Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 86 (1995)

Heft: 11

Artikel: Câbles HTSC : quel avenir? : Etude technico-économique des câbles supraconducteurs à haute température critique (HTSC) et comparaison avec les liaisons classiques

Autor: Gaille, François / Borgeaud, Vincent / Sari, Osmann

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902449

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.07.2025

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

A Noël 1993 fut annoncée la découverte d'un nouveau composé présentant des signes de supraconductivité vers 250 K. Une question soulevée par cette découverte était alors la suivante: «Quel serait l'impact sur le transport de l'énergie électrique de l'utilisation de câbles supraconducteurs fonctionnant à 250 K ou voire même à température ambiante?» Cette question légitime a débouché sur une étude technico-économique de liaisons câblées supraconductrices à haute température critique, suivie de leur comparaison avec les liaisons haute tension classiques à conducteur cuivre. Cet article présente un résumé de ce travail ainsi que les principaux résultats obtenus.

Câbles HTSC: quel avenir?

Etude technico-économique des câbles supraconducteurs à haute température critique (HTSC) et comparaison avec les liaisons classiques

■ François Gaille, Vincent Borgeaud et Osmann Sari

L'idée d'effectuer un transport de puissance électrique sans pertes résistives à l'aide de câbles supraconducteurs est presque aussi ancienne que la découverte en 1911 de la supraconductivité par le physicien hollandais Kamerlingh Onnes. Jusqu'au milieu des années soixante, les problèmes techniques paraissaient insurmontables: non-disponibilité de matériaux supraconducteurs adéquats d'une part et cryo-technologie insuffisante d'autre part. Dès cette époque et suite à un accroissement constant et rapide de la consommation de l'énergie électrique, un effort immense a été consacré aux développements de câbles supraconducteurs à basse température critique (LTSC) refroidis à l'hélium liquide à 4 K [1]. Ces développements aboutirent à la réalisation de nombreux câbles et installations prototypes [2–4] et démontrèrent clairement leur faisabilité technologique. Bien qu'incontestablement ces câbles LTSC furent un succès technologique, ils démontrèrent à la même occasion qu'ils ne pouvaient être considérés – pour des puissances transportées réalistes – comme une alternative économiquement compétitive aux liaisons conventionnelles non supraconductrices.

La découverte en 1986 de nouveaux matériaux devenant supraconducteurs à des températures proches de celle de l'azote liquide (77 K), généra un regain d'intérêt et conduisit à une multitude d'applications potentielles de ces matériaux dans le domaine de l'électrotechnique [5]. Plus particulièrement et dès la fin des années quatre-vingts, de nouveaux développements de câbles supraconducteurs à haute température critique (HTSC) furent entrepris [6]. La plupart de ces projets sont actuellement toujours en cours, les résultats n'étant que très partiellement diffusés. Par contre, plusieurs études technico-économiques portant sur ces câbles HTSC ont été récemment publiées [7, 8], celles-ci étant basées sur une transmission refroidie à la seule température de l'azote liquide.

La genèse de la présente étude remonte à Noël 1993, date à laquelle furent annoncées par des groupes de chercheurs français deux découvertes de nouveaux composés [9, 10] montrant des signes de supraconductivité vers 250 K (–23 °C), voire même selon interprétation à des températures voisines de 0 °C. L'idée centrale de la présente étude consista à établir un bilan électrique, thermique et économique d'une liaison triphasée HTSC, mais ceci dans un domaine de température s'étendant de 77 à 290 K, c'est-à-dire de la température de l'azote liquide à la température ambiante et de comparer les résultats obtenus à ceux d'une liaison câblée non supraconductrice [11].

Adresses des auteurs:
Dr *François Gaille*, Câbleries et Tréfileries de Cossonay S. A., 1305 Cossonay-Gare, *Vincent Borgeaud* et Prof. Dr *Osmann Sari*, Laboratoire de génie thermique et des systèmes énergétiques, Ecole d'ingénieurs de l'Etat de Vaud, 1400 Yverdon.

Liaison classique non supraconductrice

La liaison classique considérée est constituée de trois câbles monopolaires posés parallèlement dans un socle de béton enterré. Les câbles de construction standard sont composés d'un conducteur cuivre, d'une isolation synthétique extrudée, d'un écran métallique protégé par une gaine extérieure thermoplastique. Trois couples de tension et de section furent considérés: 150 kV/800 mm^2, 220 kV/1600 mm^2 et 380 kV/2500 mm^2 définissant ainsi trois niveaux de puissance électrique transportable.

En considérant une liaison triphasée de 1 km, un bilan énergétique a été dressé en tenant compte des pertes électriques (ohmiques et diélectriques) des câbles ainsi que des échanges thermiques avec le milieu environnant (pour une étude similaire voir p. ex. [12, 13]). Ce bilan conduisit pour les trois cas considérés à des puissances électriques transportables P maximum d'environ 250, 500 et 1000 MVA, respectivement. Finalement, le coût total $K_{LC}(P)$ d'une telle liaison triphasée et de son exploitation a été calculé en fonction de la puissance transportée P en tenant compte du coût des composants, de la pose et des pertes électriques avec un amortissement s'étendant sur une période de 25 ans.

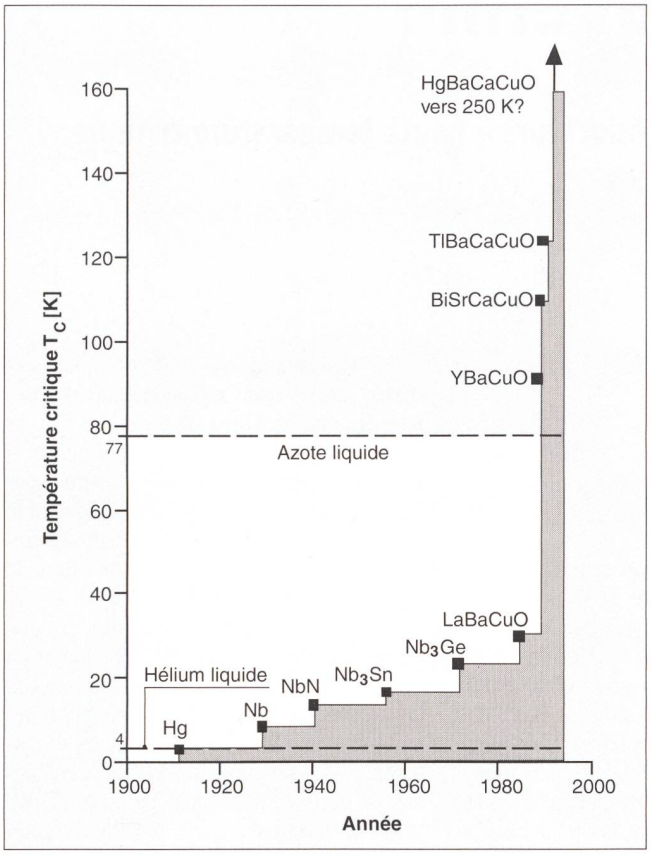


Figure 1 Evolution de la température critique des supraconducteurs depuis 1911

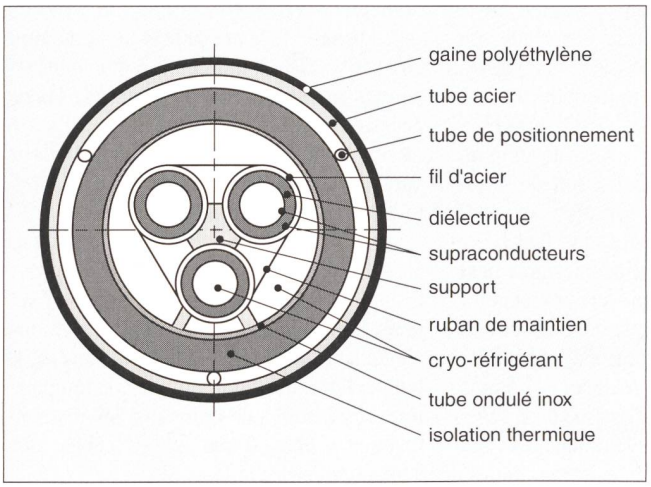


Figure 2 Liaison triphasée HTSC de type «CD»

Supraconductivité

La supraconductivité est le phénomène à travers lequel un matériau perd toute résistivité électrique au-dessous d'une température T_c dite critique. De nombreux métaux, alliages et composés intermétalliques et organiques ainsi que des céramiques présentent cette propriété. Mais plus rares sont les matériaux supraconducteurs dont la température critique soit assez élevée et présentant les propriétés requises pour que des applications intéressantes soient possibles dans les techniques de l'énergie. La figure 1 montre l'évolution des températures critiques les plus élevées des supraconducteurs découverts depuis 1911, date de la première mise en évidence de ce phénomène dans le mercure.

Les supraconducteurs présentant une température critique T_c supérieure à 77 K et donc pouvant être refroidis à l'azote liquide sont dits à haute température critique par opposition aux supraconducteurs dits à basse température devant être refroidis à l'hélium liquide (4 K). En plus de T_c, un matériau supraconducteur est caractérisé par deux autres paramètres, à savoir B_c, le champ magnétique critique et J_c, la densité de courant critique qui détermine le courant maximal admissible au-delà duquel le matériau passe de l'état supraconducteur à celui de résistif.

De nombreuses recherches actuelles [14] visent à développer et produire industriellement des fils ou bandes supraconductrices à haute température critique – ceci en vue d'applications concrètes dans le domaine de l'électrotechnique y compris la réalisation des câbles supraconducteurs HTSC – et pratiquement des valeurs J_c de l'ordre de 30 kA/cm^2 sont déjà atteintes.

Câbles supraconducteurs

Conception et données initiales

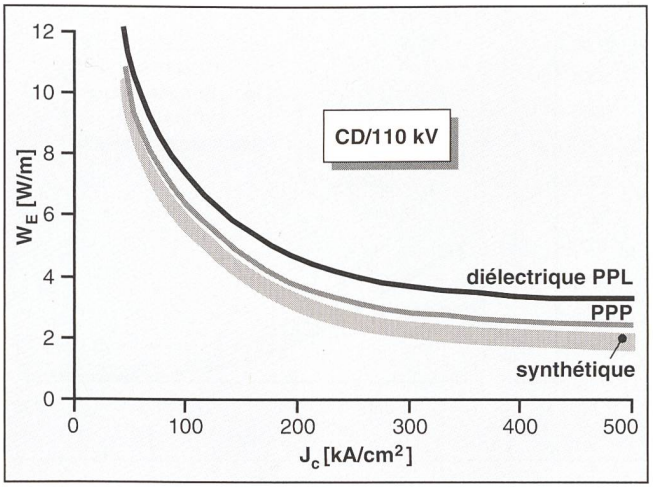
Il existe deux conceptions totalement différentes de câbles supraconducteurs à haute température critique, présentant chacune des avantages et inconvénients. Le *concept RTD* (Room Temperature Dielectric) possède un écran thermique sur chaque supraconducteur, l'avantage étant que le diélectrique est à température ambiante. Cette conception simple constituée de câbles non coaxiaux – donc présentant des pertes de Foucault – est plutôt prônée aux Etats-Unis. La deuxième, la *conception CD* (Cryogenic Dielectric), à l'inverse de RTD, est constituée de trois câbles coaxiaux avec un seul écran thermique commun extérieur (fig. 2), la consé-

quence étant que l'isolation électrique se trouve à température cryogénique. Cette liaison – dont la conception des câbles est plus proche des câbles classiques – est populaire au Japon et en Europe.

Dans notre étude, les deux conceptions ont été considérées et bien que techniquement celles-ci soient fort différentes, les coûts globaux calculés des pertes et de la cryogénie sont tout à fait comparables dans les deux cas. Deux niveaux de tension furent considérés: 60 et 110 kV, ainsi que trois diélectriques différents: isolant synthétique solide (type EPR ou XLPE p. ex.), PPP (Polypropylene Paper) et PPL (Polypropylene Paper Laminate). L'utilisation spécifique du diélectrique est dictée par la conception et température considérées. Concernant la température d'exploitation T_e, quatre valeurs furent choisies: 77 K (valeur habituelle des câbles HTSC refroidis à l'azote liquide), 250, 270 et 290 K (17 °C, soit la température ambiante). En menant l'étude de cette manière il était sous-entendu dans chaque cas que les températures critiques T_c devraient être plus élevées que les températures d'exploitation T_e. Les trois dernières valeurs de T_e constituent l'intérêt principal de cette analyse.

Figure 3 Pertes non thermiques en fonction de la densité de courant critique

W_E somme des pertes non thermiques par câble
J_c densité de courant critique



T_e [K]	T_{IN} [K]	Cryo-réfrigérant	Isolation thermique
77	70	Azote liquide LN_2	Superisolation
250	233	Ammoniac NH_3	AF/Armaflex
270	255	Eau avec 40% glycol	AF/Armaflex
290	275	Eau	AF/Armaflex

Tableau I Cryo-réfrigérants et isolations thermiques versus température d'exploitation T_e

T_e température d'exploitation
T_{IN} température d'entrée du cryo-réfrigérant

Etude et bilan technique

Les pertes non thermiques considérées sont:

- pertes diélectriques $\approx U^2 \cdot \text{tg}\,\delta$
- pertes par hystérésis $\approx 1/J_c$, où J_c est la densité de courant critique considérée (pratiquement choisie de 50 à 500 kA/cm²)
- pertes hydrauliques du cryo-réfrigérant
- pertes par induction (courant de Foucault)

Il est évident que l'ensemble de ces pertes dépend des paramètres de l'étude; dans une première approximation elles varient peu avec U et T_e. A titre d'exemple, la figure 3 montre l'évolution par câble de la somme W_E de ces pertes non thermiques pour la conception CD/110 kV. Comme mentionné plus haut, les pertes W_E sont légèrement supérieures (≈1 W/m de plus) dans le cas de la conception RTD.

Afin de pouvoir dresser le bilan des pertes thermiques de la liaison HTSC, il était nécessaire de connaître préalablement le cryo-réfrigérant et l'isolation thermique utilisés. Le tableau I donne un résumé des matériaux choisis pour l'étude.

Les pertes thermiques linéiques de la liaison qui ne dépendent pratiquement pas de la tension U se calculent par W_T (en W/m) = $\Delta T/(\Sigma R_i)$ où ΔT est la différence de température (en K) entre l'environnement et le cryo-réfrigérant et ΣR_i la somme des résistances thermiques sur tous les matériaux i [en K/(W/m)].

W_T dépend évidemment de la conception considérée, de T_e et de l'isolation thermique. La figure 4 montre l'évolution des pertes thermiques devant être éliminées par le cryo-réfrigérant en fonction de l'épaisseur de l'isolation thermique pour la conception CD. Les traits verticaux représentent les épaisseurs choisies de l'isolant pour les quatre températures T_e.

Contrairement aux pertes électriques qui sont plus importantes dans le cas de la conception RTD, les pertes thermiques sont plus faibles en RTD que CD, si bien que globalement les pertes totales (électriques et thermiques) sont à peu près égales pour les deux conceptions.

L'épaisseur étant fixée, W_T peut être calculée ainsi que les pertes totales W (en W/m) de la liaison ceci en fonction des paramètres de l'étude. La puissance frigorifique nécessaire pour maintenir la liaison HTSC à température du réfrigérant est déterminée.

Etude et bilan économique

Le coût total de la cryogénie est composé d'une part du coût de l'installation frigorifique et de son fonctionnement et d'autre part du coût équivalent des pertes occasionnées par la liaison HTSC. Le coût de l'installation dépend fortement de T_{IN} et varie linéairement avec le nombre de kW

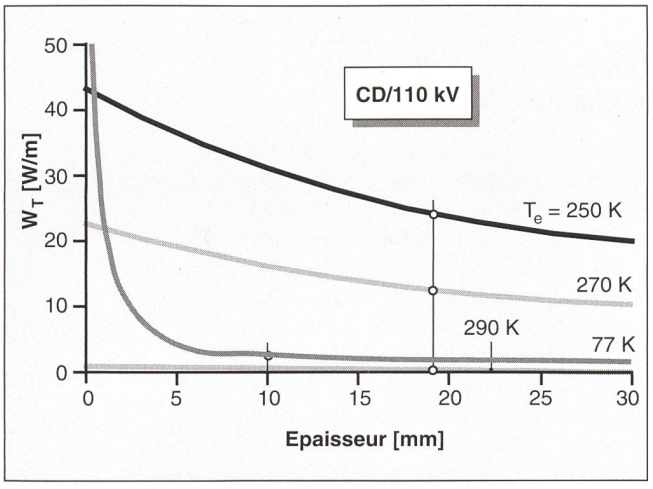


Figure 4 Evolution des pertes thermiques en fonction de l'épaisseur de l'isolation thermique

Isolation thermique, cryo-réfrigérant et température d'entrée du cryo-réfrigérant supposés comme indiqués dans le tableau I.

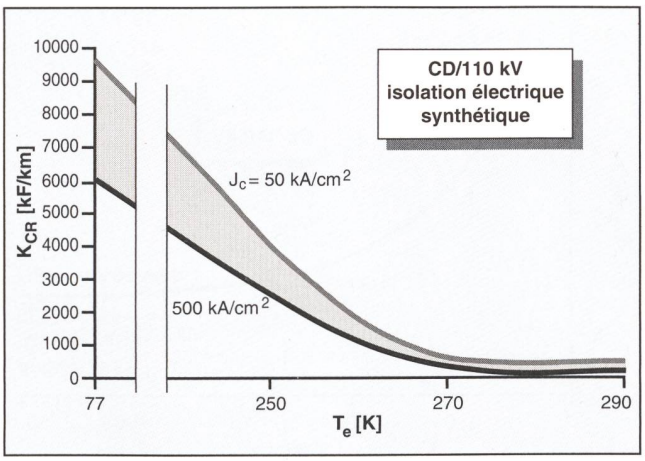


Figure 5 Coût total de la cryogénie en fonction de la température d'exploitation pour la conception CD/110 kV

T_e température d'exploitation

K_{CR} Coût total de la cryogénie, composé du coût de l'installation frigorifique et de son fonctionnement et du coût des pertes occasionnées pendant une durée d'exploitation de 25 ans.

à éliminer. Pour T_{IN} = 70 K, ce coût est de l'ordre de 50 kF/kW et seulement de 1 kF/kW pour 275 K. Afin de se placer dans des conditions similaires, durée d'amortissement et intérêt sont pris identiques à ceux des liaisons classiques non supraconductrices.

Le coût équivalent des pertes totales d'énergie de la terne supraconductrice est calculé en prenant des conditions d'exploitation de l'installation identiques à celles des liaisons classiques. Le coût total de la terne (coût des câbles HTSC non compris) K_{CR} (T_e, J_c, U, conception) peut être déterminé. Cette fonction décroît fortement avec T_e croissant et dépend de J_c ceci seulement à basse température; par contre ce coût ne dépend pratiquement pas de la conception et de la tension considérée. Figure 5 montre la dépendance de K_{CR} en fonction de T_e pour la conception CD/110 kV. A titre de comparaison, ce coût à 77 K est de 5% plus élevé pour la conception RTD/110 kV et presque identique pour les plus hautes températures.

De par le fait que les pertes non thermiques sont plus élevées pour les diélectriques PPP et PPL comparativement à l'isolation synthétique solide, le coût K_{CR} sera plus élevé pour ces deux isolants à base de polypropylène, la différence étant dépendante du niveau de tension et de la température.

Comparaison des câbles HTSC aux liaisons classiques

La comparaison directe du coût total des liaisons supraconductrices à celles dites classiques n'est pas possible par le fait que le coût des câbles HTSC n'est pas connu. L'idée centrale de ce travail consiste à résoudre le problème inverse, à savoir de déterminer quel pourrait être le coût maximum admissible d'un câble HTSC afin que la liaison supraconductrice – tous frais confondus – soit économiquement égale à celle d'une liaison classique. Ce coût admissible par câble K_{CS} est proportionnel à (K_{LC}–K_{CR}) et dépend des paramètres de l'étude. La figure 6 donne pour la conception CD/110 kV le coût K_{CS} en fonction de T_e pour les trois plages de puissance considérées.

Une autre représentation de ce coût admissible est donnée en figure 7 où K_{CS} est exprimé en fonction de la puissance transportable de la liaison triphasée et ceci pour les quatre températures d'exploitation considérées.

Discussion

Coût de la cryogénie (installation, exploitation)

L'analyse montre que le coût K_{CR}:

(1) ne dépend que très peu de la conception considérée (CD ou RTD) et du niveau de tension du câble HTSC;

(2) ne dépend presque pas du type de diélectrique envisagé (PPP, PPL ou synthétique), l'isolation synthétique solide – de part ses faibles pertes – conduisant au coût cryogénique le plus favorable;

(3) présente au-dessous de 270 K une très forte dépendance en T_e, avec une diminution d'un facteur 2 de 77 à 250 K; par contre K_{CR} varie peu pour $T_e \geq 270$ K;

(4) dépend fortement de J_c à la température de l'azote liquide, cette dépendance étant moins marquée pour $T_e \geq 250$ K.

Coût maximum admissible du câble HTSC

Le coût maximum admissible que peut avoir un câble HTSC – c'est-à-dire la place économique disponible laissée par la cryogénie pour le câble afin que la liaison triphasée supraconductrice soit économiquement compétitive à une liaison classique – ne dépend aussi pratiquement pas de la conception considérée ni du niveau de tension. Par conséquent, les remarques ci-dessous ont un caractère général dont la validité peut s'étendre aux différentes variantes technologiques qui ont été envisagées:

(1) Le coût K_{CS} «disponible» dépend très fortement de la température T_e et de la puissance P transportée par la liaison triphasée; sa dépendance en J_c est significative uniquement à 77 K, négligeable autrement.

(2) Vu en terme de température T_e:
- à 77 K, une puissance inférieure à 500 MVA représente un domaine économique inaccessible (c'est-à-dire ne pouvant être rentable quelque soit le prix du câble), la puissance économique devant être de l'ordre de 1 GVA;
- à 250 K, cette puissance inférieure se réduit à environ 250 MVA et
- à 270 et 290 K, il n'existe théoriquement pas de puissance minimale limitant l'utilisation d'un câble HTSC.

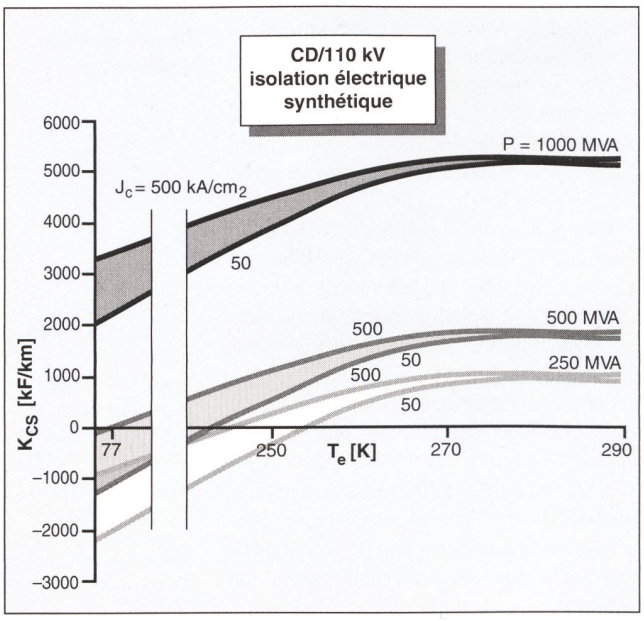
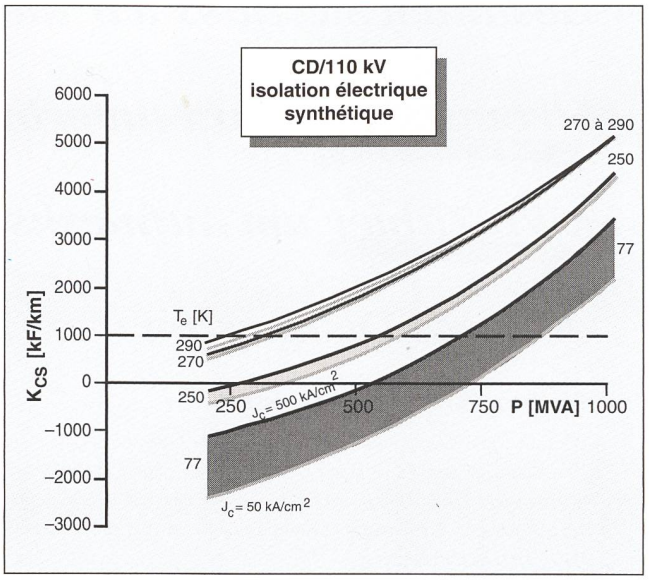


Figure 6 Coût maximum K_{CS} admissible du câble HTSC en fonction de la température d'exploitation T_e

(3) Vu en terme de puissance *P:*
Si l'on prend pour base raisonnable un coût de câble HTSC de mille francs par mètre, la puissance minimale devant être transportée par la liaison supraconductrice – pour qu'elle soit économiquement rentable et compétitive – est:
- de 700 à 900 MVA à 77 K (ceci dépendant de J_c). Ce résultat de l'ordre de 1 GVA est en accord avec ceux récemment publiés concernant les câbles HTSC refroidis à l'azote liquide;
- de 550 à 600 MVA à 250 K et
- de 350 à 250 MVA pour les températures de 270 et 290 K.

En doublant l'hypothèse de base du coût du câble HTSC (soit 2000 fr./m), cette puissance minimale économiquement compétitive devient: 1000 MVA à 77 K, 750 MVA à 250 K et 550 MVA à 270 et 290 K.

Figure 7 Coût maximum K_{CS} admissible du câble HTSC en fonction de la puissance transportable *P*



Conclusion

Cette étude révèle qu'un transport d'énergie électrique à l'aide d'une liaison supraconductrice à haute température critique est subordonné à des contraintes relativement sévères et ceci indépendamment des difficultés technologiques éventuelles rencontrées pour la réalisation des câbles HTSC.

En effet, dans le cas d'une liaison triphasée refroidie à l'azote liquide, la puissance transportée devrait être de 1 GVA ou plus pour être économiquement compétitive avec la liaison classique à conducteur cuivre. A la température de 250 K (–23 °C) – température critique d'un supraconducteur annoncée en décembre 1993 et qui a été à l'origine de cette étude – une puissance minimale transportée de 250 MVA est nécessaire juste pour compenser les coûts inhérents à la cryogénie; la puissance économique devrait se situer plus probablement vers 550 MVA ou au-delà, cette valeur étant dépendante du coût de production des câbles HTSC. Finalement, une liaison supraconductrice fonctionnant à température fixe proche de l'ambiante (270 ou 290 K) devrait être aussi réfrigérée. Afin de compenser les coûts cryogéniques, ces câbles HTSC devraient même dans cette plage favorable de température, transporter une puissance de l'ordre du tiers de GVA et/ou être substantiellement moins coûteux que les câbles conventionnels à conducteur cuivre.

Bibliographie

[1] *E. B. Forsyth*: Superconducting Cables. Encyclopedia of Physical Science and Technology, Vol. 16, 1992.

[2] *E. B. Forsyth* et al.: Performance summary of the Brookhaven Superconducting power transmission system. Cryogenics, Vol. 26, 1986.

[3] *E. B. Forsyth:* The High Voltage Design of Superconductivity Power Transmission Systems. IEEE Electrical Insulation Magazine, July/August 1990, Vol. 6, N° 4.

[4] *M. Kosaki* et al.: Development of Extruded polymer insulated superconducting cable. Cryogenics, Vol. 32, N° 10, 1992.

[5] *R. F. Giese:* Assessing the Impacts of High-Temperature Superconductors on the Electric Power Sector. IEA Reports 1 to 7, Argonne National Laboratory, 1993.

[6] *T. P. Beales:* Towards a High-Temperature Superconducting Power Transmission Cable. Appl. Phys. Com. 12(2), pp. 205–220 (1993).

[7] *P. Metra* et al.: Preliminary Analysis of Performance and Cost of High-Temperature Superconducting Power Transmission Cables. Power Cables and Accessories 10–500 kV, 23–25 Nov. 1993, Conference Publication N° 382, IEE 1993.

[8] *S. P. Ashworth* et al.: A Techno-Economic Design Study of High-Temperature Superconducting Power Transmission Cables. ETEP, Vol. 4, N° 4, 1994.

[9] *M. Laguës* et al.: Evidence Suggesting Superconductivity at 250 K in a Sequentially Deposited Cuprate Film. Science 262, 1850 (1993).

[10] *J.-L. Tholence* et al.: Zero resistance around 250 K in superconducting Hg-compounds. Phys. Lett. A184, 215 (1994).

[11] *V. Borgeaud:* Etude du coût des câbles supraconducteurs «HTSC» et comparaison avec des câbles classiques. LGT-EINEV, 1994.

[12] *F. Gaille:* Récupération de la chaleur des câbles? Critères d'évaluation. Séminaire ETG: Câbles MT et HT, EPFL, Lausanne, 1990.

[13] *F. Gaille* et *J. van Gilst:* Evaluation du potentiel de récupération de chaleur par refroidissement des câbles électriques. Bull. ASE/UCS 83(1992)15, pp. 25–30.

[14] *R. Flükiger:* La Supraconductivité dans le domaine de l'Energie. Journée de la recherche de l'Electricité Romande, Lausanne, Novembre 1994.

Welche Zukunft haben HTSL-Kabel?

Technisch-wirtschaftliche Studie zum Einsatz von Energiekabeln mit Hochtemperatursupraleitern (HTSL) im Vergleich zu klassischen Kabeln

Gegen Weihnachten 1993 ging eine Meldung durch die Presse, nach der angeblich neue Hochtemperatursupraleiter, mit ersten Anzeichen von Supraleitung bei etwa 250 K, entdeckt worden wären. Diese (später widerrufene) Nachricht hat damals die Frage nach der Bedeutung supraleitender Kabel für den Energietransport erneut aktuell werden lassen. Sie wurde zum Anlass für eine technisch-wirtschaftliche Studie. Diese sollte abklären, unter welchen Bedingungen supraleitende Kabel, welche bei 250 K oder gar bei höheren Temperaturen betrieben werden könnten, gegenüber klassischen Kupferkabeln Vorteile brächten. Der vorliegende Artikel gibt einen kurzen Überblick über die Studie und fasst ihre wichtigsten Schlussfolgerungen zusammen.

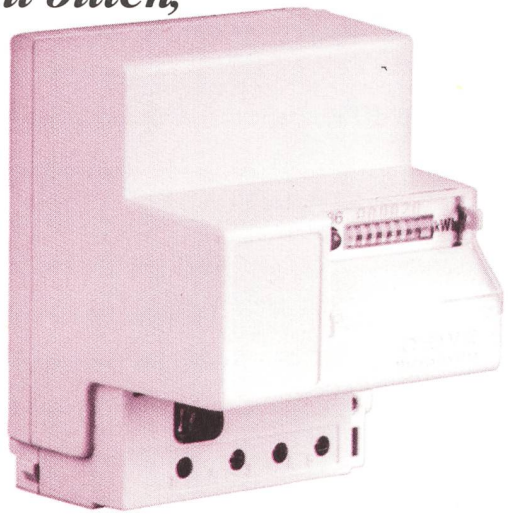
In der Studie wurden für die beiden wichtigsten Konzeptionen supraleitender Kabel (siehe z. B. Fig. 2) die elektrischen und thermischen Verluste abgeschätzt (Fig. 3 und 4), woraus unter verschiedenen Annahmen die Anlage- und Betriebskosten für die Kühlung abgeschätzt wurden (Fig. 5). Aus dem Vergleich mit den entsprechenden Kosten für konventionelle Kabelstrecken konnte schliesslich errechnet werden, wie hoch die noch unbekannten Kosten für supraleitende Kabel höchstens sein dürfen, wenn ihr Einsatz gegenüber konventionellen Kabeln einen wirtschaftlichen Vorteil bringen soll (Fig. 6 und 7).

Gestatten Sie, dass wir die Diskussion zum Thema

Stromsparen kurz unterbrechen und für einen

kWh-Zähler um Aufmerksamkeit bitten,

der eine Diskussion wert ist.



Die bewährte Zählergeneration.

Das handliche Zählerprogramm zeichnet sich besonders durch seine hohe Zuverlässigkeit aus. Es ist absolut unempfindlich gegenüber Störimpulsen und Montagelage. Dank elektronischem Messwerk sind die Zähler überall problemlos einsetzbar und geeignet für Untermessungen in Industrie, Geschäftshäusern sowie öffentlichen Bauten.

Serienmässig ist jeder Zähler mit einem galvanisch getrennten optoelektronischen Impulsausgang für die kWh-Fernerfassung versehen. Mit minimalem Platzbedarf in Postkartengrösse, aufschnappbar auf Profilschienen 35 mm, passt dieser Zähler problemlos in alle Schaltschränke und Verteilungen. Lieferbar sind Zähler für Ein- und Dreiphasenmessung.

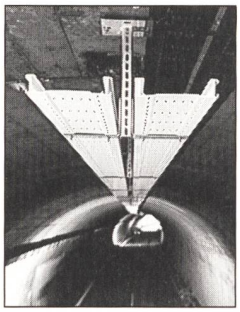
Fordern Sie unverbindlich weitere Informationen an.

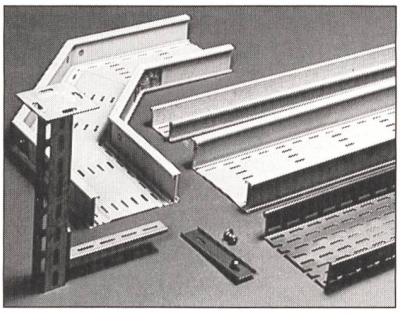
Die Zähler sind auch im Grosshandel erhältlich.

RAUSCHER&STOECKLIN AG
CH-4450 SISSACH
ELEKTROTECHNIK
TELEFON 061/971 34 66
TELEFAX 061/971 38 58

RAUSCHER
STOECKLIN

BIDER & MERZ





LANZ Kabelbahnen aus Polyester und aus rostfreiem Stahl

Das innen und aussen einsetzbare Schweizer Kabelträgersystem für grosse Kabellasten und maximale Wetter-, UV- und Korrosionsbeständigkeit. Brandkennziffer 5.3. Halogenfrei. Für chemische Industrie, unterirdische Bauten, Bahn- und Strassentunnel, Brücken, Aussenanlagen etc. etc.

- **Bahnen von 6 m Länge erlauben grosse Abhängedistanzen und rasche Montage**
- **Statisch gut ausgebildete Stützen und Konsolen ermöglichen platzsparende, vibrationsresistente Trassenführung an Wänden, Decken, Steigzonen**
- **Eigenproduktion sichert sofortige Lieferung, auch bei Sondermassen. Rufen Sie uns an.**

lanz oensingen 062/78 21 21 Fax 062/76 31 79

☐ **Die LANZ Kabelbahnen aus Polyester und aus rostfreiem Stahl interessieren mich! Bitte Unterlagen.**

☐ **Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!**

Name/Adresse/Tel.: _____

12

lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen · Telefon 062 78 21 21

Fribos

STAHL

Im Explosionsschutz kennen wir uns aus

Explosionsgeschützte

- Leuchten
- Installationsgeräte
- Befehlsgeräte
- Meldegeräte
- Steuerungen
- MSR-Geräte
- Feldmultiplexer

Fribos AG, Muttenzerstrasse 125
CH-4133 Pratteln 2, Telefon 061 821 41 41, Fax 061 821 41 53

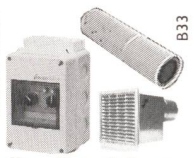
ANSON liefert

Bad/WC-Venti MAICO PRO mit Mehrjahresgarantie

für Mehrfamilienhäuser und Siedlungen. Top-Qualität. 3 Jahre Vollgarantie. MAICO PRO 220 V nur 13 W 85 m^3/h IP 44 Schutzklasse II. Motor für Dauerbetrieb ausgelegt, wartungsfrei. Weiss, auf Wunsch auch in allen NCS-Farben. — Wählen Sie für MFH und Siedlungen MAICO PRO — die neue Ventilatorengeneration mit Mehrjahresgarantie von: ANSON ZÜRICH

ANSON AG 01/461 11 11
8055 Zürich Friesenbergstrasse 108

ANSON liefert B33

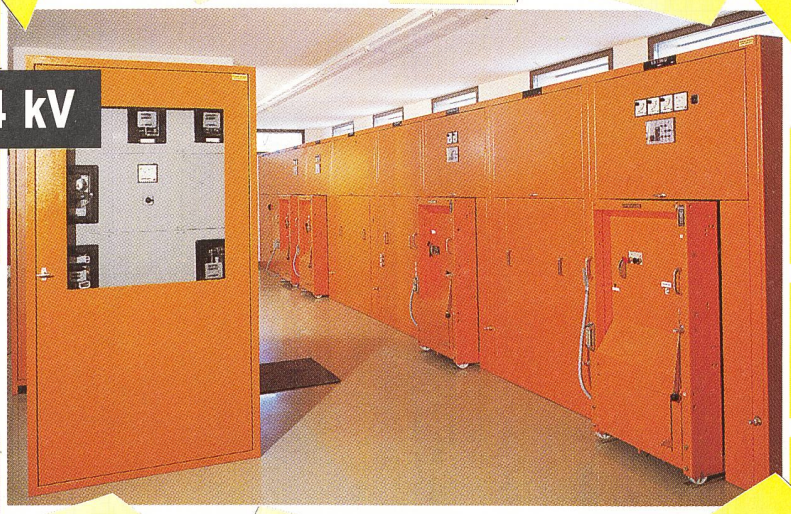


alles Zubehör zu den Ventilatoren

Schalter, Steuerungen, Lüftungsrohre, Briden, Mauer- und Dachdurchführungen, Klappen, Wetterschutzgitter etc. für saubere, rationelle Montagen. Fragen Sie:

. . . wählen Sie MAICO PRO!

Normblockzellen 24 kV



Standardisiert
500 und 750 MVA.

Kundenspezifisch
ausbaubar.

I. Huser AG • Busswil

572 Busswil TG, Tel. 073-23 46 46, Fax 073-23 65 45

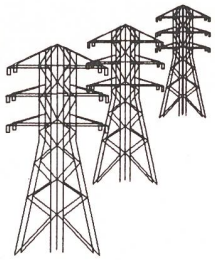
Elektrobau

ZET

ZIMMERLI ENERGIE - TECHNIK

Schutzsysteme

- Analysen
- Zustandsaufnahmen
- Einstellungen
- Inbetriebsetzung



- Prüfung mit mobiler Messanlagen für:
  - Generatoren
  - Transformatoren
  - Schaltanlagen

Dienstleistungen

- Projektleitung
- Projektierung
- Beratung
- Bewertung/Expertisen
- Machbarkeitsstudien
- Bestimmung Restlebensdauer technischer Anlagen
- Netzanalysen
- Störanalysen
- Alternativenergien

Büro Poschiavo: 082/5 19 43
Fax: 082/5 19 43

Büro Mühlethal: 062/51 69 51
Fax: 062/51 60 68

Hotline: 077/47 07 80
24-Stunden-Service

Echte Partnerschaft basiert auf eine

Dasselbe gilt für die Führung Ihre

"Gute Produkte zu finden ist nicht das Problem. Die Schwierigkeit besteht darin, diese zu koordinieren und zu integrieren."

Die Frage, wie Produkte, Systeme und Dienstleistungen zu integrieren sind, ist für unsere Kunden von grösster Bedeutung. Das obige Zitat ist echt und oft zu hören. Sie haben es sicher auch schon gehört?

Integration ist entscheidend. Unsere Geräte passen alle in ein Integrationskonzept, das auf erprobter Technologie und umfassender Kenntnis der Funktionalität eines Energienetzes aufbaut.

Unsere Produkte und Systeme können in einem offenen Umfeld arbeiten und lassen sich sowohl mit unseren eigenen Geräten als auch mit Produkten anderer Hersteller integrieren.

Wir haben die Antwort. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, können wir nicht nur

ABB Network Partner

ABB Network Partner AG, CH-5300 Turgi/Schweiz, Telefon +56 - 79 44 55, Fax +56 - 79 23 40.

irksamen Zusammenarbeit.

nergienetzes.

Lieferant von Geräten sein. Wir liefern integrierte Lösungen, die auf einem modularen Produkt/System-Konzept basieren und die auch eine schrittweise Implementierung ermöglichen. Um dies zu erreichen, arbeiten wir eng mit unseren Kunden zusammen – in aller Offenheit – kreieren Lösungen die mehr bringen, sowohl mit neuen als auch mit existierenden Ausrüstungen.

Diesen Ansatz finden Sie bereits in unserem Namen – ABB Network Partner. Betrachten Sie ihn nicht nur als Name. Verstehen Sie ihn als ein Versprechen.

ABB Network Partner AG ist der kompetente Lieferant von Ausrüstungen und Systemlösungen für die umfassende Führung von Energienetzen, einschliesslich Schutz, Steuerung, Überwachung und Telekommunikation – von der Energieerzeugung bis zur Anwendung.

ABB