

## Tp convertisseur statique DC-AC (onduleur)

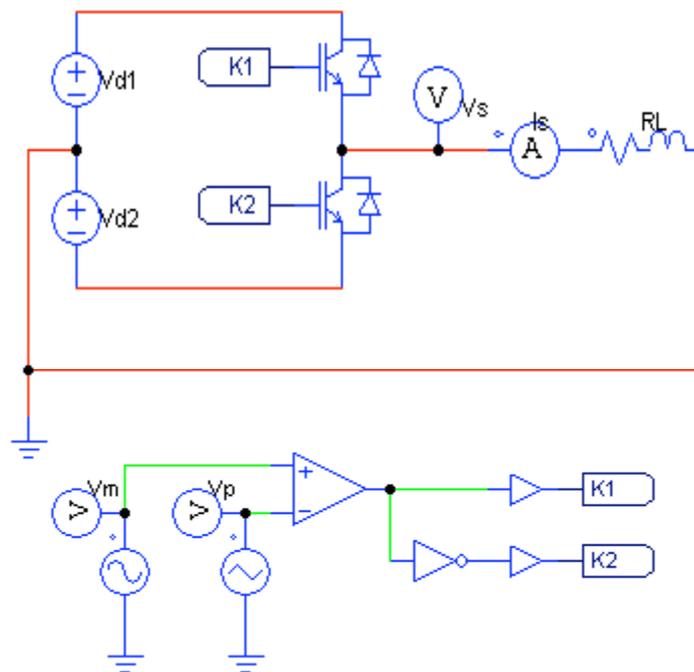
### Objectifs :

On utilise le logiciel PSIM pour analyser le fonctionnement d'un onduleur de tension à commande MLI (modulation de largeur d'impulsions). Le principe d'une commande MLI est étudié sur une structure simple (onduleur monophasé 1/2 pont), puis sur un onduleur triphasé.

### 1 - Etude d'un onduleur monophasé 1/2 pont

Le principe d'une commande MLI est étudié sur un bras d'onduleur (onduleur monophasé 1/2 pont), avec une charge passive R, L série. Cette structure de base permet de comprendre le fonctionnement d'un onduleur MLI et l'influence des grandeurs à régler.

Le schéma de simulation est donné ci-dessous :



Le circuit de puissance comprend :

- une source de tension continue à point milieu : **Vd1**, **Vd2** ;
- la cellule onduleur constituée par les interrupteurs **K1** et **K2**, de type IGBT (insulated gate bipolar transistor) ;
- la charge **RL**, connectée entre le point milieu de la cellule onduleur et celui de la source.

Le circuit de commande comprend :

- un générateur sinusoïdal fournissant le signal de modulation **Vm**, de fréquence 50 Hz ;
- un générateur triangulaire fournissant la porteuse **Vp** de fréquence 2000 Hz ;
- un comparateur qui génère les signaux de commande de **K1** et **K2** à partir de **Vm** et **Vp**.

Les commandes de **K1** et **K2** sont complémentaires.

*Données :*

$V_{d1} = V_{d2} = 100 \text{ V}$  ;

$R = 10 \text{ ohm}$  ;  $L = 10 \text{ mH}$  ;

$V_m$  : amplitude  $V_{m\max} = 4,5 \text{ V}$ , fréquence  $f_m = 50 \text{ Hz}$  ;

$V_p$  : valeur crête à crête =  $10 \text{ V}$ , offset =  $-5 \text{ V}$ , fréquence  $f_p = 2000 \text{ Hz}$ .

✓ Réaliser la saisie du schéma à simuler (ajouter une sonde pour visualiser le signal de commande de K1).

✓ Rentrer les paramètres de simulation :

- période d'échantillonnage :  $1 \cdot 10^{-5} \text{ s}$  ,

- durée de simulation : **40 ms** ,

- visualisation : à partir de **20 ms**.

**Résultats de simulation :**

**1-1 : Etude de la commande des interrupteurs K1, K2**

✓ Visualiser et relever :  $V_m$  ,  $V_p$  (sur le même graphe) et le signal de commande de **K1**.

✓ Faire un zoom sur quelques périodes de découpage (4 ou 5), et relever les graphes.

✓ En analysant les formes d'ondes, expliquer le principe de la commande MLI.

**1-2 : Etude de la tension et du courant de sortie**

✓ Visualiser sur 2 graphes séparés et relever :

-  $V_s$  : tension de sortie,

-  $I_s$  : courant dans la charge.

Préciser : les niveaux de tension de  $V_s$ .

Mesurer la valeur efficace de  $I_s$  :  $I_{sRMS}$ .

✓ Utiliser le module FFT pour réaliser la décomposition spectrale de  $V_s$  et  $I_s$ .

Visualiser et relever les spectres (entre 0 et 5 kHz). Evaluer les amplitudes et les fréquences du fondamental et des premiers harmoniques présents.

✓ Commenter les formes d'ondes et les spectres de  $V_s$  et  $I_s$ .

**1-3 : Etude des paramètres de la MLI**

**1-31 : Fréquence de découpage :  $f_p$**

• Modifier la fréquence de la porteuse :  $f_p = 6000 \text{ Hz}$ .

✓ Visualiser et relever les graphes de  $V_s$  et  $I_s$ .

✓ Quelle modification constatez-vous par rapport aux graphes relevés en **1-2** ? Justifier.

**1-32 : Amplitude du signal de modulation  $V_m$**

• Avec  $f_p = 2000 \text{ Hz}$ , modifier l'amplitude du signal de modulation :  $V_{mmax} = 3 \text{ V}$ .

✓ Visualiser et relever les graphes de  $V_s$  et  $I_s$ . Mesurer la valeur efficace de  $I_s$ .

✓ Visualiser et relever le spectre de  $V_s$ . Mesurer l'amplitude du fondamental de  $V_s$  ( $V_{sfmax}$ ).

✓ Comparer les valeurs de  $V_{sfmax}$  et  $I_{sRMS}$  à celles mesurées en **1-2**. Conclure.

Vérifier la relation :

$$V_{sfmax} = V_d \cdot V_{mmax} / V_{pmax}$$

Avec :  $V_{sfmax}$  : amplitude du fondamental de  $V_s$ ,

$V_{mmax}$  : amplitude de  $V_m$ ,

$V_{pmax}$  : amplitude de  $V_p$ .

**2 - Etude d'un onduleur triphasé**

Un onduleur triphasé est constitué de 3 cellules identiques à celle étudiée dans la partie 1, les signaux de modulation générant la commande de chaque cellule étant décalés de  $2\pi/3$ . La porteuse triangulaire est commune aux 3 cellules.

*Données :*

$V_c = 450 \text{ V}$  ;

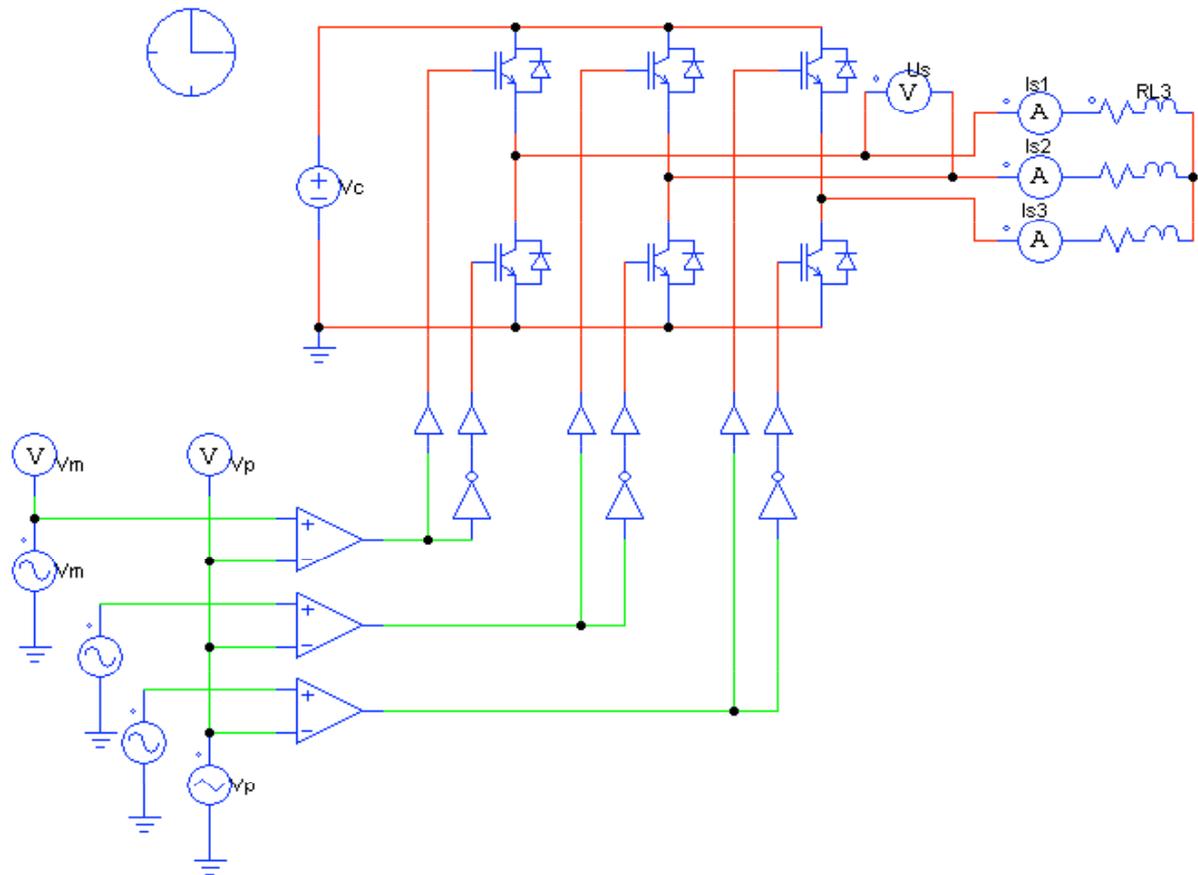
$R = 5 \text{ ohm}$  ;  $L = 20 \text{ mH}$  ;

$V_m$  : amplitude  $V_{mmax} = 4,5 \text{ V}$  , fréquence  $f_m = 50 \text{ Hz}$  ;

Phase de  $V_m$  :  $\phi_1 = 0$  ,  $\phi_2 = -120^\circ$  ,  $\phi_3 = -240^\circ$ .

$V_p$  : valeur crête à crête =  $10 \text{ V}$  , offset =  $-5 \text{ V}$  , fréquence  $f_p = 2000 \text{ Hz}$ .

**Schéma de l'onduleur triphasé**



**Simulation :**

✓ Visualiser sur 2 graphes séparés et relever :

- $U_s$  : tension entre phases, en sortie ;
- $I_{s1}$  ,  $I_{s2}$  ,  $I_{s3}$  : courants dans chaque phase de la charge.

Préciser les niveaux de tension de  $U_s$ .

✓ Visualiser et relever le spectre de  $U_s$  ( $0 \leq f \leq 5000$  Hz).

✓ Commenter les formes d'ondes de  $U_s$  et  $I_{s1,2,3}$ . Comparer la décomposition spectrale de la tension de sortie de l'onduleur triphasé ( $U_s$ ) avec celle observée sur l'onduleur monophasé 1/2 pont (en 1-2).