

Optimisation Topologique basée sur la Méthode M-SIMP pour la Conception Optimale de Circuits Électromagnétiques

Satafa SANOGO

Université de Limoges, DMI (XLIM UMR CNRS 7252), F-87060, France

Frédéric MESSINE

Carole HÉNAUX

Université de Toulouse, GREM3 (LAPLACE UMR CNRS 5213), F-31071, France

Mots-clefs : Optimisation Topologique, Problème Inverse, Analyse de Sensibilité, Méthode de la Variable Adjointe, Méthode M-SIMP, MINLP, Circuit Électromagnétique, Propulseurs Électrique à effet Hall.

Cet article présente une nouvelle méthode d'optimisation topologique basée sur l'approche de densité de matériaux [1] appelée M-SIMP (Mixed Solid Isotropic Material with Penalization). Cette méthode développée pour le design optimal des circuits électromagnétiques des Propulseurs à Effet Hall (PEHs) est basée sur la distribution des sources de champ magnétique et de matériaux ferromagnétiques dans un espace géométrique donné [2]. Le problème de conception à résoudre est un problème inverse d'électromagnétisme que nous formulons sous la forme de MINLP (Mixed Integer Non Linear Programming); où les variables de conception sont les valeurs de densités de courant (qui sont continues) et les propriétés des matériaux (qui sont discrètes). Ce problème est assujéti à des contraintes EDPs qui sont des équations de Maxwell. A cela s'ajoutent des contraintes telles que l'imposition de topologies du champ magnétique (très spécifiques) dans l'entrefer du circuit et une valeur limite sur le poids/volume du dispositif. Les modèles d'optimisation mathématiques obtenus sont très difficiles à résoudre car ils sont malposés au sens de Hadamard. En particulier, l'existence de solutions exactes pour ces problèmes inverses n'est pas garantie [2].

Dans le module d'optimisation numérique, ce sont des algorithmes de descente de type gradient qui sont utilisés. En effet, ces algorithmes sont efficaces sur des problèmes d'optimisation de grande taille (comme notre problème de conception où la taille dépasse la centaine de variables). Ainsi, une information au moins du premier ordre du problème devient capitale. Dans les problèmes de design optimal considérés, la dérivée du critère prend la forme de la sensibilité du problème de conception par rapport aux paramètres/variables de conception (aussi appelée gradient topologique) et est calculée analytiquement par une approche dite de la variable adjointe (technique généralement utilisée en théorie de contrôle optimal) [1, 2].

Des exemples d'application sur le design de circuits électromagnétiques de PEHs sont présentés afin de valider notre approche M-SIMP d'optimisation topologique. Ces résolutions numériques sont effectuées à l'aide d'un code efficace et robuste appelé ATOP (Algorithm To Optimize Propulsion) que nous avons élaboré pour la configuration topologique des PEHs par la résolution de problème inverse [2].

Références

- [1] M. P. BENDSØE, O. SIGMUND, *Topology Optimization Theory, Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2003.
- [2] S. SANOGO, *Conception Optimale de Circuits Magnétiques dédiés à la Propulsion Électrique Spatiale par des Méthodes d'Optimisation Topologique*, Thèse de doctorat, laboratoire LAPLACE, Université Toulouse III Paul Sabatier, Février 2016 (date provisoire).