

TP. N° 01

Convertisseur DC-DC isolé symétrique en demi-pont (isolated Half-Bridge DC-DC converter)

Objectif

Le convertisseur DC-DC isolé possède maints avantages par rapport à l'alimentation stabilisée classique, notamment son bon rendement et son faible encombrement.

Dans ce TP, on se propose d'étudier une alimentation à découpage isolée du secteur. Il s'agit de l'alimentation symétrique en demi-pont. C'est une alimentation à transfert direct de l'énergie de la source vers la charge.

Schéma du convertisseur

Le schéma synoptique de puissance du convertisseur DC-DC isolé est donné par la figure (1).

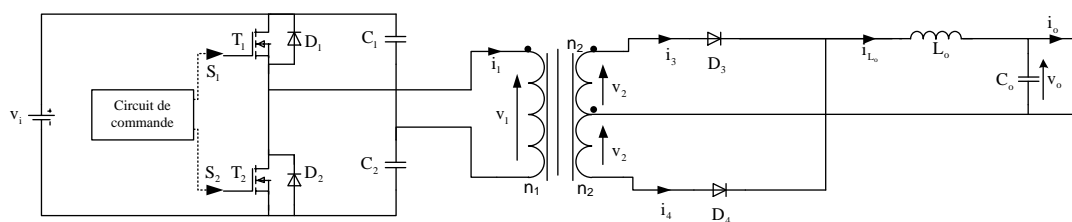


Figure (1) : Convertisseur DC-DC isolé en demi-pont

La tension v_2 au secondaire du transformateur est redressée, puis filtrée par un filtre LC. Le condensateur a comme rôle de lisser la tension de sortie alimentant une charge de résistance R.

Stratégie de commande

Les signaux de commande des deux transistors sont générés suivant le chronogramme de la figure (2). A noter que T_{sw} désigne la période de commutation et D le rapport cyclique du convertisseur DC-DC isolé.

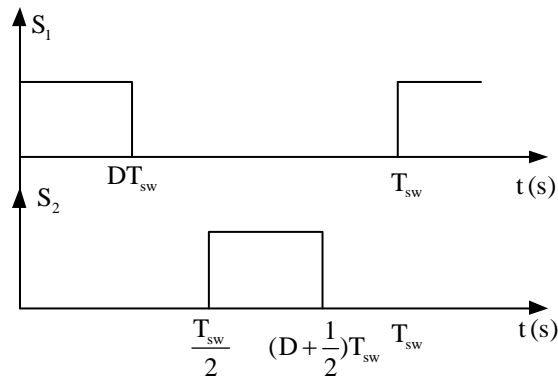


Figure (2) : Signaux de commande

Etude théorique

Dans la suite, on suppose que le circuit magnétique du transformateur est linéaire et on assimile les composants commutant à des interrupteurs idéaux. En admet également que la tension de sortie est sans ondulations.

- 1°) Analyser le fonctionnement du montage sur une période de fonctionnement T_{sw} en indiquant les quatre modes possibles.
- 2°) Calculer la valeur de la tension de sortie v_o en fonction de v_i , D , et m avec $m = n_2/n_1$.
- 3°) Etablir les équations différentielles régissant le fonctionnement du convertisseur et en déduire le modèle linéarisé autour de son point de fonctionnement nominal.
- 4°) Montrer que le modèle linéarisé du convertisseur peut être représenté par le circuit de la figure (3). Donner les valeurs des sources indépendantes et dépendantes montrées sur cette figure.

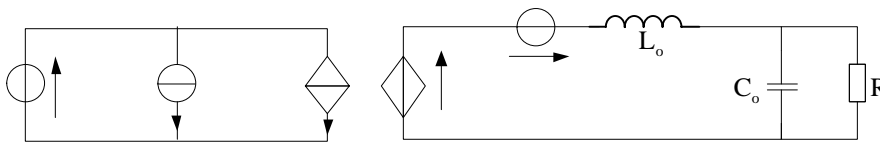


Figure (3) : Circuit électrique équivalent du modèle linéarisé

Etude par simulation

- Fonctionnement en boucle ouverte

Le circuit de simulation du convertisseur dans l'environnement SimPowerSystems de Simulink est donné par la figure (4). Le convertisseur est de puissance de 300W fonctionnant à une fréquence de commutation $f_{sw} = 100\text{kHz}$. Le transformateur HF utilisé est supposé linéaire de résistances et d'inductances de fuites négligeables. Sa résistance et inductance de magnétisation sont de 500pu chacune. Les nombres de spires primaire et secondaire sont $n_1 = 3, n_2 = n_3 = 1$. Les autres valeurs des différents composants sont mentionnés sur la même figure et dont les valeurs sont comme suit: $V_i = 425\text{V}$, $r = 10\text{m}\Omega$, $R_1 = R_2 = 100\text{k}\Omega$, $C_1 = C_2 = 100\mu\text{F}$, $C_b = 10\mu\text{F}$, $L_o = 100\mu\text{H}$, $C_o = 220\mu\text{H}$, $R = 2.61\Omega + 10.4566\Omega$. Les paramètres internes de chaque transistor sont: $R_{on} = 1\text{m}\Omega$, $L_{on} = 0\text{H}$, $R_d = 1\text{m}\Omega$, $V_f = 0\text{V}$ et $R_s = 10\Omega$.

Discrete,
Ts = 5e-08 s,
powergui

Half-bridge DC-DC Converter

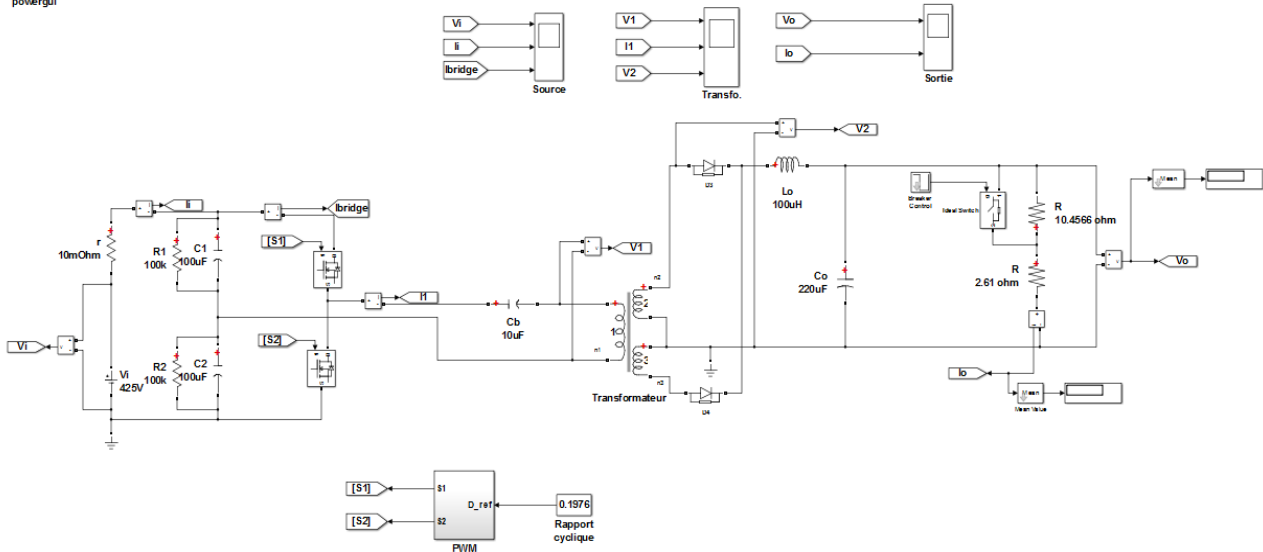
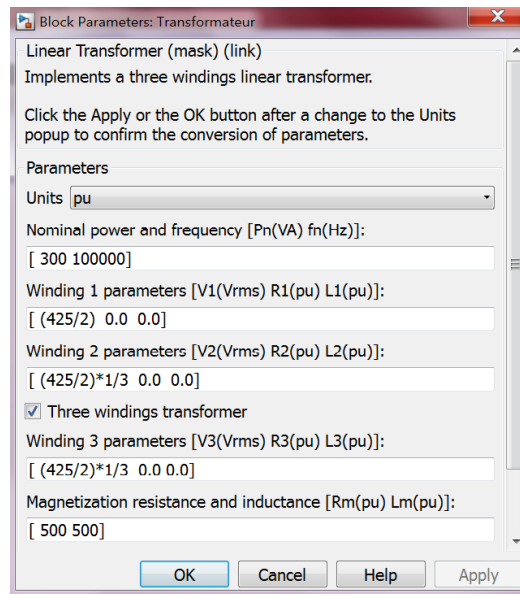


Figure (4) : Schéma de simulation du convertisseur DC-DC isolé

Les paramètres du transformateur supposé parfait sont donnés dans la fenêtre de dialogue suivante :



Le convertisseur est contrôlé par la technique PWM qui consiste à comparer le rapport cyclique à une porteuse en dents de scie de fréquence $f_{sw} = 100\text{kHz}$ et d'amplitude unitaire en utilisant le block 'Repeating Sequence'. A noter que le bloc 'Clock' est de fréquence $f_{sw}/2$, comme le montre la figure (4).

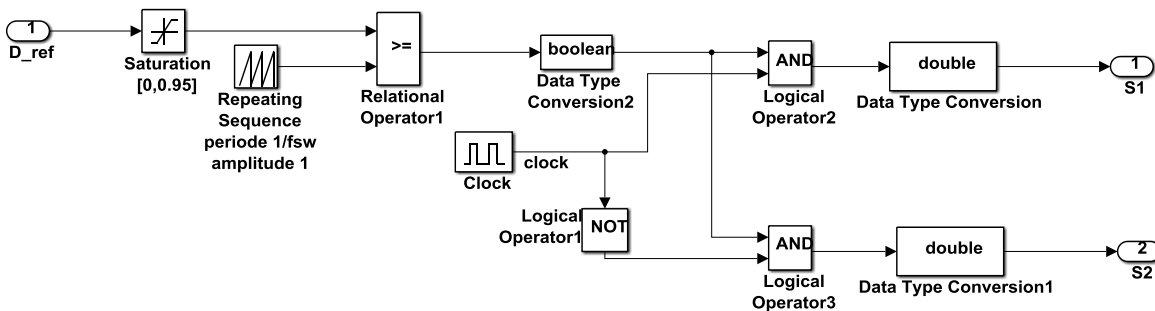


Figure (5) : Commande PWM du convertisseur DC-DC

- 1° Justifier le rôle des résistances R_1 et R_2 ainsi que celui de la capacité C_b .
- 2° Expliquer le principe de génération des impulsions illustré par la figure (5).
- 3° Calculer le rapport cyclique D_{ref} nécessaire pour avoir à la sortie une tension de $V_o = 28V$.
- 4° Simuler le montage sur un horizon de 0.1s avec une période d'échantillonnage de 50ns. Une augmentation de la résistance de charge est introduite durant l'intervalle de temps $[0.03 \quad 0.07]s$ par le contrôle à l'ouverture de l'interrupteur idéal 'ideal switch'.
 - a° Relever les courbes d'évolution des grandeurs indiquées sur les trois 'scope' de la figure (4) et interpréter les résultats trouvés.
 - b° Mesurer la tension de sortie pour plusieurs valeurs du rapport cyclique et tracer la courbe $V_o = f(D)$. Commenter la courbe trouvée.
- 5° Ecrire un programme en *Matlab Function* block permettant de réaliser la commande PWM de la figure 5.

- Fonctionnement en boucle fermée

Le contrôle en boucle fermée du convertisseur passe nécessairement par la régulation de la tension de sortie à une référence $V_{o_ref} = 28V$. Le schéma de réglage adopté est illustré par la figure (6). Le régulateur fournit la valeur du rapport cyclique indispensable pour maintenir la tension de sortie à sa valeur de référence V_{o_ref} .

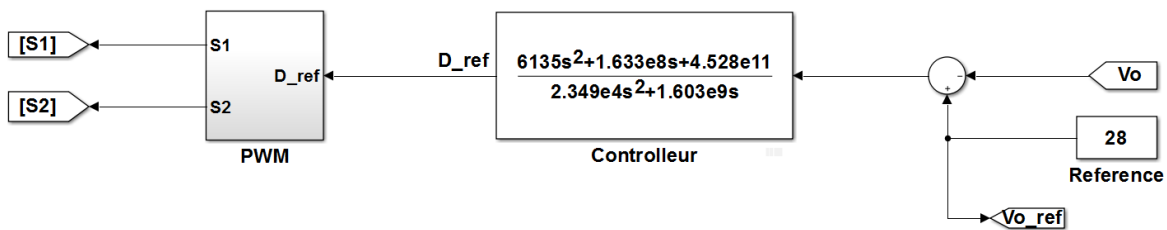


Figure (6): Schéma de réglage de la tension de sortie

- 1° Citer les méthodes couramment utilisées pour la synthèse du régulateur PID.
- 2° Montrer que la fonction de transfert reliant le rapport cyclique à la tension de sortie peut être mise sous la forme suivante:

$$G(s) = \frac{G_o}{\frac{1}{\omega_0^2} s^2 + \frac{Q}{\omega_0} s + 1} \quad \text{où } G_o, \omega_0 \text{ et } Q \text{ sont à calculer. Tracer son diagramme de Bode.}$$

- 3° En utilisant le schéma de contrôle de la figure (6), tracer les mêmes courbes demandées auparavant et commenter les résultats trouvés.