

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 37 (1946)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Des prescriptions d'échauffement et de la capacité de surcharge  
**Autor:** Waldvogel, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057327>

### **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:** 24.12.2024

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

ken. Dank der bei der Bauausführung angewendeten Massnahmen, unter anderem des Schliessens der Fugen unter Druck, wirkt die Sperre ausgesprochen als liegendes Gewölbe und ist demzufolge auf der untern Mauerhälfte auch für einen erhöhten Druck ohne weiteres stark genug. Eine Verstärkung ist erst oberhalb der Kote 1870 erforderlich.

Bei der Seeuferegg wird hingegen die Sperrverstärkung auf der ganzen Mauerhöhe ausgeführt werden müssen. Da die bestehende Mauer auf einem Sattel steht, wird der Fuss der Verstärkung tiefer als das jetzige Fundament, stellenweise bis zum Ufer des ehemaligen Grimselseeins, reichen müssen. Die Verstärkung wird auch in Lamellen entsprechend der Fugeneinteilung der bestehenden Mauer erfolgen.

Vorläufig ist eine See-Erhöhung um 14 m angenommen, was einer Vergrösserung des Seeinhaltes auf 145 Millionen m<sup>3</sup> entspricht. Die für die Verstärkung der Staumauern erforderlichen Kubaturen sind relativ gering: 80 000 m<sup>3</sup> für die Spitalamm-sperrre und 140 000 m<sup>3</sup> für die Seeufereggsperrre.

Zur Erhöhung der Kapazität des Grimselsees gehört noch die Zuleitung des Bächlisbaches. Hiezu genügt ein einfacher unverkleideter Stollen unter dem Grat des Juchlistockes. Nach den aus dem Projekt Narutowicz übernommenen Unterlagen erreicht die Stollenlänge rund 1350 m.

Diese Reihenfolge der Ausführung der Etappen weist gegenüber den andern möglichen Kombinationen wesentliche Vorteile auf. Mit dem Kraftwerk Handeck II wird eine neue Energiequelle erschlossen, im Gegensatz zu den andern Etappen, deren Anlagen in erster Linie eine Verschiebung der Sommerproduktion auf den Winter gestatten. Nach Erstellung des Kraftwerkes Handeck II wird die Betriebssicherheit der KWO bedeutend grösser sein, indem das Wasser der Akkumulieranlage wahlweise

über zwei getrennte Anlagen links und rechts des Tales ausgenützt werden kann. Mit ihren 75 000 kW würde die Anlage Handeck II (I. Etappe: 2 Maschinen) nötigenfalls einen wirksamen Ersatz für die Anlage Handeck I bieten.

Die Ausführung der einzelnen Etappen kann unabhängig und ohne gegenseitige Beeinflussung erfolgen, so dass es auch möglich sein wird, die Zusammenlegung von zwei Etappen oder die Inangriffnahme einer Etappe vor der Fertigstellung der vorangehenden in Aussicht zu nehmen.

Die Projektierungsarbeiten für die Anlagen der I. Etappe sind bereits so weit fortgeschritten, dass das Konzessionsprojekt den zuständigen Behörden schon im Laufe dieses Jahres vorgelegt werden kann.

#### IV. Energieproduktion und Baukosten

Nach Fertigstellung der Anlagen wird die gesamte Energieproduktion der KWO in einem Durchschnittsjahr auf ca. 1 100 Millionen kWh ansteigen. Davon entfallen ca. 700 Millionen kWh auf den Winter. Mit dem Zuwachs gegenüber der bisherigen Produktion von 350 Millionen kWh Winterenergie kann zuverlässig gerechnet werden, indem diese Energiemenge zu 91 % von der gewählten Grösse der Akkumulierbecken und nur zu 9 % von dem in engen Grenzen variierenden Winterzufluss abhängt.

Die Baukosten sind auf insgesamt 114 000 000 Fr., Preisbasis 1939, veranschlagt. Wird für die Deckung der jährlichen Betriebskosten ein Ansatz von 7 % der Baukosten in Rechnung gesetzt, so stellt sich der durchschnittliche Preis der Winterenergie, Preisbasis 1939, auf 2,28 Rp./kWh loco Innertkirchen 150 kV. Bei Annahme einer Teuerung von 50 % betragen die Baukosten rund 170 000 000 Fr. und der Preis für die Winterenergie 3,4 Rp./kWh.

Adresse des Autors:

Dr. iur. W. T. Moll, Direktionssekretär der Bernischen Kraftwerke A.-G., Bern.

## Des Prescriptions d'échauffement et de la capacité de surcharge

Par P. Waldvogel, Baden

621.3.017.71

*La limite de température, considérée comme la somme de la limite d'échauffement et de la température de référence, n'est qu'un moyen généralement employé, mais arbitraire, qui permet de comparer des offres entre elles. En réalité, la durée de vie de l'isolement ne dépend pas uniquement de la température, mais aussi du temps écoulé. En pratique, il n'y a pas de «température limite», au sens conventionnel et restreint de ce terme. L'exploitant peut surcharger n'importe quelle machine ou quel transformateur, mais il doit savoir que chaque surcharge diminue la durée de vie de la machine ou du transformateur, dans une mesure qui est fonction de la valeur et de la durée de la charge, mais qui est difficile à déterminer.*

*Die Begriffe Grenzerwärmung + Bezugstemperatur = Grenztemperatur sind nur ein allgemein anerkanntes, wenn auch willkürliches Mittel, um Offerten vergleichen zu können. Die Lebensdauer der Isolation ist jedoch nicht allein eine Funktion der Temperatur, sondern auch der Zeit (Lebensdauerkurven). Im praktischen Betrieb gibt es jedoch keine «Grenztemperatur» im konventionellen, engen Sinn. Der Betriebsleiter kann jede Maschine und jeden Transformator «überlasten»; aber er muss sich bewusst sein, dass jede «Ueberlastung» die Lebensdauer in einem schwer zu bestimmenden Mass in Funktion der Höhe der Belastung und der Belastungsdauer herabsetzt.*

(Traduction)

Toutes les règles nationales pour les machines électriques fixent un échauffement limite qui, combiné avec la limite conventionnelle de la température de l'agent réfrigérant, conduit à la notion de température limite. L'opinion est largement répandue que tout dépassement de cette température limite doit infailliblement entraîner la destruction de l'isolant. Rien n'est plus erroné qu'une telle con-

ception et c'est le but de cet exposé que de la combattre.

Il convient tout d'abord de remarquer que l'action de la température ne peut jamais, à elle seule, détruire un isolant, mais que la durée de la surcharge thermique joue aussi un rôle capital. En d'autres termes, ce qui compte ici, c'est la combinaison des deux facteurs, température et temps, en ce

sens qu'un dépassement modéré de la température limite, qui dure longtemps, peut être plus dangereux qu'une température très élevée, mais de courte durée. — Ainsi s'impose la notion d'une courbe limite, température en fonction du temps, que l'on appelle aussi courbe de vie. Un point situé au-dessus d'une telle courbe caractérise un régime qui amènerait la destruction de l'isolant avant l'expiration du délai correspondant. Au contraire, un point situé au-dessous de la courbe de vie représente un régime dont tout danger est exclu. Dans cette représentation, on attribuerait en quelque sorte à chaque température une durée de vie bien déterminée.

Pour les isolants couramment utilisés et dont la constitution est généralement complexe, les courbes de vie ne suivent nullement une loi naturelle universelle, et échappent à toute loi fondée sur la théorie. Aussi doivent-elles être déterminées par voie expérimentale, ce qui est d'autant moins aisé que le nombre de paramètres influents est très élevé. Seules des mesures effectuées sur des échantillons de matières isolantes simples et selon des procédés bien déterminés, peuvent fournir des résultats sûrs<sup>1)</sup>.

Il est bien manifeste, que la prédétermination du vieillissement d'une machine électrique sur la base de courbes de vie obtenues avec des échantillons, n'est pas chose aisée. Nous ne mentionnerons que quelques-unes de ces nombreuses difficultés.

Dans une machine, la température n'est, contrairement à ce qui se passe dans un échantillon d'essai, nullement répartie uniformément, et les isolants ont la plupart du temps une composition complexe, ou sont pour le moins imprégnés. En outre, le régime pratique de fonctionnement n'est pas forcément comparable à l'essai d'un échantillon, parce que la température ne reste pas constante pendant toute la durée de la charge et parce que les effets de plusieurs charges successives se superposent les uns aux autres, d'une façon plus ou moins compliquée. Enfin, et ce point est de loin le plus important, les machines électriques «vieillissent» et «meurent» par suite des contraintes mécaniques bien plus que thermiques; c'est ainsi que pour l'isolation d'encoche, les dangers qui résultent des efforts mécaniques lors des courts-circuits ou des vibrations et les déplacements consécutifs aux dilatations des barres sont infiniment plus graves que les contraintes thermiques proprement dites. D'ailleurs, ces effets se produisent en général conjointement et simultanément.

Les arguments que nous venons de présenter semblent porter contre la prescription d'une température limite fixe (température conventionnelle de l'agent réfrigérant plus échauffement limite). Cependant, les constructeurs de machines sont, tout comme les exploitants, de l'avis que de telles prescriptions servent au mieux les intérêts de la technique et remplissent pleinement leur but, si seulement elles sont correctement comprises. Nous défendons également ce même point de vue, et cela

sur la base de raisonnements qui éclairent le problème sous un tout autre jour que nous l'avons fait jusqu'ici.

L'exploitant qui a à faire l'acquisition d'une machine ou d'un transformateur veut en général consulter plusieurs constructeurs pour comparer ensuite les différentes offres entre elles, au double point de vue technique et économique. Or, il est bien évident que l'on ne peut comparer que les choses comparables. Aussi le constructeur sera-t-il partisan de tout ce qui peut contribuer à mettre plus de clarté dans l'âpre combat que se livrent les concurrents. A ce titre il appréciera tout particulièrement une prescription d'échauffement simple et nette, car, en son absence, comment pourrait-on comparer objectivement deux offres qui seraient basées sur des conditions d'échauffement non identiques? C'est pour cette raison que l'élaboration d'une prescription d'échauffement et une définition du régime nominal, reconnues par tous les pays, constituait l'une des tâches essentielles de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI); elle a d'ailleurs été menée à bonne fin, il y a bientôt 20 ans.

Nous sommes par conséquent partisans convaincus et défenseurs résolus des prescriptions conventionnelles d'échauffement, dès l'instant que les exploitants voient en elles un moyen de mettre tous les concurrents sur pied d'égalité. Mais dans l'intérêt même de la technique, nous nous élevons énergiquement contre la notion de «température limite» en régime de marche, car, en pratique, il n'existe effectivement pas de «température limite» au sens strict du terme.

Nous voulons encore consacrer quelques mots à la question de la surcharge thermique admissible pour des machines, transformateurs et appareils en régime pratique de marche. Puisque nous refusons aux températures prescrites tout caractère d'une limite absolue, cela revient à dire que toute machine peut plus ou moins être «surchargée». Tandis que certaines surcharges sont manifestement trop élevées et entraînent infailliblement une destruction prématurée de la machine, beaucoup d'autres appartiennent à la grande catégorie des «surcharges sans échauffement dangereux». Il faut entendre par là, que les machines résistent certainement à de pareilles surcharges. Mais, ce faisant, l'exploitation doit être pleinement conscient du fait qu'une surcharge entraîne nécessairement un vieillissement prématuré de sa machine; ceci résulte directement des vérités physiques exposées au début de ce travail sur la longévité des isolants et ne saurait être changé par aucune garantie de la part du constructeur, si consciencieux soit-il. Sans doute n'est-il généralement pas possible de chiffrer quantitativement le raccourcissement de la vie de la machine, mais, du point de vue qualitatif, il ne saurait être mis en doute. Et c'est précisément pour cette raison que les exploitants doivent prudemment se garder de commander leurs machines et appareils pour une puissance nominale trop faible.

Adresse de l'auteur:

P. Waldvogel, Dr. ès se. techn., Goldwand 27, Ennetbaden.

<sup>1)</sup> Montsinger, V. M.: J. Amer. Inst. Electr. Engrs., Trans. t.49(1930), p. 776; Electr. Engng., Trans. t.58(1939), p. 443.

Imhof, A.: Elektr. Isolierstoffe, p. 148. Zürich, Orell Füssli Verlag, 1946 (voir compte-rendu à la page 285 de ce no.).