

## Streszczenie

Niniejsza praca doktorska została poświęcona rozważaniom dotyczącym konfiguracji przestrzennej żył w wielowiązkowej linii kablowej niskiego napięcia mającym na celu znalezienie układu przestrzennego, w którym żyły stanowiące jedną fazę będą obciążały się jednakowo. Oryginalną propozycją autora, nie spotkaną wcześniej w literaturze, jest wykorzystanie w obliczeniach elementów teorii grafów. W celu łatwiejszego zapisu konfiguracji przestrzennej przewodów wykorzystano grafy nieskierowane.

Rozprawa poza częścią definiującą cel pracy oraz zawierającą tezy, a także wstępem stanowiącym rozdział pierwszy, została podzielona na pięć rozdziałów.

W rozdziale drugim przedstawiono podstawy teoretyczne dla rozważanego problemu, między innymi równania Maxwella, a także równania dyfuzji. Opisano wpływ zjawisk zbliżenia i naskórkowości na rozkład prądów płynących w żyłach równoległych.

Kolejny rozdział został poświęcony przedstawieniu zjawiska nierównomiernego obciążenia żył w wielowiązkowej linii kablowej niskiego napięcia, bazując na wykonanych przez autora pomiarach w obiektach rzeczywistych. Na podstawie dostępnej literatury podsumowano aktualny stan wiedzy, opisane zostały również podobne przypadki analizowane na świecie.

W rozdziale czwartym zaprezentowano aspekty teoretyczne dotyczące metody elementów skończonych oraz implementację tej metody w praktyce obliczeniowej. Zbudowano modele numeryczne (analizę elektromagnetyczną oraz analizę sprzężoną – model cieplny) dla rozważanych konfiguracji przestrzennych oraz przyjętych wymuszeń. Dla modelu cieplnego wyznaczono wartość współczynnika konwekcji swobodnej mającego decydujące znaczenie dla poprawności wykonanych obliczeń. Przedstawiono wyniki obliczeń dla modelu sprzężonego dla wybranych konfiguracji przestrzennych przewodów.

Rozdział piąty poświęcony został określeniu optymalnego rozkładu przestrzennego dla układu  $n$  przewodów umieszczonych w powietrzu. W rozważaniach wykorzystano elementy teorii grafów, natomiast do wyznaczania rozptywu prądu w liniach wielowiązkowych trójfazowych wykorzystano metodę uproszczoną wykorzystującą zaproponowane przez autora kryterium, które pozwala na wyselekcjonowanie takich konfiguracji, dla których zminimalizowane zostaną efekty od zjawisk naskórkowości i zbliżenia. W rozdziale przedstawiono wyniki obliczeń, które potwierdzają użyteczność wprowadzonego kryterium.

Zakończenie pracy oraz wnioski końcowe zostały zawarte w rozdziale szóstym.

Arker Gwiński

## Summary

This PhD Dissertation considers the issue of spatial configuration of strands in a low-voltage multi-strand cable line, aimed at search for systems in which strands belonging to a single phase would be loaded uniformly. The original author's proposal, not found before in the literature, is the use of elements of graph theory in calculations. In order to facilitate the analysis of spatial configuration of the strands, non-directed graphs were used.

The dissertation is composed of five fundamental chapters, apart from the excerpt that defines the purpose and theses included in the dissertation as well as introductory remarks in the first chapter.

The second chapter presents theoretical foundations for the considered problem, including Maxwell's equations and diffusion equation. The skin and proximity phenomena are briefly described, taking into account their effect of current distribution in parallel strands.

The next chapter presents the issue of non-uniform load distribution in low-voltage multi-strand cable lines on the basis of real-life measurements carried out by the author himself. On the basis of the available literature, the state-of-the-art knowledge is summed up and similar problems noticed all around the world are described.

The fourth chapter presents theoretical foundations concerning finite element method as well as details on its implementation in computational practice. Numerical models considering coupled electromagnetic and thermal phenomena were developed for the considered spatial configurations and prescribed excitation signals. For the thermal model, the value of free convection coefficient, which is crucial for the correctness of the computations was determined. The results of computations for the coupled model for selected spatial configurations of the strands were presented.

The fifth chapter is devoted to determination of optimal spatial configuration for the system of  $n$  wires placed in the air. In the considerations the elements of graph theory were used, whereas for determination of current distribution in multi-strand three-phase systems a simplified approach based on the criterion developed by the author was used. The criterion makes it possible to select those configurations, for which the effects from skin and proximity phenomena are minimized. In the chapter the results of computations proving the usefulness of the introduced criterion were also provided.

The final conclusions and remarks are included in chapter six.

Asker Cywinski