

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **16 octobre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Madame Claire ROCHEFORT**

Titre de la thèse : Analyse du vieillissement, estimation de la durée de vie et méthode de surveillance de l'état de santé des condensateurs à film métallisé.

Résumé



Très largement utilisés, les condensateurs à films métallisés sont une cause commune de panne des systèmes d'électronique de puissance. Leur défaillance peut engendrer des risques d'explosion et d'incendie. Outre l'enjeu de sécurité, l'étude des défaillances est justifiée par les enjeux économiques relatifs à la maintenance des systèmes. L'objectif est de prédire l'évolution du vieillissement pour estimer la durée de vie utile restante et d'anticiper les pannes soudaines. A ce jour, les lois de vieillissement les plus utilisées nécessitent d'effectuer préalablement des essais de vieillissement accéléré afin d'identifier leurs paramètres et de permettre leur extrapolation. Ces paramètres varient grandement selon les différentes séries de condensateurs et leurs fabricants. Ces lois sont donc coûteuses à exploiter et non robustes. D'autres lois sont basées sur des processus stochastiques ou sur les mécanismes de défaillance. Il reste cependant à évaluer leur robustesse et leur portée prédictive. Enfin, si des dispositifs sont mis en place pour diminuer l'occurrence des défaillances catalectiques et leurs impacts, des accidents subsistent. Il reste nécessaire de prévenir ce type de défaillance catalectique indépendamment des spécificités internes et de l'historique du condensateur. Afin de répondre à ces problématiques, des travaux ont été menés en collaboration avec Schneider Electric dans le cadre d'un contrat CIFRE. Plusieurs essais de vieillissement accéléré ont été effectués sur un total de 111 condensateurs provenant de fabricants différents. Une première campagne de test s'est focalisée sur un vieillissement dans des conditions fixes en tension alternative et en température. La seconde a ajouté la contrainte de l'humidité. Des analyses post-mortem ont montré que les différentes campagnes de vieillissement conduisaient à la prévalence d'un type de mécanisme de défaillance spécifique. La première campagne a mis en évidence les effets des auto-cicatrisations et la seconde, ceux de la corrosion. Grâce à ces résultats, des modélisations de l'évolution de la capacité selon ces deux mécanismes ont pu être établies. Ces

dernières ont été validées par les données au regard de lois existantes. Une première modélisation de la dégradation de la résistance de métallisation sous l'effet d'auto-cicatrisations a également été proposée. En parallèle, un grand nombre d'emballements thermiques de condensateurs ont pu être constatés. Grâce à des relevés d'indicateurs de santé, mesurés en temps réel, une étude approfondie du processus a pu être réalisée. Des signes précurseurs du claquage thermique ont été mis en évidence. Il devient ainsi possible de détecter précocement les emballements et d'agir pour prévenir leurs dégâts. Sur ce principe, une méthode générique de prévention des risques de claquages thermiques a été proposée. Sa faisabilité a été démontrée et évaluée expérimentalement.

Mots-clés : Condensateurs à films métallisés, loi de vieillissement, estimation de l'état de santé, durée de vie utile restante, maintenance prévisionnelle, mécanisme de défaillance