

Fiche de projet de recherche

Structure : Division Caractérisation et Instrumentation

Equipe : Etude théorique et expérimentale des transformateurs de tension piézo-électriques.

Intitulé du projet : Transformateurs piézo-électriques

Résumé :

Le phénomène de la piézoélectricité représente un lien entre deux vastes domaines de la physique que sont l'électromagnétisme et l'acoustique. Il permet une action sur l'état mécanique d'une structure par l'application d'un champ électrique ou vice versa. Il y a une soixantaine d'années, la piézoélectricité s'est placée dans un champ d'application riche en perspectives qui est celui de l'électronique de faible puissance. Il s'agit des transformateurs piézoélectriques de tension dont le principe repose sur l'utilisation combinée des effets inverse et direct de la piézoélectricité, et dont le principal atout est la possibilité de miniaturisation des systèmes. De taille millimétrique, leur permettant d'être intégrés dans les appareils électroniques mobiles ou embarqués (caméras, téléphones mobiles, écrans plats, etc.), les transformateurs piézoélectriques jouissent en outre d'un certain nombre d'avantages, en comparaison de leurs homologues électromagnétiques: un poids léger (quelques grammes dans un volume de moins de 1 cm^3), opérant dans une large gamme de fréquences (de 1 kHz à 1 MHz), un gain en tension pouvant atteindre 1000 avec une densité de puissance comprise entre 10 et 100 W/cm^3 . En outre, ils ne génèrent aucun bruit magnétique, et présentent une très bonne immunité aux perturbations électromagnétiques. Enfin, ils offrent une excellente isolation galvanique, avec des tensions d'isolation primaire-secondaire de l'ordre de 5kV.

Le premier transformateur piézoélectrique, alors élévateur de tension électrique, fut conçu dans les années 50 par Rosen à partir d'un barreau de titanate de barium (BaTiO_3) [Ros56]. Mais ce n'est qu'avec le développement qu'ont connu les céramiques industrielles telles que le titanate de plomb (PbTiO_3), le titano-zirconate de plomb (PZT) que ce domaine a suscité à nouveau l'intérêt des scientifiques. De nouvelles architectures furent proposées et leur champ d'application s'est élargi. Actuellement, on assiste à un regain d'intérêt pour les transformateurs piézoélectriques. Ils sont en plein essor et leur développement ne cesse de croître, offrant des performances de plus en plus intéressantes, notamment en termes de gain et de puissance.

La conception d'un transformateur piézoélectrique passe d'abord par le choix d'une structure, par sa modélisation permettant, en réponse à un cahier des charges, le dimensionnement géométrique et la sélection d'un matériau piézoélectrique, suivi de la fabrication du prototype, pour finir enfin par la détermination expérimentale de ses performances (gain, rendement, puissance).

Les principales caractéristiques électriques et mécaniques des transformateurs sont à étudier, notamment, le gain en tension, la puissance fournie à la charge, le rendement, les déplacements. Ce travail a été mené dans le cadre d'une formation en Doctorat, spécialité Physique des Matériaux à la Faculté de Physique de l'USTHB (Algérie), et en collaboration avec le laboratoire GREMAN au sein de l'INSA Centre Val de Loire (France). L'objectif de ce travail de thèse est l'étude du transformateur piézoélectrique de Rosen par un modèle analytique 1D reposant sur un minimum d'hypothèses. Les résultats de simulation ainsi obtenus ont été comparés aux mesures expérimentales effectuées sur 8 échantillons, afin de vérifier la validité des hypothèses du modèle, et d'étudier l'influence des paramètres géométriques et physiques des échantillons sur les performances du transformateur.

Mots clés : Transformateurs, piézoélectricité, modélisation 1D, modélisation 3D, conception, élaboration, miniaturisation, optimisation...