

SIMULATION DE CONVERTISSEURS CONTINU-CONTINU NON ISOLÉS : HACHEUR SÉRIE ET HACHEUR PARALLÈLE

Attention : Ce TD se fera en salle d'informatique en utilisant PSIM. Il portera sur ce qui a déjà été traité de façon théorique en TD sur les hacheurs série et parallèle. Pour cela il est donc indispensable d'apporter le travail que avait été fait en TD « Hacheur série et hacheur parallèle ».

L'objectif de ce TD est double. Il s'agit de s'initier à l'utilisation du logiciel de simulation temporelle PSIM en mettant en œuvre des structures de convertisseurs continu continu non isolés qui ont déjà été étudiées de manière théorique. Nous allons utiliser comme support le travail réalisé précédemment en TD sur le même sujet. Mêmes schémas (ou presque), mêmes applications, même valeurs numériques.

Présentation rapide de quelques éléments essentiels de PSIM

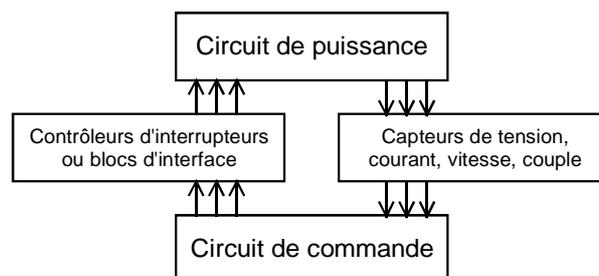
Il existe de nombreux logiciels de simulation électrique. Certains sont conçus tout particulièrement pour les circuits d'électronique de puissance. Le logiciel mis à votre disposition, PSIM, fait partie de cette dernière catégorie.

Le logiciel PSIM est formé de trois modules liés :

- Un éditeur de schéma, SIMCAD, servant à décrire l'ensemble du système à simuler.
- Le simulateur électrique proprement dit, PSIM.
- Un programme d'affichage graphique des résultats de simulation, SIMVIEW.

Ce logiciel considère les semi-conducteurs de puissance comme des interrupteurs, ouverts ou fermés. Les diodes, transistors ou thyristors ne présentent donc pas de chute de tension aux bornes lorsqu'ils sont en conduction. Les commutations sont instantanées.

La figure ci-dessous représente le système d'électronique de puissance simulé tel qu'il est considéré par le simulateur. Les informations de contrôle des interrupteurs de puissance issues du circuit de commande sont transmises au circuit de puissance par l'intermédiaire de blocs d'interface ou de contrôle d'interrupteurs. Les informations sur les grandeurs du circuit de puissance, courants, tensions, vitesses, couples, ..., sont transmises au circuit de commande par l'intermédiaire de capteurs.

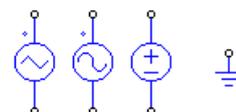


La description du système à simuler est réalisée graphiquement sous forme de schéma électrique. Une barre d'outils, en bas de l'écran, permet d'accéder rapidement à la plupart des éléments.

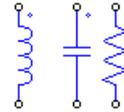


Voici quelques éléments parmi les plus fréquemment employés :

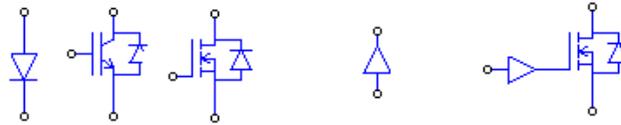
- Sources de tension, triangulaire, sinusoïdale et continue.



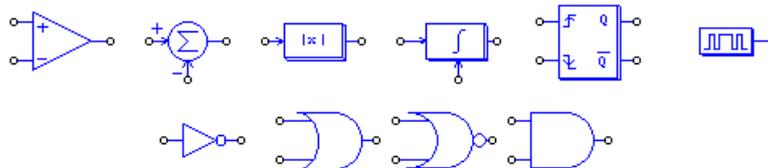
- Éléments passifs, inductance, condensateur et résistance.



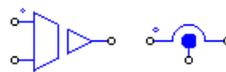
- Interrupteurs : diode, IGBT, MOSFET, interface de commande de transistor



- Éléments propres au circuit de commande, comparateur, additionneur-soustracteur, intégrateur, monostable, éléments logiques, ...



- Capteurs pour l'interfaçage du circuit de puissance vers le circuit de commande.

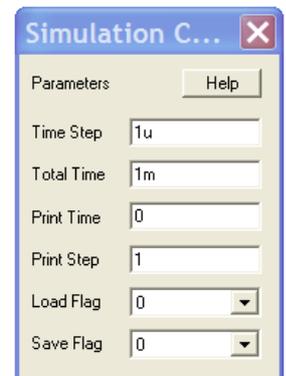


- Sondes de tension et de courant pour rendre les résultats de simulation accessibles dans le logiciel d'affichage SIMVIEW.



- Paramètres de simulation. Deux paramètres essentiels sont à définir :

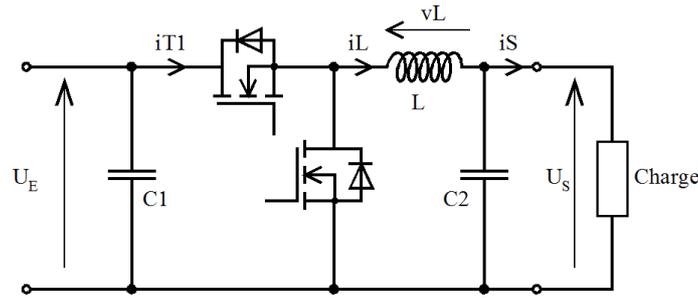
- le pas de calcul (exemple ci-contre : 1 μ s)
- longueur de la simulation (exemple ci-contre : 1 ms).



Opérations à effectuer avant de lancer une simulation

- Construire le schéma électrique du circuit de commande (lorsqu'il existe).
- Définir les valeurs des paramètres des éléments du circuit de commande.
- Sur la même page, établir le schéma électrique du circuit de puissance.
- Définir les valeurs des paramètres des éléments du circuit de puissance.
- Placer les sondes, de tension et de courant, pour pouvoir accéder aux résultats de simulations souhaités dans le logiciel SIMVIEW.
- Définir les paramètres de simulation : pas de calcul et durée de la simulation.

1. Hacheurs série utilisé pour l'alimentation d'un microprocesseur sous très faible tension et fort courant



Tension de sortie $U_S = 1,2V$

Tension d'entrée : U_E pouvant évoluer entre 3V et 6V

Une régulation agissant sur le rapport cyclique α assure le maintien d'une tension de sortie du hacheur U_S constante lorsque la tension d'entrée U_E varie. Cette régulation ne sera pas simulée aujourd'hui (la simulation de convertisseurs régulés fera l'objet d'un TD ultérieur). Dans chaque cas on choisira le rapport cyclique adapté.

La valeur maximale du courant de sortie I_S (supposé constant) est de 50A.

La fréquence de découpage est fixée à $F_{\text{déc}} = 200\text{kHz}$

Filtrage :

Inductance de lissage L déterminée pour que l'ondulation de courant crête à crête soit limitée à 50% du courant de sortie.

Condensateur C_2 : l'ondulation de courant crête à crête limitée à 1% de la tension de sortie.

Hypothèses : on négligera les chutes de tension dans les interrupteurs semi-conducteurs de puissance et toutes les pertes de façon générale.

1.1. Créer le dispositif de commande des transistors de puissance. La fréquence sera fixe, le rapport cyclique α sera ajusté par la tension v_{alpha} appliquée à l'entrée de ce circuit.

1.2. Vérifier son fonctionnement. Ne pas hésiter à vérifier toutes les tensions intermédiaires de du circuit pour localiser facilement les éventuelles raisons de mauvais fonctionnement.

1.3. Construire le circuit de puissance. On n'étudiera pas le filtre d'entrée, dans ce cas est-il utile de maintenir le condensateur C_1 sur le schéma de simulation ? Les relations permettant de déterminer valeurs de L et C seront tirées des corrigés des TD précédents.

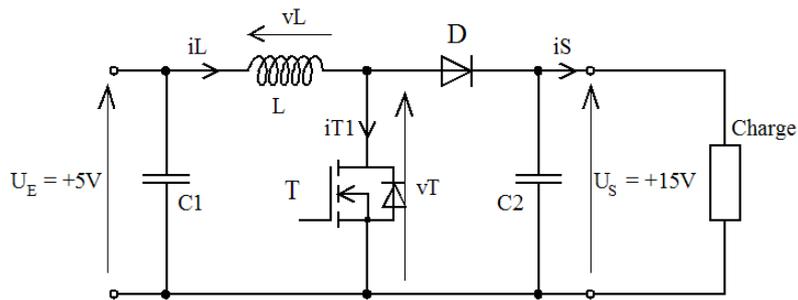
1.4. Relier le circuit de commande au circuit de puissance. Vérifier le fonctionnement de l'ensemble.

1.5. Relever les chronogrammes des grandeurs représentatives du fonctionnement du circuit.

1.6. Relever les valeurs numériques de V_s , de Δi_L , Δv_s . Comparer avec les valeurs théoriques.

1.7. Modifier des paramètres de commande ou des valeurs de composants et observer les effets. Comparer les résultats obtenus avec les prévisions théoriques.

2. Hacheur parallèle utilisé pour créer une tension d'alimentation auxiliaire de +15V à partir de l'alimentation +5V disponible sur une carte électronique



On s'intéresse maintenant dimensionnement sommaire d'un hacheur parallèle (élevateur) pour alimenter des circuits analogiques d'un système électronique sous une tension de +15V à partir de l'alimentation +5V (dédiée aux circuits numériques) disponible.

Le transistor MOSFET T est commandé avec une fréquence de découpage $F_{\text{déc}}$. Il est fermé pendant une durée $\alpha T_{\text{déc}}$ et ouvert pendant le reste de la période $T_{\text{déc}}$.

Hypothèses :

- on négligera les chutes de tension aux bornes des interrupteurs semi-conducteurs de puissance.
- la tension d'entrée u_E est supposée strictement constante.

2.1. Quel doit être le rapport cyclique α pour respecter le cahier des charges (voir TD Hacheurs) ?

2.2. Construire le circuit de puissance. On n'étudiera pas le filtre d'entrée, dans ce cas est-il utile de maintenir le condensateur C1 sur le schéma de simulation ? Les relations permettant de déterminer valeurs de L et C2 seront tirées des corrigés des TD précédents. Utiliser le dispositif de commande des transistors de puissance précédent.

2.3. Vérifier le fonctionnement de l'ensemble.

2.4. Relever les chronogrammes des grandeurs représentatives du fonctionnement du circuit.

2.5. Relever les valeurs numériques de V_s , de Δi_L , Δv_s . Comparer avec les valeurs théoriques.

2.6. Modifier des paramètres de commande ou des valeurs de composants et observer les effets. Comparer les résultats obtenus avec les prévisions théoriques.