

Alimentation communicante bidirectionnelle dédiée aux Gate Drivers

Julien Weckbrodt^{1,2}, Antoine Laspeyres¹, Nicolas Ginot¹, Christophe Batard¹, Thanh Long Le², Stéphane Azzopardi²

¹ Université de Nantes, ² Groupe SAFRAN

RESUME – Les gate-drivers permettent une commutation optimale et sûre des composants au sein des convertisseurs de puissance. Des travaux de recherche sont en cours pour intégrer des fonctionnalités de surveillance en ligne afin d'y effectuer une maintenance préventive. L'intégration d'un système de communication pour transmettre les données de surveillance est indispensable. Dans cet article, un système de transmission bidirectionnelle de données intégré aux gate-drivers utilisés pour la commande de MOSFET de puissance SiC 1,2kVest proposé. Le système présenté permet la transmission d'énergie ainsi qu'un échange de données sur un circuit d'alimentation isolé en utilisant un unique transformateur. Des résultats expérimentaux montrent que le système proposé permet de transmettre des données à des vitesses de 1Mb/s pour TxD et 16kb/s pour RxD.

Mots-clés— Canal de communication, Gate-driver, alimentation isolée, MOSFET SiC.

1. INTRODUCTION

Les transistors de puissance en carbure de silicium (SiC) tels que les transistors à effet de champ à semi-conducteur à oxyde métallique (MOSFET) SiC Power sont de plus en plus utilisés dans les convertisseurs de puissance. De nombreux travaux de recherche sur la robustesse ont été menés depuis l'émergence des transistors de puissance à base de SiC. Des études récentes ont mis en évidence des indicateurs de vieillissement qui pourraient être utilisés à des fins de surveillance de leur santé tels que l'évolution du courant de fuite de grille ou la résistance à l'état passant. La surveillance en ligne de ces paramètres électriques nécessite des circuits de mesure et un échange de données intégré au gate driver. L'application ciblée est la maintenance prédictive de circuits de puissance à haute fiabilité dans des environnements aéronautiques.

2. STRUCTURE PROPOSÉE

L'ajout de transformateurs ou d'optocoupleurs diminuant la qualité de la barrière d'isolement, la méthode proposée dans cet article permet la transmission de l'énergie nécessaire à la commande des composants de puissance et un échange bidirectionnel de données par le biais d'un seul et unique transformateur. Le principe est illustré à la figure 1. On y distingue 2 phases.

Phase A : Durant cette phase, l'énergie et les données appelées TxD sont tous deux transmis à travers le transformateur, du primaire vers le secondaire. Le signal TxD est transmis à l'aide d'un code Manchester appliqué au signal de

commande Cmd. Au secondaire, les diodes D_1 à D_4 forment un pont redresseur PD2. Elles permettent de récupérer l'énergie nécessaire à la commande du composant de puissance. Le décodage de ce signal peut être réalisé côté secondaire à l'aide d'une porte logique XOR. En raison du codage Manchester, la fréquence de fonctionnement du convertisseur DC / DC n'est pas fixe. La plage de fréquences varie entre 500kHz et 1MHz.

Phase B : Le transfert d'énergie à travers le transformateur est arrêté pendant un temps prédéterminé noté T_B . Le transformateur est alors disponible pour la transmission de données du secondaire vers le primaire (données appelées RxD). Durant cette phase, le transformateur d'alimentation fonctionne en transformateur d'impulsions : une impulsion positive correspond à un niveau logique haut et une impulsion négative correspond à niveau logique bas. Les impulsions RxD sont générées par les transistors Q_5 à Q_8 qui ont été positionnés en parallèle des diodes D_1 à D_4 . Au primaire, un système simple permet de décoder le signal RxD transmis.

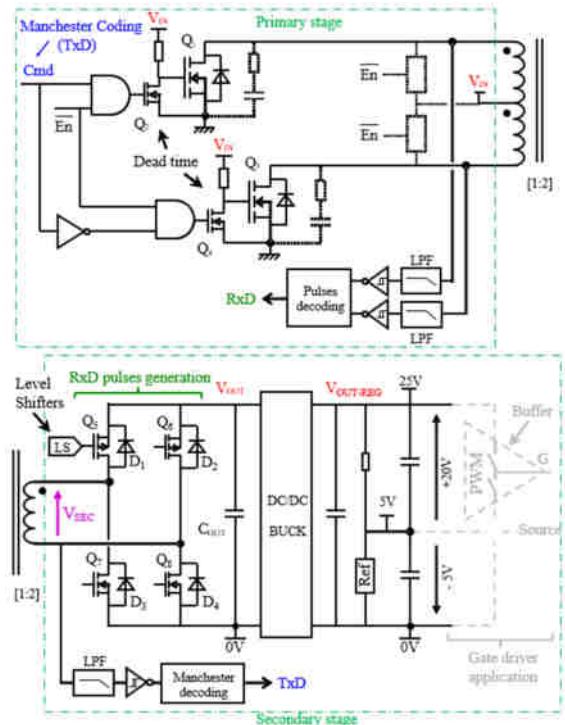


Fig. 1. Système d'alimentation communicante.

Les signaux typiques sont illustrés à la Fig. 2.

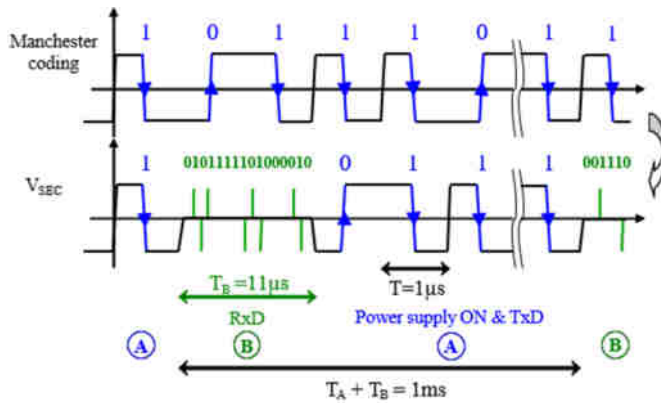


Fig. 2. Signaux typiques.

3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

3.1. Gate driver développée

Un gate driver permettant de piloter des composants de puissance dans une cellule de commutation de type onduleur a été réalisé. Ce gate driver, illustré à la fig. 3, intègre toutes les fonctions classiquement rencontrées (pilotage des composants de puissance, protections contre les courts-circuits et sous-alimentation ...) et aussi 2 alimentations communicantes (une pour chaque composant de puissance). Les 2 transformateurs d'alimentation de type planaire ont été intégrés dans le PCB. Ils comportent 5 spires au primaire et 10 spires au secondaire. Les 2 autres transformateurs planaires permettent la transmission des ordres de commande. Les trames de données ont été implémentées sur deux cartes FPGA en utilisant la programmation VHDL. En raison de la carte FPGA, les niveaux logiques sont compatibles CMOS 3.3V.

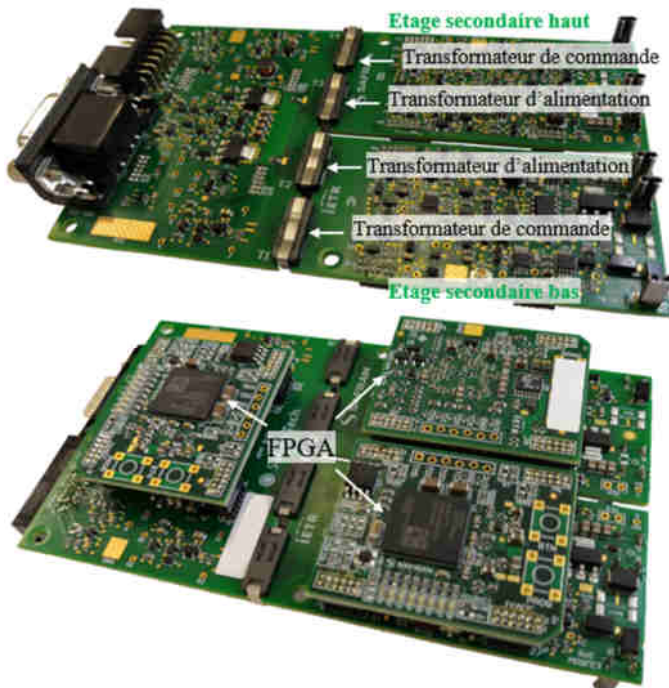


Fig. 3. Gate driver intégrant avec des fonctionnalités de communication.

3.2. Tests de sensibilité aux forts dv/dt

Afin de tester la sensibilité du gate driver aux forts dv/dt , des impulsions de $\pm 125\text{ kV}/\mu\text{s}$ ont été appliquées entre le zéro volt de l'étage primaire et le zéro volt de l'un des étages secondaires. Les résultats de ces essais seront présentés dans l'article final.

Ils démontrent la fiabilité du système de communication proposé dans ce papier. Les tensions de seuil des portes logiques ont été observées pour vérifier l'intégrité du signal Tx/D lorsqu'une perturbation est présente.

3.3. Conditions réelles de fonctionnement

Le gate driver illustré à la figure 3 a été connecté à un module MOSFET SiC de 1,2 kV (Cree CAS300M12BM2). Il a été testé dans un convertisseur DC-DC de type Buck. La charge, constituée d'une inductance de $700\mu\text{H}$, a été connectée entre la borne positive du bus DC et le point milieu de la cellule de commutation. La tension du bus DC a été fixée à 400 V. La classique commande double pulse a été mise en œuvre. Comme illustré à la figure 4, une commutation de 200A n'a pas affecté le signal Rx/D côté primaire car aucun changement de niveau logique indésirable ne s'est produit pendant la commutation.

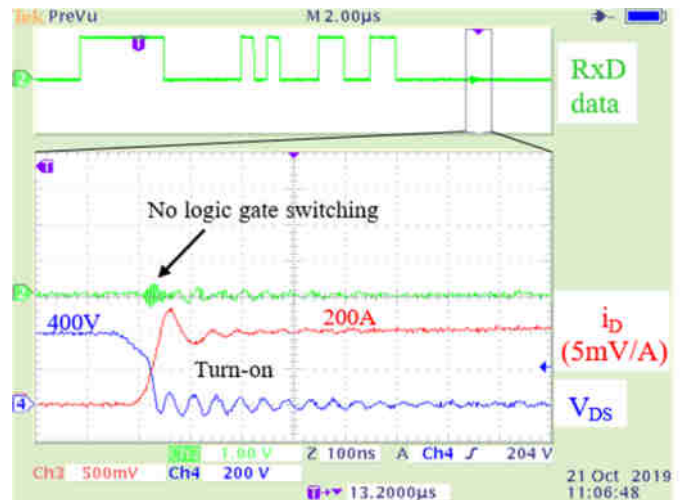


Fig. 4. Résultats expérimentaux effectués sur un convertisseur DC-DC 400V / 200A.

4. CONCLUSIONS

Une nouvelle structure d'alimentation isolée de faible puissance dédiée au gate driver, permettant aussi le transfert bidirectionnel de données et ne mettant en œuvre qu'un seul et unique transformateur a été développée et étudiée. Les résultats présentés montrent la pertinence de la méthode proposée dans un environnement où les contraintes sont élevées. Des débits binaires de 1Mb/s pour Tx/D et de 16kb/s pour Rx/D ont été validés. Cette structure d'alimentation a été intégrée dans un gate driver industriel permettant de piloter les composants de puissance dans une cellule de commutation. Le gate driver a été testé dans des conditions réelles de fonctionnement (400V – 200A) et des tests supplémentaires ont montrés son immunité aux dv/dt allant jusqu'à $125\text{ kV}/\mu\text{s}$. La solution proposée nécessite l'intégration de circuits numériques sur la carte de commande de grille mais offre de nouvelles perspectives pour la surveillance en ligne des composants de puissance.

5. REFERENCES

- [1] T. A. Nguyen, S. Lefebvre, S. Azzopardi, "Effect of short circuit aging on safe operating area of SiC MOSFET", Microelectronics Reliability, vol.88-90, p.645-651, 2018.
- [2] A. Anurag, S. Acharya, G. Gohil, et S. Bhattacharya, "A Gate Driver Design for Medium Voltage Silicon Carbide Power Devices with High dv/dt ", in IECON - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, p. 877-882, Oct. 2018..
- [3] V.-S. Nguyen, P. Lefranc, J.-C. Crebier, "Gate Driver Supply Architectures for Common Mode Conducted EMI Reduction in Series Connection of Multiple Power Devices", IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 33, p. 10265-10276, Dec. 2018

