

## Estimation de l'effet de la combinaison des contraintes thermique et d'humidité sur la durée de vie des modules IGBT

**Mots clés :** H<sup>3</sup>TRB, durée de vie IGBT, cyclage thermique

### Contexte

Les modules de puissance (IGBT et MOSFET) sont le cœur des convertisseurs électroniques de puissance. La fiabilité de ces modules de puissance est principalement estimée à travers des modèles de durée de vie empiriques réalisés à partir de larges bases de données issues de tests de cyclage accélérés[1]. Ces tests consistent en l'amplification de la contrainte par rapport aux conditions normales de fonctionnement du module afin d'en accélérer les mécanismes de dégradation suivie d'une extrapolation vers les faibles contraintes pour estimer la durée de vie du module. Les contraintes usuellement prises en compte sont les contraintes thermiques dues à l'environnement (cyclage passif) ou bien issues de l'auto-échauffement des puces actives pendant les phases de commutation (cyclage actif)[2][3][4]. Or, le module dans son environnement applicatif (domaines des transports, énergies renouvelables, ...) est également soumis à un stress électrochimique causé par l'humidité de l'environnement. Des tests de polarisation inverse à haute humidité et haute température (H3TRB) sont réalisés indépendamment des tests sous cyclage thermique[5]. Néanmoins, une interaction des deux types de stress est possible et peut provoquer une réduction de la durée de vie des modules[6], [7]. Une analyse approfondie de l'effet de l'humidité sur les indicateurs de vieillissement habituellement considérés lors des tests de vieillissement accélérés ( $V_{CE}$ ,  $R_{DS}$ , courant de fuite,...) doit être réalisée dans un premier temps. Dans un second temps, l'effet de la combinaison des contraintes humidité et cyclage thermique est indispensable pour se rapprocher au mieux des contraintes réelles que les modules de puissance subissent et ainsi développer des modèles de durée de vie plus précis.

### Objectifs du stage

L'objectif de ce stage est de réaliser des tests expérimentaux afin de valider une méthodologie d'évaluation de l'effet de la combinaison du stress imposé par l'humidité et de la variation de la température sur la durée de vie des modules IGBT. Les tests seront réalisés sous une enceinte climatique à humidité contrôlée.

Étapes proposées pour le déroulement du stage :

- Étude bibliographique et prise en main du banc de test
- Définition de profils de missions en humidité et température
- Mesures des grandeurs électriques sensibles
- Proposer et valider un protocole expérimental pour l'estimation de l'effet de la combinaison de l'humidité et de la température sur la durée de vie des modules IGBTs.

**Equipe d'accueil :** Le stage se déroulera à SuperGrid Institute (Lyon) au sein de l'équipe *Convertisseurs et Electronique de Puissance* avec un accueil ponctuel au laboratoire SATIE (ENS Paris Saclay).

**Durée du stage :** 5-6 mois

**Gratification :** 1100 € /mois

**Possibilité de poursuite en thèse :** Oui

**Contact :**

Mounira BOUARROUDJ : [mounira.berkani@ens-paris-saclay.fr](mailto:mounira.berkani@ens-paris-saclay.fr)

**Niveau et compétences souhaitées :**

- Formation ingénieur ou master dans le domaine de l'EEA.

- Des compétences sont attendues en Électronique de Puissance, mesures et instrumentation, fiabilité des composants de puissance.

### Références bibliographiques

- [1] R. Bayerer, T. Herrmann, T. Licht, J. Lutz, and M. Feller, "Model for power cycling lifetime of IGBT Modules ? Various factors influencing lifetime," *2008 5th Int. Conf. Integr. Power Syst. CIPS 2008*, 2008.
- [2] al Joseph, Lutz; et, "Power cycling induced failure mechanisms in the viewpoint of rough temperature environment," in *5th international conference of integrated power electronic systems*, 2008, pp. 55–58.
- [3] J. Lutz, H. Schlangenotto, U. Scheuermann, and R. De Doncker, *Semiconductor power devices: Physics, characteristics, reliability*. 2018. doi: 10.1007/978-3-319-70917-8.
- [4] C. Durand, M. Klingler, D. Coutellier, and H. Naceur, "Power Cycling Reliability of Power Module: A Survey," *IEEE Trans. Device Mater. Reliab.*, vol. 16, no. 1, pp. 80–97, 2016, doi: 10.1109/TDMR.2016.2516044.
- [5] C. Zorn and N. Kaminski, "Temperature humidity bias (THB) testing on IGBT modules at high bias levels," *CIPS 2014 - 8th Int. Conf. Integr. Power Electron. Syst. Proc.*, pp. 25–27, 2014.
- [6] H. T. Deng, J. L. Meng, D. B. Wang, and W. Zhang, "Breakdown voltage impact on lifetime of 1200V IGBT modules under H3TRB-HVDC testing," *Proc. Int. Symp. Phys. Fail. Anal. Integr. Circuits, IPFA*, no. 10, 2019, doi: 10.1109/IPFA47161.2019.8984824.
- [7] F. Hoffmann, N. Kaminski, and S. Schmitt, "Investigation on the Impact of Environmental Stress on the Thermo-Mechanical Reliability of IGBTs by Means of Consecutive H3TRB and PCT Testing," *Proc. Int. Symp. Power Semicond. Devices ICs*, vol. 2021-May, pp. 371–374, 2021, doi: 10.23919/ISPSD50666.2021.9452227.