

Simulation numérique du transfert de chaleur autour d'un système de câbles électriques souterrains à haute tension

M. BERIACHE^a, A. BETTAHAR^b

a. *Laboratoire de Rhéologie et Mécanique, université Hassiba Benbouali, BP 151 Hay Essalem, Chlef (02000), Algérie*

b. *Département de génie mécanique, Faculté de technologie, Université Hassiba Benbouali de Chlef, BP 151, Hay Essalem, Chlef (02000), Algérie*

Résumé:

Les câbles électriques souterrains sont largement utilisés dans les réseaux de transport pour la distribution d'énergie électrique. Au-delà de leur aspect esthétique, ils présentent plusieurs avantages : une bonne sécurité humaine, facilement accessible pour les interventions de maintenance. Lorsque la tension et la puissance électriques atteignent des niveaux élevés avec l'augmentation de la chaleur dissipée, cela rend la structure des câbles plus complexe. Les câbles modernes peuvent fonctionner à des températures supérieures à 100 °C. L'analyse thermique des câbles électriques souterrains est cruciale. En fait, comme le courant admissible dépend principalement de la température de fonctionnement, une évaluation précise de la dissipation de la chaleur à travers les câbles et les sols pour surmonter les différents problèmes rencontrés dans la conception des câbles enterrés, afin de parvenir à une meilleure exploitation des câbles est recommandée. Un calcul thermique des câbles électriques souterrains enfouis dans du béton bitumineux et placés dans des gaines en PEHD (Polyéthylène Haute Densité) est effectué. La bonne exploitation des câbles électriques souterrains est conditionnée par la prédiction de l'impact de l'échauffement sur la température au niveau de la chaussée. Ceci est notre objectif principal. Le type de câble constituant notre système véhicule un courant maximal de 1000 Ampère et produit une énergie de chaleur par effet Joule correspondante à une source de chaleur de 14500 W/m³. Il s'agit de la diffusion de chaleur provenant des câbles électriques de puissance vers la surface du sol, un échantillon rectangulaire de la tranchée remplie est composé de trois couches superposées, de matériaux différents, empilés au-dessus des conduits où les câbles sont placés. Ces derniers sont enfouis deux à deux et positionnés suivant un schéma quadratique, en bas de la tranchée. Le remplissage des tranchées est composé de trois (03) couches superposées horizontales de remblayage, empilées au-dessus du siège des câbles espacés de 50 mm dans les deux directions planes. La distribution de la température dans un sol multicouche entourant un système de quatre cavités cylindriques abritant des câbles souterrains de haute tension est établie pour un régime permanent. Cette étude concerne l'estimation précise des échanges de chaleur au niveau d'un système de câbles souterrains de réseau de distribution électrique en utilisant une méthode numérique de haute précision afin d'évaluer le potentiel d'accroître le courant électrique admissible sans le moindre changement ni d'investissement supplémentaire sur le réseau, ni préjudice sur l'environnement. Nous présentons un modèle mathématique simple et capable de simuler le comportement thermique du système en question. La géométrie réelle du conducteur des câbles est complexe. Pour créer le maillage de calcul, la géométrie réelle du conducteur a été simplifiée puis présentée comme une combinaison de quatre (04) cylindres coaxiaux. Les équations gouvernantes du modèle proposé, sont résolues pour une géométrie relativement complexe à l'aide de la méthode numérique des volumes finis (FVM). Une application plus étendue du modèle CFD (Computational Fluid Dynamics) pour l'analyse de tels systèmes complexes, permettra de mieux comprendre les processus de transfert de chaleur et de fournir des résultats plus précis pour les utilisateurs. Pour prédire la température à la surface du sol, une série de simulations est conduite pour différentes configurations et conditions pour voir leur influence sur la dissipation de chaleur de l'intérieur jusqu'au niveau du sol ainsi que la limite de fonctionnement des câbles. Les résultats obtenus présentent la distribution de température à travers la géométrie de la chaussée. L'écart de température enregistré entre le conducteur dans la gaine et la chaussée est de 19 °C. Ceci dit que la température de la chaussée est à 47 °C et que la température des conducteurs en fonctionnement est à 66 °C dans des conditions estivales très sévères.

La température maximale est au milieu du câble et est considérablement inférieure à celle autorisée (90 °C) pour un fonctionnement en toute sécurité, donc il ya une marge considérable pour accroître sa capacité de courant admissible même en période d'été. D'après les résultats, la chaleur générée par les câbles se dissipe plus efficacement suivant l'axe vertical (Oy) jusqu'à la surface du sol. Cette distribution s'avère dissymétrique à cause de l'alignement à droite des cavités chauffées, ce qui est très normal. En raison de son coefficient de conduction thermique relativement bas, le conduit en matière plastique PEHD, représente une importante résistance thermique pour le refroidissement du câble. Dans un conduit, les résultats des simulations montrent une faible circulation d'air, par conséquent, il y a une faible convection libre d'air. Les résultats montrent que le courant admissible du câble dépend de sa géométrie et de la configuration de l'installation, de la profondeur d'enfouissement et des propriétés physiques du sol. Plus la chaleur est dissipée, plus le courant admissible du câble augmente. Les résultats montrent que le courant admissible du câble diminue avec la profondeur accrue de l'installation du câble sous la surface du sol. Nous avons conclu que le modèle numérique proposé détermine bien la température maximale sur les câbles souterrains dans les conditions de travail les plus défavorables. L'analyse des résultats de simulation CFD montrent que cette technique de calcul offre une bonne précision dans la prédiction des transferts thermiques autour d'un système de câbles souterrains de haute tension en régime permanent et peut donc être utilisée dans l'analyse et la gestion des transports et de la distribution de l'énergie électrique. Enfin, l'application de la technique CFD montre qu'elle pourra s'étendre à l'analyse des transferts thermiques dans les systèmes de câbles électriques souterrains.

Mots clé: Câbles électriques souterrains, béton bitumineux, transfert de chaleur