Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 95 (2004)

Heft: 3

Artikel: Test virtuel d'un code de régulation DSP pour réseaux et systèmes d'entraînements électriqes

Autor: Hodder, André / Simond, Jean-Jacques

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857908

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.09.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Test virtuel d'un code de régulation DSP pour réseaux et systèmes d'entraînements électriques

Démonstration d'une procédure d'optimisation des performances d'un équipement industriel

Cette contribution décrit une procédure pour tester un code destiné à un DSP[1)] prévu pour le contrôle-commande d'équipements industriels tels que les systèmes d'entraînements à vitesse variable ou les réseaux électriques. La procédure permet d'optimiser et de tester par voie numérique les performances d'un équipement industriel en prenant en compte rigoureusement le code du DSP chargé du contrôle-commande. Elle repose sur le logiciel Simsen développé à l'EPFL lequel offre nouvellement la possibilité de traduire une stratégie de contrôle-commande non plus impérativement à l'aide d'un schéma bloc de réglage, mais également au travers du code défini par l'utilisateur et destiné à être implémenté.

La procédure a été testée expérimentalement. Les résultats obtenus sont très probants. Cette procédure enrichit significativement le logiciel Simsen[2)], elle génère un gain de temps appréciable dans

André Hodder, Jean-Jacques Simond

les phases de conception et de mise en service d'équipements destinés à des systèmes d'entraînements à vitesse variable ou à des réseaux électriques.

Ce code doit simplement être compatible avec le DSP choisi pour l'application prévue (code C, assembler, pascal, fortran p.ex.), il se substitue au schéma-bloc. Il est ainsi possible de procéder aux tests et à l'optimisation des performances de l'ensemble d'un équipement. Dès lors que cette étape est résolue, il suffit de procéder au «download» du code établi dans le DSP de l'équipement.

Cette procédure est non seulement une aide précieuse à une conception optimisée, elle permet des tests sans aucun risque ni limitations et induit des économies substantielles par le gain de temps qu'elle génère.

Les industriels sont de plus en plus contraints de réduire au maximum le temps qui sépare la conception d'un équipement de sa mise en service. La procédure décrite dans cet article est une contribution à la réduction de ce «time to market».

L'idée est d'offrir au concepteur une possibilité de simuler, donc d'optimiser, le comportement d'un équipement en confectionnant, pour la partie contrôle-commande, un code qui sera ultérieurement chargé dans le DSP qui pilotera cet équipement. La procédure repose sur le logiciel Simsen développé à l'EPFL et dont on rappellera qu'il permet la simulation du comportement de réseaux et de systèmes d'entraînements électriques présentant une topologie a priori quelconque. Simsen offre dorénavant la possibilité de définir une stratégie de contrôle-commande traduite par un code programmé. Ce code, écrit par l'utilisateur dans le langage de son choix, se substitue au schéma-bloc qui était jusqu'à ce jour le mode de définition standard d'un contrôle-commande dans Simsen. La nouvelle procédure présente deux avantages essentiels: optimisation et tests possibles avec une grande flexibilité sans les risques et les limitations toujours présents lors de la mise en service des équipements – diminution des coûts grâce à un important gain de temps.

Mise en œuvre et description de la stratégie

La conception d'un contrôle-commande destiné à un équipement implique pour ce dernier l'établissement d'un modèle à l'aide d'équations différentielles analogiques. Ce modèle est ensuite associé à celui du contrôle-commande envisagé, le tout constituant le système d'équations différentielles représentatif de l'ensemble de l'équipement. Ce système d'équations est alors résolu numériquement avec un pas d'intégration

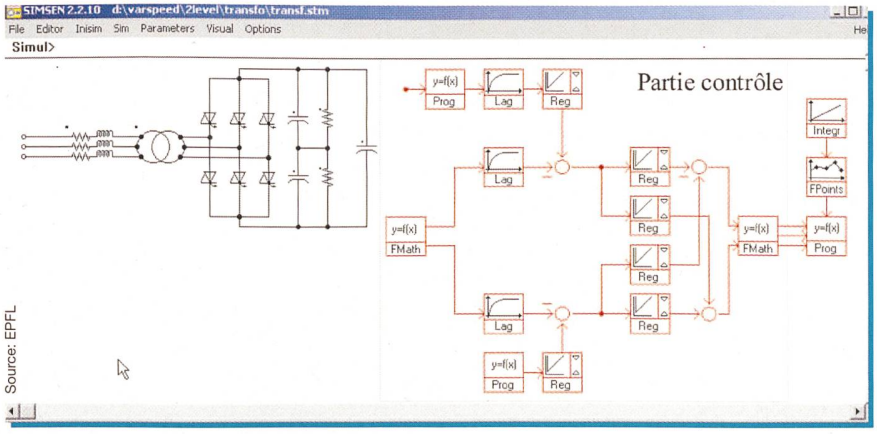

Figure 1 Modélisation du système sous Simsen

articles spécialisés

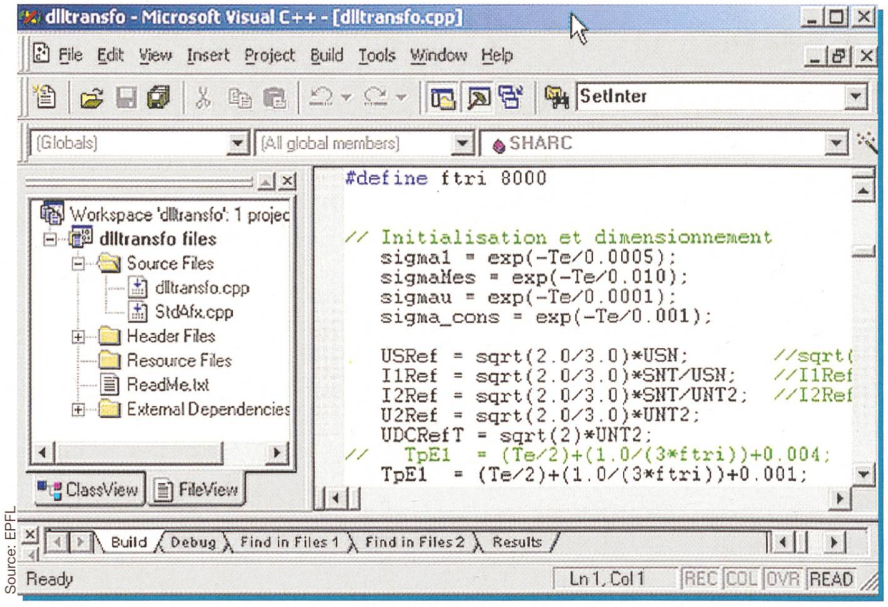

Figure 2 Conversion de la stratégie de contrôle-commande en un code DSP compatible

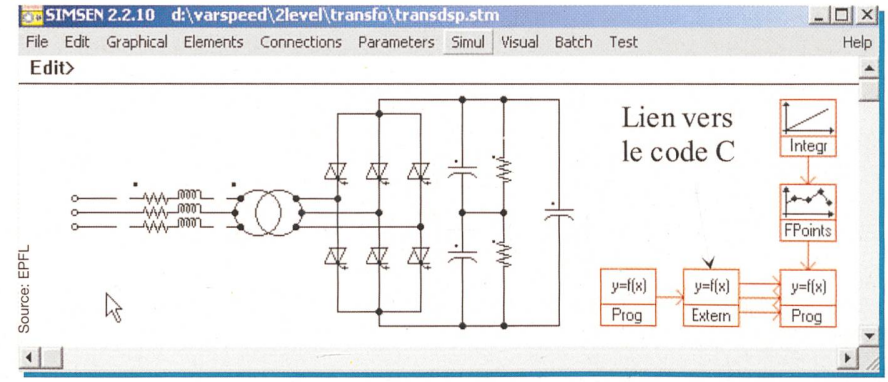

Figure 3 Intégration du code de contrôle-commande dans Simsen

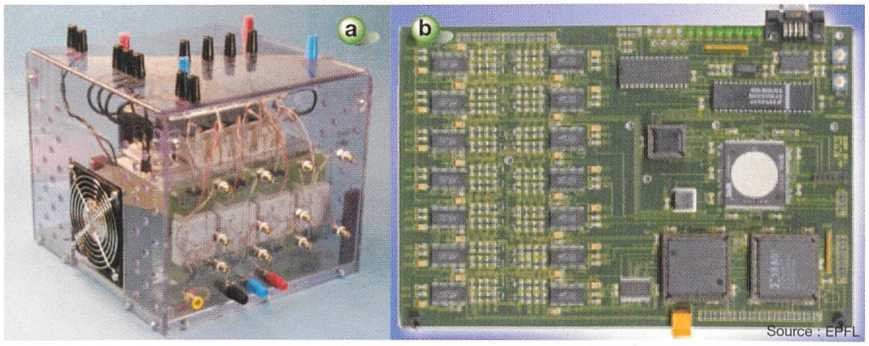

Figure 4 «Download» du code de contrôle-commande dans le DSP

suffisamment petit de telle sorte que le caractère analogique de l'équipement soit préservé. Par ailleurs, le caractère fréquemment digital ou mixte analogique-digital des dispositifs de contrôle-commande modernes doit être pris en compte. Si l'on se sert d'un DSP, il s'agit d'établir un code qui traduise précisément son fonctionnement réel au sens par exemple de ses temps d'échantillonnages. Le logiciel utilisé pour simuler le comportement de l'ensemble de l'équipement doit donc être capable de traiter des cas où se mêlent les mondes analogique et digital [1, 2], c'est le cas de Simsen.

Les figures 1 à 4 illustrent la stratégie proposée à l'aide d'un compensateur statique de puissance réactive (SVC[3]). Cette stratégie est décomposée en 4 étapes:

La 1ère étape est la modélisation sous Simsen du compensateur statique et de ses organes de contrôle-commande par un schéma bloc (figure 1).

Lors de l'étape suivante le schéma bloc de la figure 1 est converti en une séquence codée dans le langage choisi par l'utilisateur et compatible avec le DSP qu'il a prévu d'utiliser ultérieurement (figure 2). Cette étape est réalisée pour l'instant à la main, elle est en phase d'automatisation.

La 3ème étape (figure 3) est la substitution dans Simsen du schéma bloc défini sous 1 par la séquence codée sous figure 2. Cette opération traduit de manière rigoureuse le fonctionnement réel du DSP en termes par exemple de temps d'échantillonnages ou de gain des régulateurs (conversion analogique-digitale). A ce stade, il est possible d'optimiser et de tester virtuellement, donc rapidement et sans risques, les performances de l'équipement dans des conditions devenues très proches de la réalité.

La 4ème étape est l'opération de «download» du code testé lors de l'étape précédente dans le DSP de l'installation et la réassignation des entrées et sorties de celui-ci (figure 4). Il est dès lors possible de passer aux tests finaux en vraie grandeur.

Lien entre Simsen et le code DSP

Comme l'indique la figure 3, le lien entre Simsen et le code DSP est assuré par un bloc de type «Extern». Ce bloc est comparable aux autres blocs digitaux de Simsen, il contient une Dynamic Link Library (DLL) qui est un programme destiné à être appelé par un autre programme, cette DLL dispose au surplus de 100 entrées et de 100 sorties. Les entrées et les sorties étant effacées de la mémoire à chaque appel à la DLL, cette dernière n'est pas en mesure de garder ses états antérieurs internes, tels que les composantes intégrales des régulateurs ou les sorties de filtres, car les équations différentielles définissant le système de réglage ne sont plus internes à Simsen mais externes (DLL). Cette difficulté peut être levée en affectant les valeurs devant être conservées aux sorties et en les rebouclant sur les entrées lors du prochain pas d'intégration comme indiqué schématiquement à la figure 5.

Exemple d'application

La figure 6 compare les résultats obtenus dans le cas du compensateur statique de puissance réactive décrit aux figures 1 à 4 par les deux approches Simsen (figures 1 et 3). L'équipement est composé d'un convertisseur VSI[4] 2 niveaux Semikron et d'une carte DSP de type DAVID.

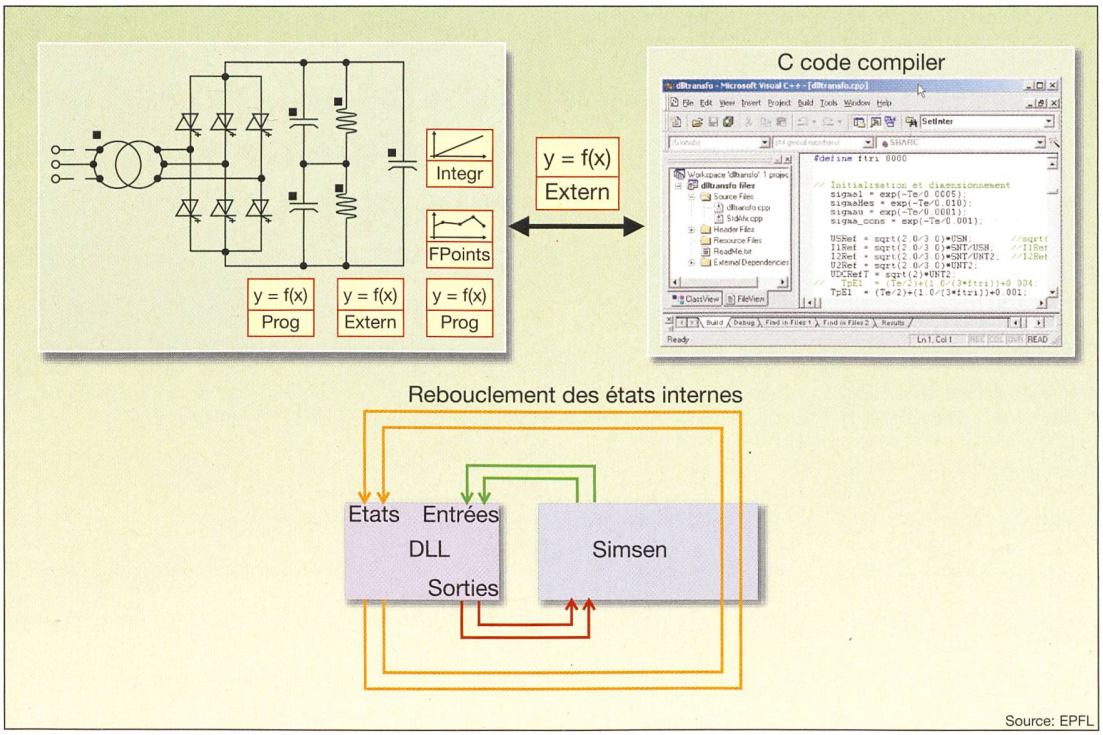

Figure 5 Lien entre Simsen et le code DSP via une DLL

Le régime transitoire simulé est un saut de consigne de la puissance réactive absorbée par le SVC côté haute tension (HT) du transformateur (de 0,2 à 0,9 p.u.). La trace bleue est le résultat de la simulation qui utilise le schéma bloc de réglage, la trace rouge est obtenue en usant du bloc « Extern » et de sa DLL qui contient la séquence codée en C de la stratégie de contrôle-commande.

Les traces bleue et rouge sont pratiquement superposées, l'infime écart qui subsiste est lié au fait que le réglage est analogique dans un cas et digital dans l'autre. Même si les conversions au sens des gains et des constantes de temps sont bien connues [3], de très petites différences subsistent au niveau des gains.

La figure 7 est une comparaison entre la simulation utilisant le bloc «Extern» (courbe rouge de la figure 6) et la mesure (figures 3 et 4) réalisée après avoir transféré le code C de la DLL dans le DSP du banc d'essai.

L'excellente concordance relevée à la figure 4 quittance la précision de la procédure proposée, elle confirme par ailleurs que le logiciel Simsen est capable de simuler correctement des topologies contrôlées par des stratégies mixtes analogiques-digitales.

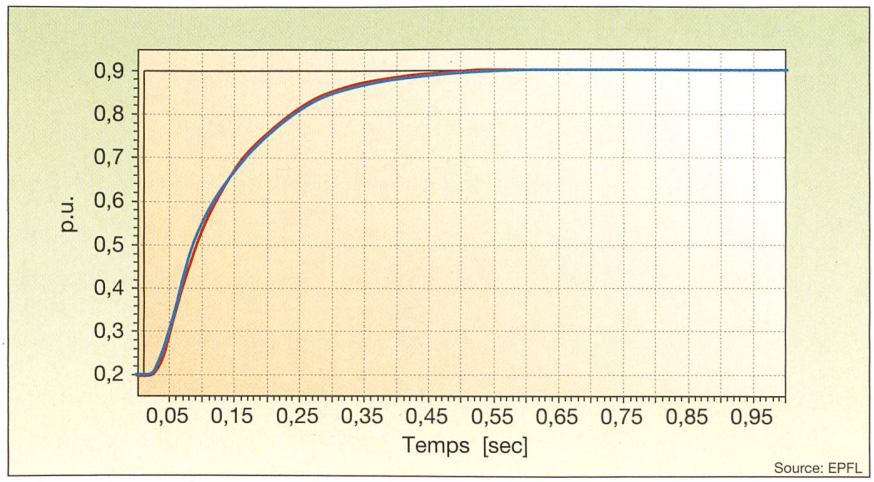

Figure 6 Comparaison entre Simsen – code C

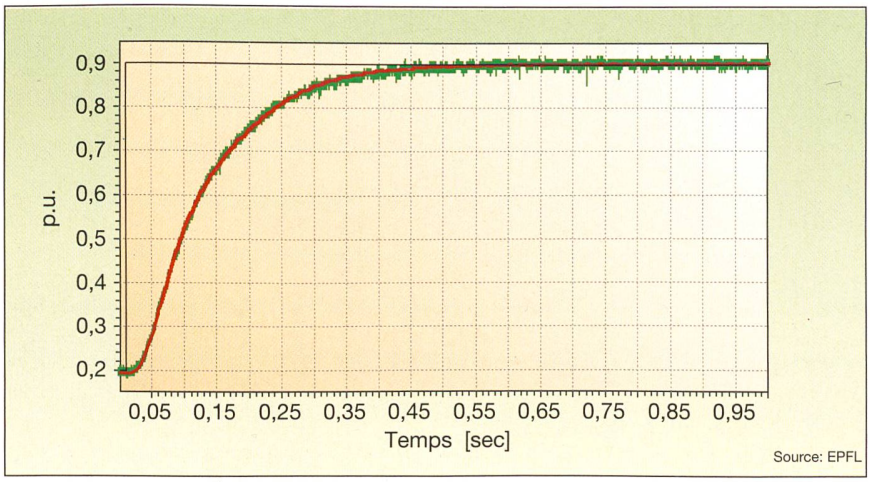

Figure 7 Comparaison entre code C – mesure

Références

[1] A. Sapin, J.-J. Simond: Mixed signal simulation of power drives. PCIM 2002, Nürnberg.

[2] A. Sapin, J.-J. Simond, P. Allenbach, B. Kawkabani, A. Guggisberger: Mixed signal simulation in the field of adjustable speed drives. EPE 1999, Trondheim.

[3] H. Bühler: Conception de systèmes automatiques. Presses Polytechniques Romandes, 1988, Lausanne.

Informations sur les auteurs

André Hodder a obtenu son diplôme d'ingénieur électricien EPFL en 1999. Il achève actuellement une thèse de doctorat au Laboratoire de Machines Electriques de l'EPFL.
Laboratoire de Machines Electriques, EPFL–STI–LME, CH-1015 Ecublens, andre.hodder@epfl.ch

Prof. **Jean-Jacques Simond** est ingénieur électricien diplômé EPUL 1968 et a obtenu un doctorat EPFL en 1976. Il a ensuite rejoint BBC (ABB) tout d'abord au sein d'une unité de recherches appliquées dans les domaines des machines électriques de puissance puis en qualité de chef du département hydro-alternateurs. Depuis 1990 il est professeur ordinaire EPFL et dirige le Laboratoire des Machines Electriques.
Laboratoire de Machines Electriques, EPFL–STI–LME, CH-1015 Ecublens, jean-jacques.simond@epfl.ch

[1] DSP: Digital Signal Processing
[2] Site Internet Simsen: http://simsen.epfl.ch
[3] SVC: Static Var Compensator
[4] VSI: Voltage Source Inverter

Virtueller Test eines DSP-Regelcodes für elektrische Netze und Antriebssysteme

Dieser Beitrag beschreibt ein Testverfahren für einen DSP-Code, wie er beispielsweise in industriellen Netzen oder Antriebssystemen mit variabler Drehzahl eingesetzt wird. Damit lässt sich das Verhalten industrieller Anlagen auch unter Einbezug des verwendeten DSP-Codes auf numerischem Weg optimieren. Dieses Verfahren basiert auf der an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) entwickelten Software Simsen, mit welcher sich Regelstrategien neuerdings nicht nur mit Hilfe von Blockschemata, sondern auch mit benutzerdefiniertem Code simulieren lassen.

FLUKE®

Erlernt in Minuten, getestet in Sekunden. Und bei jeder Messung Zeit gespart.

Neu Mit der neuen **Fluke 1650** Serie führen Sie die komplette Installationsprüfung wesentlich schneller und zuverlässiger aus als bisher. Und: Ärger mit ausgelösten FIs gehört der Vergangenheit an.

- **Einfach:** Knopf drehen, Taste drücken, Ergebnis ablesen!
- **Effizient:** Schleifenwiderstands-Messung ohne FI-Schalter auszulösen!
- **Robust:** Übersteht Sturz aus 1m!
- **Sicher:** Schlanke Messspitze für schwer zugängliche Messpunkte.
- **Komfortabel:** Kompakt und leicht (< 1,2 kg).
- **Zertifiziert:** Entspricht den NIV einschl. allen gängigen Standards wie VDE 0100/0413 und EN 61557

Fluke. *Damit Ihre Welt intakt bleibt.*

Sofort bestellen!
Sichern Sie sich Ihr persönliches Exemplar der DVD «Installation Testen»

Fluke (Switzerland) AG
www.fluke.ch
01 580 75 00

Endlich: NIV-Messungen einfach, schnell und sicher!