nr. 8, S. 273...288.
- [30] Endicott, H. S.: Electrical Testing of Capacitor Paper. Gen. Electr. Rev. Bd. 52(1949), Nr. 9, S. 28...35.
- [31] Kohman, G. T.: Cellulose as an Insulating Material. Industr. & Engng. Chem. Bd. 31(1939), Nr. 7, S. 807...817.
- [32] Hansson, B.: The Dielectric Strength of Oil Impregnated Paper. Asea Research Bd. (1945), S. 106...110.
- [33] Hansson, B., B. Bjurström, R. Johansson und G. Axelsson: The first 380 kV Power Cable in Sweden. Asea J. Bd. 26(1953), Nr. 5/6, S. 87...96.
- [34] Race, H. H., R. J. Hemphill und H. S. Endicott: Important Properties of Electrical Insulating Papers. Gen. Electr. Rev. Bd. 43(1940), Nr. 12, S. 492...499.
- [35] McLean, D. A., L. Egerton und C. C. Houtz: Paper Capacitors Containing Chlorinated Impregnants. Effects of Sulphur. Industr. & Engng. Chem. Bd. 38(1946), Nr. 11, S. 1110...1116.
- [36] Coquillion, J.: Condensateurs au papier imprégné de pyralène pour courant alternatif. Facteurs influençant la capacité et les pertes. Rev. gén. Electr. Bd. 61(1952), Nr. 5, S. 205...213.
- [37] Oudin, J. und H. Thévenon: Influence de l'épaisseur des papiers sur l'ionisation des câbles à haute tension. Rev. gén. Electr. Bd. 62(1953), Nr. 12, S. 581...587.
- [38] Guthmann, R.: Die Spannungsabhängigkeit des Verlustfaktors bei Folien-Papierkondensatoren. ETZ-A Bd. 75(1954), Nr. 2, S. 45...48.
- [39] Wolf, J.: Die Isolation in der Nachrichtentechnik. Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 12, S. 381...390.
- [40] Gerber, Th.: Sicherungsserien für Hitzdrahtpatronen mit verbesserter Isolation. Techn. Mitt. PTT Bd. 35(1955), Nr. 9.
- [41] Imhof, A.: Das Hartpapier und die Thermoplaste. Micafil-Nachr. Bd. —(1945), S. 11...14.
- [42] Kappeler, H.: Fortschritte im Bau von Kondensator-Durchführungen. Micafil-Nachr. Bd. —(1945), S. 1...6.
- [43] Keller, H.: Das Papier als Dielektrikum in Fernsprechkabeln. Techn. Mitt. PTT Bd. 24(1946), Nr. 2, S. 49...55.

## Adresse des Auteurs:

W. Dieterle, Dr. sc. techn., Wissenschaftliche Laboratorien der Abteilung für chemische Faserumwandlung der Sandoz A.-G., Basel.

## Les conditions rencontrées dans les réseaux suisses à 150 kV relatives aux puissances de court-circuit et aux fréquences propres

Rapport d'une enquête entreprise pour le Comité des Interrupteurs de la CIGRE auprès des centrales suisses d'électricité, par H. Schiller et P. Baltensperger

621.311.1.027.1 (494) : 621.3.014.3 : 621.3.018.41

### I. Introduction

On proposa, lors de la session en 1952 du Comité des Interrupteurs de la CIGRE, d'étudier, pour les différents pays, les conditions déterminant la sollicitation des disjoncteurs existant dans les différents réseaux. Depuis, une première enquête sur les réseaux à 50 kV a été achevée en Suisse, ainsi que le rapport qui en a déjà été publié [1]<sup>1)</sup>. En Allemagne, également, la «Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen» a terminé une enquête analogue relative aux réseaux allemands de 50 à 65 kV [2]. De pareilles études sont aussi en cours dans d'autres pays.

En Suisse, le problème relatif aux réseaux de 150 kV a été le sujet de nouvelles études. Il n'est pas nécessaire de donner ici de plus grands éclaircissements sur le caractère même du problème, ce point ayant déjà été traité d'une façon détaillée

dans le rapport précédent [1]. Comme auparavant un questionnaire a été soumis aux services des réseaux considérés. Les questions qu'il contient sont semblables à celles de la première enquête. Toutefois, pour les puissances de court-circuit, on a prévu une autre classification. Il n'est donc pas nécessaire de répéter la description du procédé suivi, et seuls les résultats de cette nouvelle enquête sont indiqués ici.

### II. Résultat et interprétation de l'enquête

Les résultats de l'enquête se trouvent rassemblés dans le tableau I.

Il est particulièrement intéressant de considérer le nombre des points du réseau, pour lesquels le pourcentage local de la puissance de court-circuit est grande, de même que le nombre des disjoncteurs installés, c'est-à-dire le nombre des disjoncteurs qui ont à déclencher un pourcentage important de leur puissance nominale de coupure, simultanément avec une fréquence propre élevée. On entend dans ce

<sup>1)</sup> voir bibliographie en fin d'article.

Tableau I

1	Groupe Réseau	MVA	Puissance de court-circuit				
			I < 500			II > 500...1000	
			A	B	total	C	total
2	Nombre des stations à puissance de court-circuit correspondante		1	2	3	1	1
3a	Nombre des stations dont $\frac{P_L}{P_{tot.}} \geq 50\%$		—	1	1	—	—
3b	Valeur maximum au rapport $\frac{P_L}{P_{tot.}}$	%	—	65	—	—	—
3c	Nombre de lignes partant de chaque station mentionnée sous 3a		—	1	—	—	—
3d	Puissance nominale de la plus grande unité (alternateur, transformateur) alimentant les barres de chaque station mentionnée sous 3a		—	20	—	—	—
3e	Puissance de court-circuit du réseau alimentant les transformateurs mentionnés sous 3a	10 <sup>3</sup> MVA	—	0,43	—	—	—
3f	Nombre des alternateurs et transformateurs alimentant les stations mentionnées sous 3a		—	2 T	—	—	—
4	Nombre des stations dont $\frac{P_L}{P_{tot.}} < 50\%$		1	1	2	1	1
5a	Nombre de disjoncteurs dans les stations mentionnées sous 3a		—	3	3	—	—
5b	Nombre de disjoncteurs dans les stations mentionnées sous 4		4	3	7	4	4
5c	Nombre total de disjoncteurs dans le réseau		4	6	10	4	4

cas par fréquence propre élevée, celle déterminée par les conditions de l'apport local de puissance de court-circuit. Examinons les cas pour lesquels la puissance locale de court-circuit est plus grande que 50 % de la puissance totale de court-circuit au même endroit. Nous trouvons alors, parmi les 61 points du réseau, un seul point rentrant dans ce domaine. Trois disjoncteurs sont installés en ce point du réseau, ce qui correspond aux 0,85 % du nombre total des disjoncteurs installés. Il faut en outre considérer qu'il n'y a en ce point du réseau qu'une puissance maximum de court-circuit de 260 MVA seulement, et qu'il s'agit donc du plus petit des groupes de puissance considérés. Lors de l'enquête précédente, relative aux réseaux de 50 kV, nous avions trouvé parmi 139 points du réseau, 21 points (15,1 %) correspondant à une puissance de court-circuit locale plus grande que les 50 % de la puissance totale de court-circuit au même endroit, alors que dans les réseaux à 150 kV, nous n'en trouvons qu'un seul (< 1 % du nombre de disjoncteurs considérés). Ce nombre réduit ne nous permet pas de dresser les représentations graphiques comme elles ont été publiées dans le rapport précédent pour les réseaux à 50 kV. Par contre, cela donne aussi la preuve certaine que nous n'avons pratiquement pas en Suisse des puissances de court-circuit importantes simultanément avec des fréquences propres élevées dans les réseaux à 150 kV.

Considérons, en outre, pour tous les points du réseau la puissance de court-circuit engendrée localement en rapport avec la puissance totale de court-circuit au même endroit, et représentons ce rapport en fonction de la puissance de court-circuit totale. Nous obtenons ainsi la fig. 1. Il en ressort clairement que le pourcentage de l'apport de la puissance de court-circuit locale diminue si la puissance de court-circuit totale augmente. On peut en déduire en plus que la valeur de la fréquence propre elle-même est d'autant plus petite que la puissance de court-circuit augmente.

Le résultat de ces recherches dans les réseaux suisses à 150 kV, confirme les hypothèses servant de base pour les règles de l'ASE concernant les disjoncteurs. D'après ces règles, on a prescrit, pour la pleine puissance de court-circuit, une fréquence propre relativement basse, car la puissance maxi-

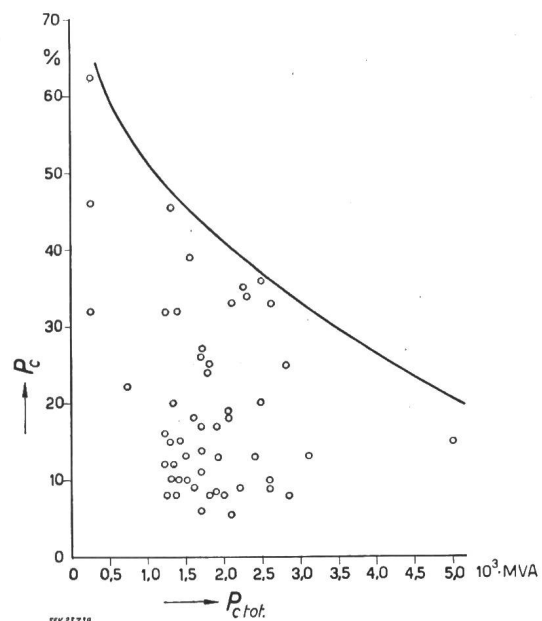


Fig. 1

Puissance locale maximum de court-circuit atteinte, en pourcentage de la puissance de court-circuit totale, dans les différents points du réseau suisse à 150 kV

$P_{c\ tot.}$  Puissance de court-circuit totale, dans les différents points du réseau

$P_c$  Puissance locale de court-circuit atteinte, en pourcentage

imum peut seulement se présenter si le court-circuit est alimenté par le réseau entier. D'autre part, on a prévu une puissance de court-circuit correspondant aux 50 % de la puissance de court-circuit maximum, pour des déclenchements à fréquence propre plus élevée (5 fois plus grande que celle prescrite pour la pleine puissance).

dans les réseaux suisses à 150 kV

Tableau I

III > 1000...1500						IV > 1500...2000						V > 2000...2500						VI > 2500...3000					VII > 3000				
A	D	E	F	G	total	A	B	D	E	F	H	total	A	C	E	H	J	K	total	E	F	H	J	total	A	C	total
6	5	2	1	1	15	4	1	5	6	1	1	18	2	1	4	2	4	1	14	1	5	1	1	8	1	1	2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	5	2	1	1	15	4	1	5	6	1	1	18	2	1	4	2	4	1	14	1	5	1	1	8	1	1	2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	29	6	7	4	69	20	4	34	24	3	3	88	19	5	36	16	21	8	105	12	37	6	5	60	15	2	17
23	29	6	7	4	69	20	4	34	24	3	3	88	19	5	36	16	21	8	105	12	37	6	5	60	15	2	17

**Bibliographie**

- [1] Schiller, H., et H. Meyer. Les conditions rencontrées dans les réseaux suisses à 50 kV relatives aux puissances de court-circuit et aux fréquences propres. Rapport d'une enquête entreprise pour le Comité des Interrupteurs de la CIGRE auprès des centrales suisses d'électricité. Bull. ASE t. 45(1954), n° 13, p. 526...530 et 543.
- [2] Zaduk, H. Die Beanspruchung der Höchstspannungsschalter in deutschen Netzen für 50...65 kV bezüglich Abschaltleistung und Einschwingfrequenz der wiederkehrenden

Spannung. Berlin und Ruit über Esslingen: Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e.V. 1955: Archiv für Kraftwerks- und Netzbetrieb, Gruppe 0 434-1. (5 S. Text, 4 S. Tab. u. Fig.; vervielfältigt.)

**Adresse des auteurs:**

H. Schiller, ingénieur en chef à la S.A. Motor-Columbus, Baden (AG).  
 P. Baltensperger, Dr ès sc. math., S.A. Brown, Boveri & Cie, Baden (AG).

**Gummi als Elektrizitätsleiter in der Technik  
 Eigenschaften, allgemeine und besondere Anwendungen**

Von S. de Meij, Delft

(Mitteilung Nr. 263a der Rubber-Stichting, Delft, Niederlande)

621.315.616.1 : 621.3

Es wird eine Übersicht der Eigenschaften und Anwendungen von elektrisch leitendem Gummi gegeben, wie er in der Technik zur Ableitung statischer Elektrizität sowie für Kabel und Heizung verwendet wird. Ferner werden die Möglichkeiten und die Schwierigkeiten der Anwendung auf elektronischem Gebiet und bei der Mess- und Regeltechnik behandelt.

Aperçu des propriétés et des applications du caoutchouc conduisant l'électricité, utilisé en technique pour l'élimination de charges statiques, ainsi que pour des câbles et pour le chauffage. L'auteur indique les possibilités et les difficultés de l'application au domaine de l'électronique et à celui de la métrologie et de la régulation.

**A. Wie das elektrische Leiten des Gummis zustande kommt**

Die Bezeichnung «leitender Gummi», der man in der letzten Zeit wiederholt in der technischen Literatur begegnet, steht scheinbar völlig im Widerspruch mit der Erfahrung, dass Gummi ein vortrefflicher Isolator ist. In Wirklichkeit ist diese Bezeichnung eigentlich unrichtig, denn der Gummi ist an und für sich nicht leitend.

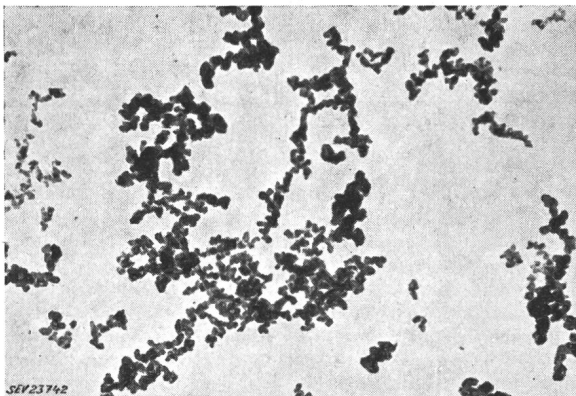


Fig. 1

Gasrussteilchen in Kettenformation

Die schwarze Farbe technischer Gummimischungen ist auf den Russ (carbon black) im Gummi zurückzuführen. Zwi-

schenden Kautschuk-Molekülen und dem Russ sowie zwischen den Russteilchen untereinander treten starke Bindungskräfte auf, und diese sind die Ursache der grösseren Festigkeit von Gummi-Russ-Mischungen. Die Zugfestigkeit, die Härte und der Verschleisswiderstand nehmen zu; die elastischen Eigenschaften wie Bruchdehnung und bleibende Deformation gehen jedoch zurück. In welchem Mass dies geschieht, hängt von der Art und Menge des Russes ab. Es hat sich gezeigt, dass Teilchen bestimmter Rußsorten unter Einfluss der Wärmebewegung der langen Kautschuk-Moleküle aneinander kleben können und auf diese Weise mehr oder weniger lange Kohlenstoffketten im Gummi bilden. Die durchlaufenden Ketten sind die Ursache der Leitfähigkeit der Gummimischung. Nicht jede Rußsorte zeigt diese Eigenschaft; sie tritt am stärksten bei Azetylenruss und sogenanntem Ofenruss (furnace black) auf. Man kann jedoch gegenwärtig auch andere Rußsorten dank einer speziellen Nachbearbeitung «leitend» machen. Fig. 1 zeigt die Kettenbildung der Russteilchen. Es ist somit möglich, Materialien herzustellen, bei denen sich die elektrische Leitfähigkeit mit den günstigen mechanischen und elastischen Eigenschaften technischen (schwarzen) Gummis vereinigt.

**B. Eigenschaften**

Es zeigt sich, dass leitender Gummi der Erfüllung des Ohmschen Gesetzes sehr nahekommt. Eine allgemeine Beziehung zwischen Spannung und Strom wird durch  $U^n = Ri = \rho \frac{l}{A} i$  gegeben, wobei  $n$  und der spezifische Widerstand  $\rho$  von der Zusammensetzung der Gummimischung abhängen. Bei Naturgummi und kleinen Russteilchen (0,03  $\mu\text{m}$ ) ist