**Titre de la thèse**

TRANSFORMATEURS DE MESURE IMMERGES HAUTE TENSION : NOUVEAUX MATERIAUX ISOLANTS ET DIAGNOSTIC

**Résumé français**

Les transformateurs de mesure sont des appareillages utilisés en haute tension qui jouent un rôle d’abaisseur de tension et/ou de courant pour des fonctions de mesure ou de protection du réseau. Ces appareils sont majoritairement isolés à l’huile et au papier. Les données relatives au vieillissement de ces appareillages sont relativement faibles en comparaison avec d’autres types de transformateurs comme les transformateurs de puissance. Cependant, des cas de défaillances sont parfois observés sur ce type de transformateur, provoquant généralement une explosion conduisant à la destruction de ce dernier et l’endommagement des équipements environnants, présentant ainsi un danger potentiel pour toute personne à proximité. Aussi, le type d’huile actuellement utilisé de façon très majoritaire est l’huile minérale, dérivée du pétrole et donc produit non-biodégradable, non renouvelable et facilement inflammable.

C’est dans ce cadre que s’inscrit cette thèse. Elle porte principalement sur la recherche et l’étude de matériaux isolants alternatifs biodégradables et/ou plus sécuritaires vis-à-vis du risque de feu en comparaison aux huiles minérales, et l’optimisation des méthodes de diagnostic des systèmes d’isolation papier/huile des transformateurs de mesures à travers l’huile.

Ce travail a permis de montrer que : (1) les hydrocarbures biodégradables présentent des caractéristiques similaires aux huiles minérales du point de vue du vieillissement thermique tout en facilitant l’étape d’imprégnation du papier par l’huile, (2) les liquides esters permettent d’augmenter la durée de vie de l’isolation papier, cependant, leur plus grande viscosité rallonge l’étape d’imprégnation du papier et (3) les gels silicones sont également une alternative envisageable; les tests réalisés indiquent que la tenue diélectrique de ce matériau est conforme à ce qui est attendu pour l’application avec une expansion thermique légèrement supérieure à celle des huiles minérales.

Enfin, l’optimisation du diagnostic à travers l’huile vise à améliorer les techniques de diagnostic et permettre à terme de mieux anticiper les cas de défaillance et d’éviter l’explosion des appareillages, et pérenniser ainsi le matériel existant. Les essais réalisés avec le furfural et le méthanol semblent indiquer une bonne corrélation avec la dégradation du papier. L’apport de l’analyse infrarouge au diagnostic est plus limité. Cette technique s’est révélée cependant particulièrement intéressante pour l’étude des phénomènes de transestérification du papier en présence d’esters.

**Résumé anglais**

Instruments Transformers (ITR) are high voltage electrical apparatus. They have a measuring and/or protecting function on the electrical network by decreasing current and/or voltage. ITR are mainly oil-filled. The data related to the aging of these devices are relatively low in comparison with other types of transformers such as power transformers (PTR). However, cases of failures are sometimes observed on this type of transformer (ITR), generally causing an explosion leading to the destruction of the latter and the damage of the surrounding equipment, thus presenting a potential danger for anyone nearby. In addition, the main insulating oil used in ITR are mineral oil. The mineral oils are petrol derivatives and thus not biodegradable, not renewable and easily flammable.

The aim of this study is the optimization of the oil-filled ITR’s insulation. The project is divided in two parts: alternative insulating materials and oil diagnosis. The alternative insulating materials part is focused on the study of other materials that could be biodegradable and/or having a better fire resistance compared to mineral oil. This thesis work has shown that: (1) biodegradable hydrocarbons have characteristics similar to mineral oils from the point of view of thermal aging while facilitating the step of impregnating the paper with the oil, (2) the ester liquids make it possible to increase the life of paper insulation, however, their greater viscosity lengthens the impregnation step of the paper and (3) silicone gels are also a possible alternative; the tests carried out indicate that the dielectric strength of this material complies with what is expected for the application with a thermal expansion slightly greater than that of mineral oils.

Finally, the optimization of diagnostics through oil aims to improve diagnostic techniques and ultimately make it possible to better anticipate cases of failure and avoid the explosion of equipment, and thus make existing equipment durable. The tests carried out with furfural and methanol seem to indicate a good correlation with the degradation of the paper. The contribution of infrared analysis to diagnosis is more limited. However, this technique has proved to be particularly interesting for the study of the phenomena of transesterification of paper in the presence of esters.