

Abstract

Les décharges à barrière diélectrique^[1] (DBD) génèrent un plasma à pression quasi-atmosphérique dont une des utilisations est le traitement de surface. Actuellement, les réacteurs DBD sont généralement alimentés par des sources de tension alternatives sinusoïdales, variables en amplitude et en fréquence. Le plasma est souvent filamentaire (défavorable à la qualité du traitement de surface), notamment lorsque l'on souhaite transmettre une puissance élevée. Alors que des courants alternatifs quasi-sinusoïdaux sont couramment utilisés dans ce type de décharge^[2], ce travail vise à concevoir un module de puissance basse tension (+/- 75V) capable de générer des formes d'ondes triangulaires par la mise en série de deux convertisseurs Flyback. A partir d'une tension continue en entrée, le convertisseur Flyback génère une tension continue de plus haute valeur en sortie avec la particularité d'assurer une isolation galvanique. Ce nouveau module intégrera un ensemble plus important de convertisseurs permettant de générer des formes d'ondes quelconques jusqu'à +/-5 kV, typiquement.

[1] U. Kogelschatz et al., Journal de Physique IV Proceedings, 1997, 07 (C4), pp.C4-47-C4-66

[2] C.A. Borghi et al., Plasma Sources Sci. Technol. 24 (2015) 045018 (13pp).

Développement expérimental

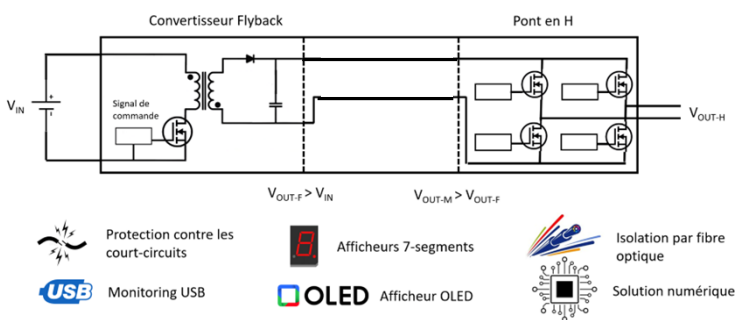


Fig. 1: Schéma de principe du convertisseur Flyback intégrant plusieurs fonctionnalités

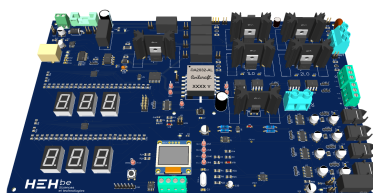


Fig. 2 : Modèle 3D d'un convertisseur Flyback développé dans ce travail

Stratégie de développement

Simulations PSIM 2023.0: étude des paramètres électriques d'un convertisseur Flyback unique et mise en série de deux modules

Conception d'un convertisseur Flyback 25V/50W robuste : génération du rapport cyclique, mesure de la tension de sortie et puissance entrée, protection surtension/surcourant

Conception d'un pont en H pour contrôler la polarité du signal de sortie : validation des simulations

Mise en série et caractérisation de deux convertisseurs basse tension pour la génération de tensions multi-niveaux

Simulations PSIM

La figure 3 illustre une simulation réalisée sous PSIM pour deux convertisseurs Flyback configurés en série, chacun équipé d'un pont en H (voir Fig. 1). Un pilotage synchronisé des deux ponts permet de générer une tension de sortie (V_{OUT-H}) de forme triangulaire à 40 kHz et de tension crête-à-crête de 150V.

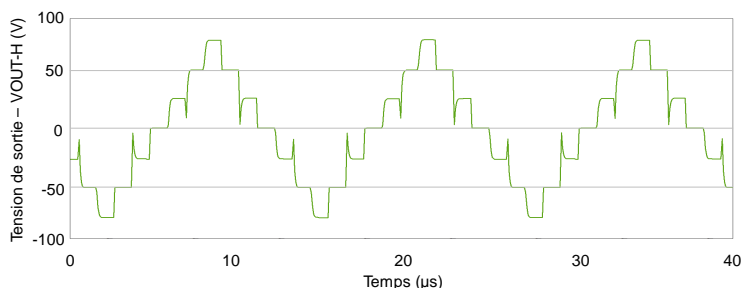


Fig. 3: Simulation PSIM de deux convertisseurs Flyback connectés en série et synchronisés de manière à générer une forme d'onde triangulaire

Simulation cohérente avec une mesure de la tension en sortie de deux modules Flyback ?

Résultats

1. Mesure de la tension en sortie de deux Flyback série.

Sur la figure 4, la tension de sortie de deux convertisseurs Flyback (25 V et 50 V) connectés en série-est mesurée. On observe une forme d'onde triangulaire à 4 kHz obtenue par une synchronisation adéquate des signaux de commande des transistors alors que les pics observés se produisent lors des commutations des transistors.

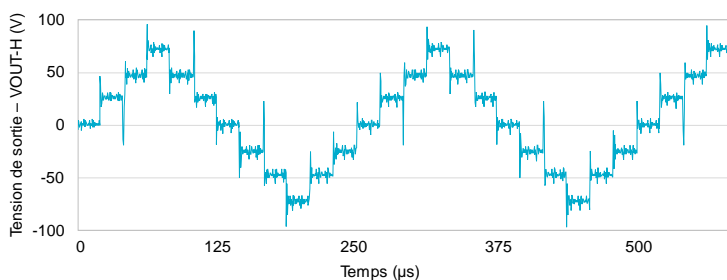


Fig. 4: Relevé à l'oscilloscope de la tension en sortie du dispositif

2. Mesure du courant d'entrée total sans régulation

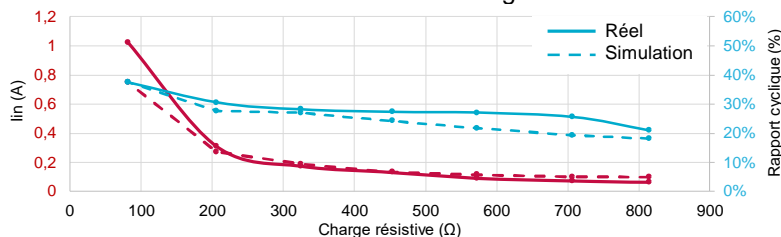


Fig. 5: Évolution temporelle du courant d'entrée total (I_{in}) en fonction de la charge résistive pour une tension de sortie constante de 25V. Le rapport cyclique est adapté manuellement dans ce cas.

3. Evolution de la tension de sortie en fonction du rapport cyclique

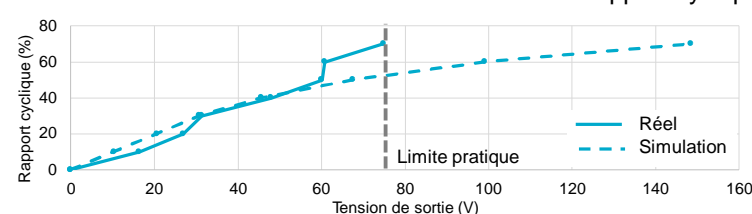


Fig. 6: Evolution de la tension de sortie en fonction du rapport cyclique. Un rapport cyclique de 70% (mode DCM) représente la limite de fonctionnement dans notre cas.

4. Influence de la fréquence de commutation sur le ripple

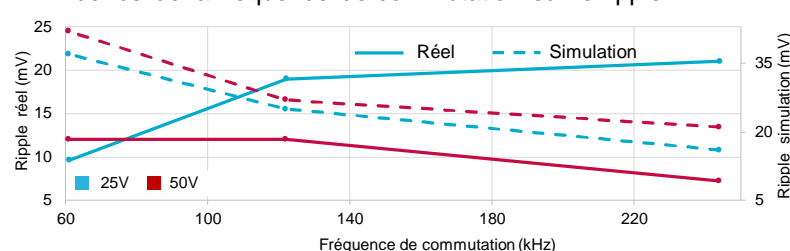


Fig. 7: Influence de la fréquence de commutation sur le ripple. Pour une tension de sortie déterminée (25 V ou 50 V), la fréquence de commutation influence l'amplitude du ripple alors que ce dernier reste limité à moins de 0,1% de la tension nominale.

Conclusions

Deux convertisseurs Flyback équipés d'un pont en H et synchronisés permettent de générer une tension de forme triangulaire à basse fréquence (4 kHz) aux bornes d'une charge résistive. Ces développements démontrent la faisabilité technique d'un module pouvant travailler à plus haute tension par la mise en série de convertisseurs additionnels.