

Détection du vieillissement des transistors IGBT par des techniques de dynamic time warping et de regression des processus gaussiens

François Auger, francois.auger@univ-nantes.fr

Le vieillissement des modules IGBT et les défaillances qui en résultent sont principalement causés par des contraintes thermomécaniques. Les points faibles d'un module IGBT en termes de vieillissement sont les fils de liaison, la métallisation de l'émetteur, la soudure de la puce et la soudure du substrat. Dans la littérature, les principaux processus de vieillissement des modules IGBT ont été couramment surveillés à l'aide des paramètres électriques et thermiques des modules IGBT. Par exemple, la tension collecteur-émetteur à l'état passant V_{CE} , on a souvent été utilisée pour surveiller l'état des fils de liaison et de la métallisation de l'émetteur ; tandis que la résistance thermique de la jonction au boîtier $R_{th,JB}$ a souvent été utilisée pour surveiller l'état des couches de soudure. La méthode consistant à utiliser V_{CE} , on nécessite toutefois un circuit complexe et coûteux pour détecter les dérives en millivolts de V_{CE} , on par rapport à une tension collecteur-émetteur V_{CE} , qui varie de plusieurs volts à des centaines de volts pendant le fonctionnement de l'IGBT. La détection du vieillissement de la soudure nécessite la mesure d'un paramètre électrique sensible à la température, par exemple la tension collecteur-émetteur de saturation $V_{CE,sat}$, afin d'estimer la température de jonction T_J , qui est ensuite utilisée pour calculer les variations de $R_{th,JB}$.

Bien que les processus de vieillissement des modules IGBT soient principalement dus à des contraintes thermiques et entraînent des changements dans la production de chaleur et les températures des modules IGBT, les paramètres thermiques ont rarement été utilisés comme précurseurs pour le contrôle du vieillissement des modules IGBT. Cela est dû en partie à la difficulté d'obtenir des informations précises sur certains paramètres thermiques importants, tels que la température de jonction T_J , pendant le fonctionnement et le vieillissement des modules IGBT. Ainsi, dans cette étude, nous allons développer dans le premier chapitre les mécanismes de dégradation des interrupteurs IGBT et faire l'état de l'art sur les techniques de détection du vieillissement des IGBT. Dans la deuxième partie, nous présenterons la méthode Dynamic Time Warping et la technique de régression des processus gaussiens.

Ce sujet est proposé dans le cadre du projet DC-architect du PEPR TASE, et peut être poursuivi par un doctorant.

The aging of IGBT modules and the resulting failures are mainly caused by thermomechanical stresses. The weak points of an IGBT module in terms of aging are the bond wires, emitter metallization, chip soldering and substrate soldering. In the literature, the main aging processes of IGBT modules have been commonly monitored using the electrical and thermal parameters of IGBT modules. For example, the on-state collector-emitter voltage $V_{CE,on}$ has often been used to monitor the condition of the bond wires and emitter metallization; while the thermal resistance of the junction to the package R_{thJB} has often been used to monitor the condition of the solder layers. The $V_{CE,on}$ method, however, requires a complex and expensive circuit to detect millivolt drifts of $V_{CE,on}$ with respect to a collector-emitter voltage V_{CE} , which varies from several volts to hundreds of volts during IGBT operation. Detecting solder aging requires the measurement of a temperature-sensitive electrical parameter, such as the saturation collector-emitter voltage $V_{CE,sat}$, in order to estimate the junction temperature T_J , which is then used to calculate variations in R_{thJB} .

Although aging processes in IGBT modules are mainly due to thermal stresses and result in changes in heat generation and IGBT module temperatures, thermal parameters have rarely been used as precursors for IGBT module aging control. This is partly due to the difficulty of obtaining accurate information on certain important thermal parameters, such as junction temperature T_J , during the operation and aging of IGBT modules. In the first chapter of this study, we will therefore describe the degradation mechanisms of IGBT switches, and review the state of the art in IGBT aging detection techniques. In the second part, we present the Dynamic Time Warping method and the Gaussian process regression technique.

This topic is proposed as part of PEPR TASE's DC-architect project, and can be pursued by a PhD student.