

## Incidence économique des pertes en ligne sur le choix de la section des câbles

### [ Economic impact of line losses on the choice of cable section ]

*B. Mutela Mutela, P. Ngonga Sikisama, and D. Mutund Kalej*

Faculté Polytechnique, Unilu, RD Congo

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The choice of a section of power cable is generally the result of examination of two criteria: the criterion of maximum heating at full speed and the criterion of voltage drop compatible with the proper functioning of the controlled devices. But when the rate of use of the cable becomes appreciable, more than a thousand effective hours per year, a new criterion must be considered, it is the criterion of profitability. Under these conditions, the optimum section is obtained by:  $Section(optimum) = I(3\rho r_i p/B)^{1/2} \times 11mm^2$ .

**KEYWORDS:** thermal resistors, transient, total cost, current value of the annuity, rated current, steady state, utilization rate.

**RESUME:** Le choix d'une section de câble de puissance résulte généralement de l'examen de deux critères: le critère d'échauffement maximum en plein régime et le critère de chute de tension compatible avec le bon fonctionnement des appareils commandés. Mais lorsque le taux d'utilisation du câble devient appréciable, supérieur à un millier d'heures efficaces par an, un nouveau critère doit entrer en considération, c'est le critère de rentabilité. Dans ces conditions, la section optimum s'obtient par:  $Section(optimum) = I(3\rho r_i p/B)^{1/2} \times 11mm^2$ .

**MOTS-CLEFS:** Résistances thermiques, régime transitoire, coût global, valeur actuelle de l'annuité, courant nominal, régime stationnaire, régime transitoire, taux d'utilisation.

## 1 INTRODUCTION

Le choix de la section des conducteurs d'un câble de puissance s'effectue généralement en tenant compte de l'échauffement maximum admissible des conducteurs. Cet échauffement résulte d'une part de la puissance dissipée par les pertes et d'autre part des résistances thermiques opposées à cette dissipation.

Dans certains cas bien définis, les normes donnent directement l'intensité maximum en fonction de la section [7], [8], [10], [12]. A partir d'une certaine longueur, la chute de tension admissible pour le bon fonctionnement des appareils d'utilisation constitue un critère plus sévère.

A ces deux critères classiques qui, ensemble fournissent une solution techniquement défendable, nous allons ajouter un troisième d'ordre économique nom moins important pour les utilisateurs: **taux d'utilisation du câble**. Cette question du critère économique s'est posée la sncc qui a acquis une nouvelle usine d'oxygène de 2, 4 mw alimentée en moyenne tension 15kv et dont la facture du courant paraît très élevée par rapport à la consommation même de l'usine. C'est certainement le choix de la section minimum de **95mm<sup>2</sup>** du câble pour cette usine contre la section optimum de **185mm<sup>2</sup>**, section plus grande mais qui réduirait les pertes en ligne et par conséquent la facture de l'énergie dans les mêmes conditions d'exploitation qui serait la cause de cette surfacturation.

Intégrer le taux d'utilisation du câble (nombre d'heures efficaces par an) dans ce choix de façon à minimiser la dépense totale (achat, installation et pertes capitalisées) est donc la problématique de cet article. Dans cette démarche, nous avons supposé le câble en moyenne tension, au papier et enterré à 0, 80m du sol dont la température est de 20°C. La chute de tension à l'extrémité de la ligne et le temps de coupure du disjoncteur restent respectivement dans les normes de 5% et d'une seconde. Ces conditions de pose et d'exploitation respectent les normes pour d'une part la sécurité des usagers et d'autre part pour la garantie de la durée normale de vie des câbles.

## 2 MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

C'est par la recherche documentaire que cet article a été écrit. Par cet article, les utilisateurs et ingénieurs de bureaux d'études sont ainsi informés du critère additionnel de choix optimum de la section optimum des câbles qui s'exprime par:

$$Section_{optimum} = I \sqrt{\frac{3\rho_i p}{B}} \times 1 \text{ mm}^2$$

Cette section est toujours supérieure.

## 3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1 CRITÈRE D'ÉCHAUFFEMENT [9], [11], [13]

A plein régime, le courant nominal est donné par:

$$I_n = \frac{S}{UX\sqrt{3}} \quad [1], [2], [5] \quad (1.1)$$

Où: -  $i_n$ : le courant nominal en ampères;  
-  $s$ : la puissance apparente en va;  
-  $u$ : la tension entre phases de la ligne en volts.

Connaissant le courant nominal  $i_n$ , les normes donnent la section minimum des conducteurs à utiliser.

### 3.2 CRITÈRE DE CHUTE DE TENSION [4], [6], [12]

Lorsque la section minimum des conducteurs connue et le type de câble choisi, les abaques donnent les caractéristiques techniques suivantes du câble: la résistance  $r$  et la réactance  $\omega l$  en ohms/km.

Si en première approximation la correction d'armature est négligée, la chute de tension vaut:

$$\Delta V / km = Ix\sqrt{3}(R \cos \varphi + \omega L \sin \varphi) \quad (2.2)$$

Cette chute de tension par phase s'exprime en volts/km.

On peut facilement calculer la chute de tension sur toute la longueur de la ligne et déterminer en conséquence la chute de tension relative  $\Delta V/V$  par phase et qui doit rester dans les normes (2 à 5%). La détermination de la section se fera donc à partir de la longueur et de la résistance toutes deux connues de la ligne.

### 3.3 INCIDENCE ÉCONOMIQUE DES PERTES EN LIGNE SUR LE CHOIX DE LA SECTION [5]

Pour les cas classiques considérés (câbles tripolaires), l'essentiel des pertes est constitué par l'effet joule dans les conducteurs. L'aspect financier de l'ensemble des dépenses d'installation de la ligne, augmenté du coût des pertes, peut être examiné sous deux angles différents :

A) En fixant une période d'amortissement de n années et un taux d'intérêt r, on peut capitaliser sur la même base, le coût de l'installation et le cumul des pertes pendant la période n.

En appelant  $c_0$  le coût initial de l'installation et p la valeur annuelle des pertes, cette somme se traduit, suivant les termes classiques de l'intérêt composé et des annuités par:

$$C_o(1+r)^n + \frac{P(1+r)^n - 1}{r} \quad (2.3)$$

En tenant compte du facteur  $\left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right]$  donné dans les tables et qui représente la valeur actuelle de l'annuité, (2.3) devient:

$$C_o + P \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right] \quad (2.4)$$

Pour par exemple si  $r = 6\%/an$  pour un amortissement en 20 ans, le coût total devient:  $C_{total} = C_0 + 11p$  (2.5)

Avec  $c_0$ : le coût initial;  
P: valeur annuelle des pertes.

B) Formule de base pour les câbles au papier de 1 à 15kv [3], [10], [11].

Pour ce câble, la courbe des prix unitaires est fonction linéaire de la section s de sorte que le coût total considéré par unité de longueur est donc:

$$(A + BS) + 11 \cdot \frac{3\rho I^2}{S} r_i p \quad (2.6)$$

Avec  $r_i$ : le nombre d'heures efficaces équivalentes en plein régime par an;  
S: la section.  
P: le coût au kwh.

Le minimum s'établit en fonction de s pour la section optimum donnée par:

$$S_{optimum} = I \sqrt{\frac{3\rho r_i p}{B}} \times 11 \quad (2.7)$$

La relation (2.9) est donc la section optimum du câble qui tient compte des conditions d'exploitation, du taux d'utilisation et des conditions de pose du câble.

Cette relation montre bien l'incidence de pertes en ligne sur la section des conducteurs.

#### **4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS**

Le choix rationnel d'une section de câble de puissance doit résulter de l'examen séparé de trois critères qui sont l'échauffement maximum en plein régime, la chute de tension compatible avec le bon fonctionnement des appareils commandés et le minimum de la somme achat, installation et pertes capitalisées. Il y a intérêt pour l'utilisateur de fixer, au cours d'une étude de ligne souterraine, non seulement la puissance à transmettre, mais aussi le taux d'utilisation quand on songe à l'investissement que constitue un complexe d'alimentation en câbles. C'est base de tous ces éléments que la section optimale peut être calculée en utilisant la relation suivante :

$$S_{optimum} = I \sqrt{\frac{3\rho r_i p}{B}} \times 11$$

## REFERENCES

- [1] Auge, Gillion, Hollier - Larousse. (1957). Larousse de poche. Paris: librairie Larousse.
- [2] Christophe Preve, r. J. (février 2007). Guide de conception des réseaux électriques industriels, des transport et distribution.
- [3] Câbles d'énergie. (1984). Catalogue Eupen.
- [4] Fouille a. (1984). Electrotechnique à l'usage des ingénieurs, Tome 1: électromagnétismes, courants alternatifs.. Dunod.
- [5] J.baudux. (1957). Choix rationnel de la section des câbles de puissance. Revue ACEC, vol i.
- [6] Théodore vildi, g. S. (2005). Electrotechnique, 4è Edition. Bruxelles: les entreprises spérika ltée.
- [7] Toni Ilunga et al. (2011). Gestion de l'énergie électrique d'un réseau normal - secours. In STA vol. 3 n°5 - 2011 craa - lubumbashi.
- [8] Laederich G. Et Escudier R. (1967). Alimentations en énergie électrique. Appareils et Installations. Editions Eyrolles. Paris.
- [9] Anonyme. (1966). Exécution et entretien des installations. Règles (normes). Edition de l'union technique de l'électricité. Paris.
- [10] Maurice Magnien (1951); caractéristiques électriques et des câbles. In techniques de l'ingénieur, électricité - électrotechnique. Tome i. Paris vi. Pp d135.1 - 18.
- [11] Domen Ach Louis. (1965). Câbles isolés pour transmission de l'énergie électrique. In techniques de l'ingénieur, électricité. Tome II. Paris vi. Pp d610.1 - 12.
- [12] Kamabu Tsongo. Applications de l'énergie électrique, Unilu.
- [13] Mpande Mabwe. Réseaux électriques, cours.