

E 6 0

**SIMULATION SANS A PRIORI DES CONVERTISSEURS
STATIQUES PAR OPERATEURS ANALOGIQUES**

SIMULATION DES CONVERTISSEURS STATIQUES

PAR OPERATEURS ANALOGIQUES

1/ CARACTERISTIQUES DE CETTE SIMULATION

Dans cette méthode de simulation les semiconducteurs apparaissent sous forme d'interrupteurs réels et les charges sous forme de dipôles. Ainsi, simuler un convertisseur revient à effectuer un câblage identique au câblage réel de ce convertisseur, sans avoir recours aux équations du système.

L'utilisateur cable un montage et non pas des équations, ce qui l'est à la fois très simple et très physique.

Cette méthode de simulation revient en fait à réaliser une "maquette" du convertisseur à étudier.

Les charges qui apparaissent sous forme de dipôles sont réalisées à partir d'opérateurs analogiques et de circuits d'interface spécialisés. Cela permet une variation paramétrique continue et la visualisation en temps réel de la réponse du système.

Cette méthode de simulation, mise au point au LEEI de l'ENSEEIH, appelée CASSIS (Calcul Automatique des Systèmes à Semi-conducteurs par Interfaces Spécialisés), se présentait jusqu'en 1983 sous la forme d'un simulateur spécialisé, relié à un calculateur analogique.

Depuis ont été réalisées des versions totalement autonomes, basées sur les mêmes principes, mais dont l'emploi est beaucoup plus souple.

2/ CONSTITUTION DU SIMULATEUR

Le simulateur est constitué, comme tout convertisseur statique, de sources d'énergie, d'interrupteurs, de circuits de commande et de charges plus ou moins complexes.

2- 1/ Interrupteurs

Le but recherché est d'étudier avec ce simulateur la plupart des structures de convertisseurs. Or on sait que 2 éléments interrupteurs et 2 seulement suffisent pour réaliser toutes les fonctions de l'électronique de puissance. Ce sont :

a/ L'élément T : interrupteur unidirectionnel en courant, bidirectionnel en tension, commandable

à l'amorçage et au blocage.

b/ L'élément D : unidirectionnel en courant , unidirectionnel en tension, à amorçage et blocage spontanés.

Sur ce simulateur, on trouvera donc l'élément T et l'élément D. Pour des raisons de commodité on trouvera aussi l'élément TD qui est un interrupteur présentant les caractéristiques d'un élément T avec un élément D en anti-parallèle.

Pratiquement, chaque interrupteur est réalisé à partir d'un FET fonctionnant en résistance binaire. On associe à ce FET des composants logiques et analogiques de façon à obtenir les propriétés fonctionnelles désirées, c'est à dire celle des éléments T, D et TD.

Chaque élément T ou TD recevra un signal de commande ayant la forme d'un créneau : le flanc montant correspond à l'amorçage, le flanc descendant au blocage.

La figure 1 permet de comprendre comment on obtient un élément T, D ou TD à partir d'un FET.

2-2/ Charges

Pour que le simulateur puisse s'utiliser comme une maquette réelle des convertisseurs étudiés, il est nécessaire de disposer de charges se présentant sous la forme de dipôles. Pour cela deux solutions :

a/ Utiliser effectivement une charge réelle.

b/ Utiliser des charges simulées par des opérateurs analogiques (intégrateurs); dans ce cas, il faut leur adjoindre des circuits d'interface pour les présenter sous forme d'un dipôle. Ce sera la solution choisie pour les charges RL et RC.

La figure 2 donne le schéma fonctionnel des charges RL.

2-3/ Sources

On doit utiliser des sources de tension continue adaptées en impédance pour être compatibles avec les autres éléments du simulateur. On peut également utiliser des générateurs extérieurs, à condition d'utiliser un adaptateur d'impédance convenable (amplificateur de gain 1).

2-4/ Mesures des tension et des courants

Deux cas sont à distinguer :

a/ Charges RL

En raison de la constitution de ces charges, la tension et le courant sont directement accessibles à la mesure sous la forme de tensions repérées par rapport à la masse du simulateur.

b/ Autres éléments : R, L, C, E, interrupteurs

Pour ces mesures on dispose de voltmètres différentiels et d'ampèremètres qu'il suffira de placer à l'endroit où l'on désire mesurer la tension et le courant. L'appareil de mesure (voltmètre ou

ampèremètre) fournira toujours une tension repérée par rapport à la masse.

2-5/ Circuits de commande

Les interrupteurs, en raison de leur constitution, doivent recevoir un signal de commande sous la forme d'une tension repérée par rapport à la masse du simulateur. Il n'est donc pas nécessaire d'assurer l'amplification et l'isolation des signaux de commande, ce qui simplifie beaucoup la mise en oeuvre. Par ailleurs, toute commande extérieure au simulateur peut être utilisée, moyennant une simple mise en forme.

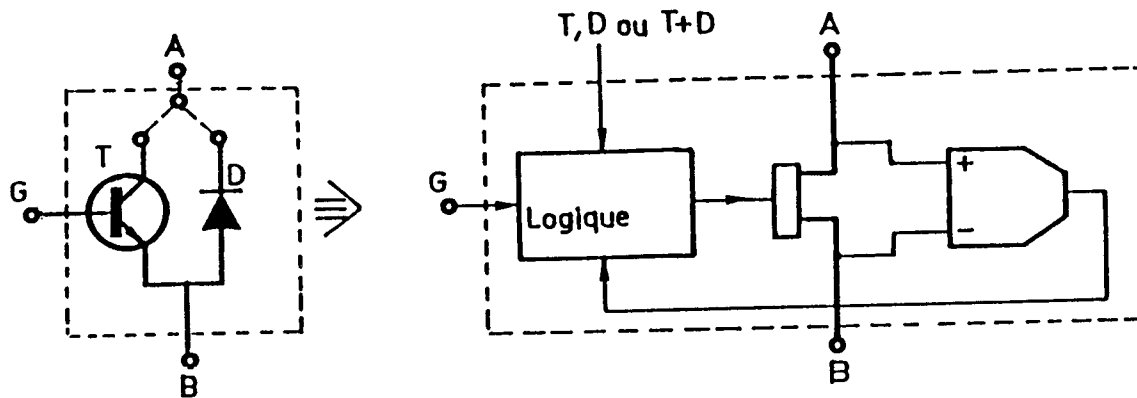
3/ UTILISATION DU SIMULATEUR

Lors d'une première approche, ce simulateur permet d'étudier les convertisseurs statiques sous l'aspect fonctionnel, de visualiser les formes d'onde correspondantes, et de voir l'influence des divers paramètres.

Dans un deuxième temps, peut être abordé un aspect dimensionnement, avec la possibilité de mettre en évidence, grâce à la rapidité de réponse du système, l'influence et la sensibilité des paramètres, aussi bien en régime permanent qu'en régime transitoire.

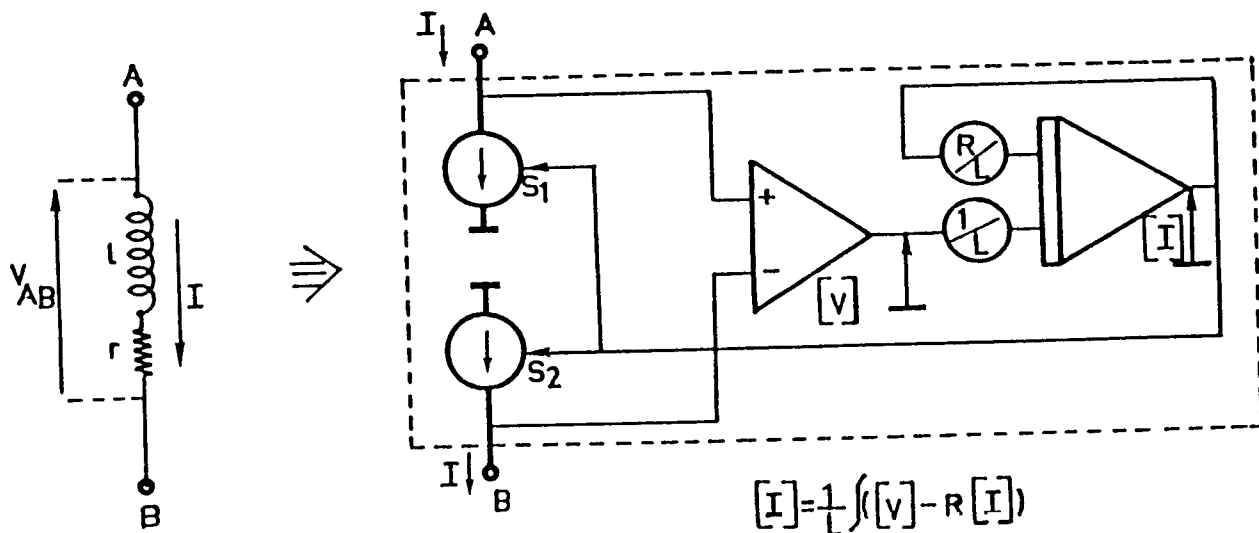
Par ailleurs, étant par nature compatible avec les signaux bas niveaux de tout type de commande, numérique ou analogique, ce simulateur permet d'étudier les fonctions de commande et de régulation intéressant l'utilisateur.

Enfin, au niveau même de la conception, ce simulateur permet de tester de nouvelles structures ou de nouvelles lois de commande.



L'association d'un transistor FET, d'un comparateur et d'un circuit logique permet de réaliser un "interrupteur" dont les propriétés fonctionnelles sont les mêmes que celles d'un interrupteur simulé.

Figure 1



La tension $[V]$ à la sortie du voltmètre différentiel est l'image de la ddp V_{AB} entre les points A et B.

La tension $[I]$ à la sortie de l'intégrateur est l'image du courant I circulant dans le dipole (R, L) .

Les sources de courant S_1 et S_2 délivrent aux points A et B un courant I proportionnel à $[I]$, courant "entrant" au point A et "sortant" au point B.

Figure 2