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: 79 (1988)

Heft: 5

Artikel: Câbles à très haute tension : résumé des Journées internationales sur les "Espoirs et limites d'utilisation des câbles à très haute tension" : EPFL, Lausanne, 3 et 4 novembre 1987

Autor: Chamorel, P.-A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904001

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: 09.12.2025

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

Câbles à très haute tension

Résumé des Journées internationales sur les «Espoirs et limites d'utilisation des câbles à très haute tension», EPFL, Lausanne, 3 et 4 novembre 1987

Organisation:

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

Société Vaudoise des Ingénieurs et des Architectes (SVIA)

Société pour les Techniques de l'Energie de l'ASE (ETG)

Fédération Romande pour l'Energie (FRE)

Buts des journées

Compte tenu de l'accroissement constant de la consommation d'énergie électrique, les systèmes d'approvisionnement doivent être renforcés. Toutefois, il devient de plus en plus difficile de réaliser de nouvelles liaisons. En Suisse, certains milieux ont demandé que le transport soit réalisé à l'aide de câbles souterrains. La question se pose dès lors si cela est possible compte tenu de l'état actuel de la technique.

Adresse de l'auteur

P.-A. Chamorel, Dr ès sc. techn., LRE, Département d'électricité, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 16, chemin de Bellerive, 1007 Lausanne, et *Cl. Rossier,* ing. dipl. EPFL, 1066 Epalinges.

Deux jours durant, près de 200 ingénieurs et représentants des milieux politiques, économiques et écologiques ont parlé, à l'EPFL, de câbles à très haute tension. L'objectif de ces journées, destinées à un large public technique, était de faire le point sur les problèmes posés par la fabrication et l'utilisation de câbles à très haute tension, tant au niveau de la physique du câble qu'à celui de la fiabilité du système complet, tel que le réseau d'interconnexion européen THT. Ces journées, animées par quinze conférenciers particulièrement compétents en la matière, ont été structurées de la façon suivante:

La première journée a été consacrée à la présentation de réalisations en Suisse, en Europe et en Amérique du Nord de liaisons par câbles à très haute tension, avec l'accent sur les problèmes d'installation et d'exploitation de liaisons en antennes et dans les zones urbaines. La seconde journée a été consacrée aux techniques du futur, aux espoirs et aux limites d'utilisation des câbles à très haute tension, notamment pour remplacer partiellement les lignes aériennes d'interconnexion dans les grands réseaux. L'accent a été mis sur les aspects techniques, économiques, écologiques et politiques. Ces journées ont été agrémentées par une exposition des maisons Câbleries BCC, BBC, Daetwyler et Pirelli, et par la présentation de films.

Problèmes actuels

Les deux premiers orateurs (*J.-J. Morf,* EPFL, et *J. Kowal,* EDF) ont introduit ces journées en brossant un tableau général des problèmes techniques et économiques posés par l'insertion de câbles dans un réseau THT. Les contraintes physiques liées à la technologie des câbles, les problèmes de conception, de construction et d'exploitation et la comparaison avec les lignes aériennes ont été mises en évidence en termes généraux. En résumé, les problèmes suivants ont été évoqués:

- l'effet capacitif et la compensation réactive
- les courants induits dans les gaines
- les effets thermiques et les problèmes de refroidissement
- le comportement des câbles dans un réseau en régime perturbé
- les possibilités et les limites du courant continu
- l'utilisation de supraconducteurs
- les problèmes de pose
- les délais de fabrication et de montage
- les problèmes d'exploitation, notamment la fiabilité
- les problèmes de coûts.

Réalisations actuelles

Pour illustrer les aspects évoqués ci-dessus, cinq réalisations importantes par câbles THT terrestres et sous-marins ont été décrites par des responsables respectifs, soit:

- Alimentation de l'île de Vancouver par une liaison 525 kV à 60 Hz, longueur 39 km (*R.G. Foxall,* British Columbia Hydro, CDN) (fig. 1)
- IFA 2000, interconnexion sous-marine ± 270 kV à courant continu reliant la France et l'Angleterre, longueur 70 km (*A. Coustere,* EDF)
- Interconnexion du détroit de Messine 400 kV à 50 Hz reliant l'Italie continentale et la Sicile, longueur 8,6 km (*L. Rebuffat,* ENEL)
- Alimentation de la ville de Vienne par une liaison 380 kV à 50 Hz, longueur 12 km (*A. Zeiller,* Wiener Stadtwerke - EW)
- Traversée de Spreitenbach par une liaison 220 kV à 50 Hz, longueur 2,5 km (*A. Meier,* NOK).

Les conférenciers ont porté l'accent sur les problèmes de pose, d'exploitation et d'entretien. En général, l'exploitation de ces installations est satisfaisante. Toutefois, elles demeurent des exceptions et ont été effectuées dans des zones urbaines ou pour des traversées de bras de mer, lorsque les liaisons aériennes n'étaient absolument pas réalisables.

Pour conclure la première journée sur les réalisations actuelles, *L. Veuve* de l'EPFL a traité des impacts techniques, économiques, sociaux et environnementaux. Deux questions essentielles sont à examiner:

- Comment concevoir une installation qui minimise le problème des impacts sur l'environnement (processus technique)?
- Comment s'établissent les priorités à donner entre les exigences de coût-efficacité, de sécurité et de protection de l'environnement (processus politique)?

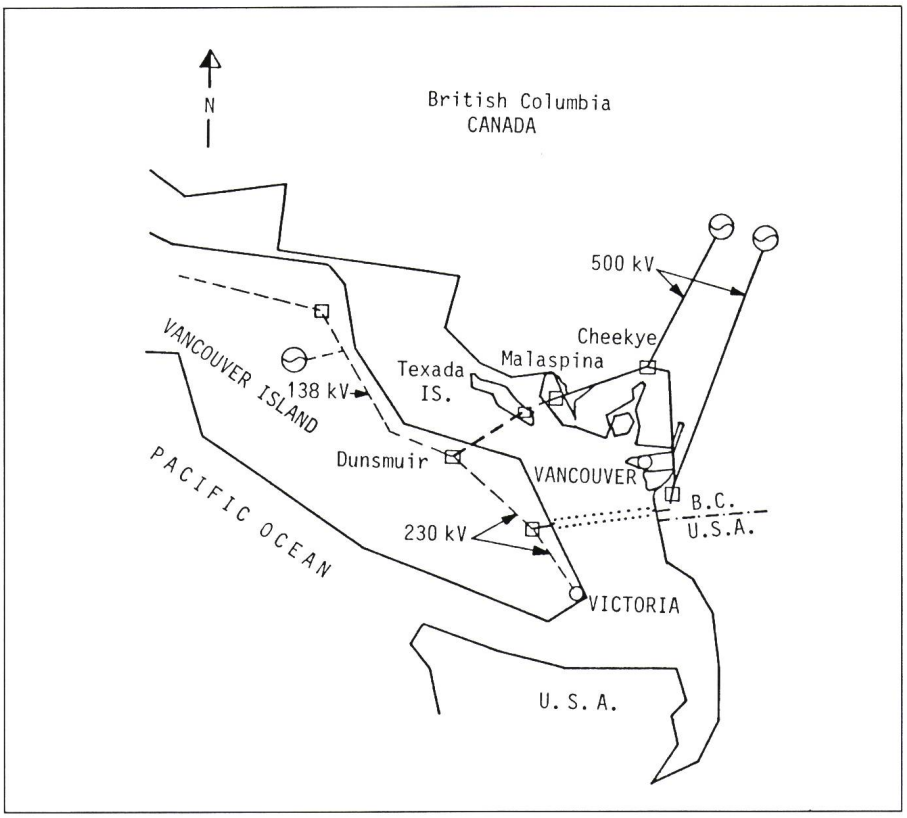

Figure 1 L'alimentation de l'île de Vancouver par câbles 500 kV, 60 Hz

--------- câbles sous-marins 500 kV
..... câbles sous-marins cc +260/-280 kV
– – – – – câbles sous-marins 138 kV

L. Veuve a insisté sur le processus d'analyse et de décision qui doit impliquer toutes les parties intéressées dès le début d'un projet. Le processus est aussi important que le produit fini. Le public sera enclin à faire confiance au résultat issu d'une concertation entre les parties intéressées et se montrera méfiant si le produit établi est issu d'un processus fermé (monopole).

Possibilités futures – aspects systèmes

La seconde journée a été introduite par deux conférenciers qui ont traité des aspects du réseau comportant des câbles THT, et non du câble en qualité d'objet. *P. Desponds,* EOS, a rappelé les quatre principes du dernier projet d'article constitutionnel sur l'énergie, soit:

- approvisionnement suffisant et sûr
- coût raisonnable
- respect de l'environnement
- emploi économique et rationnel de l'énergie.

Des comparaisons câbles–lignes aériennes ont été établies en vertu des principes ci-dessus. En conclusion, la ligne aérienne est une technologie simple et légère. De plus, son démantèlement ne laisse aucune cicatrice dans le paysage. Par contre, les liaisons souterraines représentent une technologie lourde et complexe, très onéreuse et moins fiable. Elles ne doivent être réservées qu'au cas où une ligne aérienne s'avère une solution réellement impraticable.

A. Germond, EPFL, a effectué un compte rendu des travaux du Symposium CIGRE de Boston sur le «Transport à courant continu et alternatif, interactions et comparaisons». Cette technique est très prometteuse, notamment depuis la baisse des coûts des stations de conversion. Néanmoins, elle demeure, pour l'instant, réservée au transport sur une grande distance terrestre, au transport d'énergie sous-marin et pour relier deux réseaux asynchrones.

Par ailleurs, *A. Germond* a présenté les outils de simulation disponibles à l'EPFL à l'aide d'une étude de cas. Une étude d'un réseau fictif (mais réaliste) comportant des câbles à THT a permis d'illustrer les possibilités et les limites des programmes de calculs. Des analyses du réseau ont été effectuées en régimes permanents, dynamiques et transitoires. Les conclusions de cette étude ont montré qu'aucun problème technique n'est a priori insurmontable. Toutefois, un réseau interconnecté comportant des câbles THT n'offre pas le même degré de fiabilité qu'un réseau totalement aérien. Les techniques du futur, telle la supraconductivité, pourraient modifier ces conclusions.

Possibilités futures – aspects matériels

Cinq conférenciers ont traité des aspects matériels et de leur vision du futur. *C. Terramorsi,* Pirelli France, a présenté en termes accessibles à un large public les problèmes qui limitent actuellement l'emploi des câbles THT et les solutions envisagées dans le futur. Il a évoqué les problèmes d'isolant, d'effet capacitif, d'échauffement, de fiabilité, d'environnement et de coût. L'ensemble de ces problèmes limite actuellement l'utilisation des câbles THT. Il a insisté sur la collaboration entre les câbliers, les installateurs et les exploitants.

B. Capol et *J.-J. Wavre,* des Câbleries BCC, ont brossé un historique de la recherche, du développement et des réalisations au sein des câbleries suisses. Le développement se poursuit dans plusieurs directions, soit dans les câbles à huile, les câbles à isolation sèche, les accessoires et dans le développement de nouvelles méthodes d'essais, de mesure et de contrôle.

L'avenir des liaisons électriques par câble ou tube à isolation gazeuse (CIG, fig. 2) a été traité par *R. Ottischnig,* BBC. De nombreuses comparaisons avec les lignes aériennes et les câbles conventionnels ont été effectuées en termes de construction, de puissance de transport, de compensation du réactif, de la fiabilité des aspects écologiques et des coûts. En conclusion, cette technologie est prédestinée pour le transport des puissances très élevées (1500 à 2000 MVA), où elle devient alors compétitive avec les câbles conventionnels. Les installations blindées sont actuellement réservées aux tronçons de faible longueur (inférieure au km). Pour des longueurs supérieures, de nombreux problèmes doivent être résolus en collaboration avec les exploitants, soit: les problèmes mécaniques, les dispositifs de surveillance, les problèmes de mise à la terre, la protection, la planification d'une fabrication et d'un montage rationnels pour les grands projets.

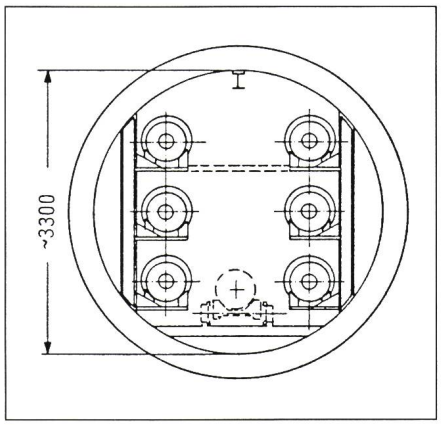

Figure 2 Coupe d'une galerie comportant deux ternes CIG

Pour conclure cette journée sur les possibilités futures, *R.K. Maix*, BBC, a exposé les efforts entrepris dans le domaine de la supraconductivité. Jusqu'au début des années 80, de nombreuses études et tests ont été effectués sur des prototypes de câbles supraconducteurs à haute tension refroidis à l'hélium liquide. Le résultat de cette recherche dans diverses institutions a montré que le seuil de rentabilité de tels câbles se situe à une puissance transmise de 2 à 5 GW. Il se posait par ailleurs de nombreuses questions sur la sécurité de fonctionnement et la durée de vie de telles liaisons comportant des systèmes complexes de réfrigération cryogénique. Ceci a contribué à un ralentissement des activités mondiales dans ce domaine. Cependant, la découverte récente d'une nouvelle classe d'oxydes supraconducteurs présentant des températures critiques de l'ordre de 100 K permet de nouveaux espoirs pour un transport d'énergie fiable et économique.

Table ronde

Une table ronde sur le thème «Le XXIe siècle sans lignes aériennes», animée par *D. Favre* de la Radio Suisse romande, a clôturé ces journées. Des représentants des milieux politiques, économiques, écologiques et techniques ont pris part aux discussions sur la généralisation de nouvelles liaisons à très haute tension au moyen de câbles souterrains. Malgré les divergences d'opinion attendues, l'ensemble des participants à la table ronde se rejoignait pour admettre que le problème n'était pas tellement d'ordre technique mais plutôt d'ordre financier. Il existe plusieurs solutions, mais à quel prix? Une pesée des intérêts doit se faire. La capacité du consommateur à admettre un accroissement des coûts de l'énergie n'a pas pu être établie au vu de la divergence des avis exprimés. Par contre, il est apparu très clairement que la décision finale était du ressort des milieux politiques, compte tenu de l'importance sociale de l'énergie électrique. La fiabilité, la qualité et la disponibilité de l'approvisionnement en énergie ne devraient en aucun cas être réduites. Les fournisseurs d'équipements ont exprimé le souhait que s'établisse une coordination accrue entre les divers milieux concernés afin de préparer dès maintenant les solutions du futur.

Conclusions

Selon plusieurs témoignages reçus, ces journées ont connu un grand succès et ont contribué à informer objectivement le public sur l'état actuel de la technique et les possibilités futures dans le domaine du transport d'énergie électrique. De plus, la possibilité d'échanges d'idées avec des personnalités suisses et étrangères très compétentes en la matière a été fort appréciée par les conférenciers et les participants.

Aktuelle Probleme bei Leistungstransformatoren

Bericht über das Kolloquium des CIGRE Study Committee 12 vom 6.–9. Oktober 1987 in Florenz

An diesem Kolloquium wurden die folgenden Vorzugsthemen behandelt:

1. Verluste in Transformatoren und Drosselspulen; Diskussionsleitung: *R. Beaumont* (AUS)
2. Aspekte der Umweltbelastung durch Transformatoren und Drosselspulen; Diskussionsleitung: *H. Kan* (J)

Ausserdem stand ein Zusatzvortrag über Schäden an netzseitig gespeisten Maschinentransformatoren bei offenem Generatorschalter (Back-feeding condition) von *W.J. McNutt* (USA) im Programm sowie die Berichte der Working Groups.

Adresse der Autoren
G. Schemel, Dr. *J. Kreuzer*, ABB-Sécheron AG, 1211 Genève 21.

1. Verluste in Transformatoren und Drosselspulen

1.1 Verlustbewertung

W.D. Lampe (S) fasste die Einflussgrössen zusammen, von deren richtiger Einschätzung für die Zukunft eine korrekte Verlustbewertung abhängt:

- jährliche Benutzungsdauer
- Energiekosten, die stark ansteigen können, wenn neue Energiequellen erschlossen werden müssen
- zu erwartender Zinsfuss.

Bei Berücksichtigung der Verlustbewertung wird jeweils der Minimalwert folgender Beziehung gesucht:

$$CP = TP + K_0 P_0 + K_k P_k$$

CP	kapitalisierter Preis oder Vergleichspreis
TP	Transformator-Herstellkosten
P_0	Leerlaufverluste
P_k	Lastverluste
K_0	Verlustbewertung von P_0
K_k	Verlustbewertung von P_k

Anhand von Beispielen wurde gezeigt, dass bei steigender Verlustbewertung (K_0, K_k) die Transformatorherstellkosten zwar ebenfalls ansteigen (Auslegung für tiefere Verluste). Der kapitalisierte Preis CP des Transformators liegt wesentlich tiefer als der entsprechende Preis CP des optimalen Transformators bei Nullbewertung (K_0, $K_k = 0$).

Dies ist besonders ausgeprägt bei grossen Maschinentransformatoren mit gleicher Bewertung der Kupfer- und Eisenverluste (Beispiel: Bewertung \$ 5700.–/kW Verlustleistung; die Herstellkosten TP steigen um 33%, der kapitalisierte Preis CP liegt 24% tiefer als jener bei Nullbewertung). Bei Kuppeltransformatoren (z. B. Autoregulier-transformatoren) ist dieser Gewinn weniger spektakulär, nicht zuletzt deshalb, da hier üblicherweise die Leerlaufverluste etwa 3mal höher bewertet werden als die Lastverluste.