Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 84 (1993)

Heft: 23

Artikel: Simsen : un simulateur numérique modulaire pour systèmes énergétiques : un nouveau logiciel permet de simuler les systèmes électriques sur PC

Autor: Sapin, Alain / Simond, Jean-Jacques

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902756

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: 09.07.2025

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

Cet article présente un logiciel à structure modulaire pour la simulation numérique en régimes stationnaires ou transitoires de réseaux électriques de puissance dotés d'une topologie a priori quelconque. Ce logiciel contient une collection de modules qui renferment chacun le modèle d'un élément de réseau électrique (machines tournantes, systèmes mécaniques, transformateurs, sources, lignes, charges, convertisseurs statiques, régulateurs, organes de contrôle-commande). L'utilisateur définit le réseau qu'il désire simuler en choisissant les modules nécessaires et les relie conformément à la topologie souhaitée. L'utilisation de ce logiciel est possible sur IBM PC compatible ou sur une station de travail.

Simsen – un simulateur numérique modulaire pour systèmes énergétiques

Un nouveau logiciel permet de simuler les systèmes électriques sur PC

■ Alain Sapin et Jean-Jacques Simond

La simulation numérique est un outil indispensable d'aide à la conception, au dimensionnement et à l'exploitation des systèmes ou réseaux électriques. Un simulateur numérique doit, pour être performant, efficace et rentable, présenter les qualités suivantes: bon niveau de modélisation, domaine d'application étendu, précision, rapidité, flexibilité et convivialité.

Dans le domaine des systèmes ou réseaux électriques de puissance (production, transport et utilisation de l'énergie électrique, entraînements industriels ou de traction), deux logiciels sont fort répandus et fréquemment utilisés: EMTP [1] et Eurostag [2]. Le premier est conçu pour l'analyse de phénomènes transitoires rapides; il s'applique à des structures de réseaux complexes, mais exige une définition de la structure au niveau des composants élémentaires. Cette exigence est la cause majeure du peu de convivialité offerte par EMTP.

Eurostag est un système récent, hautement interactif, usant d'un macro-langage très élaboré. Il travaille sur la base d'un algorithme de variation automatique et continue du pas d'intégration en fonction de la dynamique du système simulé (plage de variation: 1 ms à 50 s). Cette originalité confère à Eurostag une efficacité remarquable et permet une substancielle économie de temps de calcul. Ce logiciel est très performant pour la simulation de phénomènes transitoires relativement lents ou la succession d'états quasi-stationnaires dans les réseaux de production et de transport de l'énergie électrique. Il est néanmoins permis de relever qu'Eurostag ne permet pas de simuler des structures renfermant des éléments à semi-conducteurs (convertisseurs de fréquence, compensateurs statiques de puissance réactive, liaisons à très haute tension continue).

Le logiciel à structure modulaire Simsen pour la simulation numérique en régimes stationnaires ou transitoires pour systèmes énergétiques et machines électriques, présenté ici, réunit les qualités requises citées plus haut. Ces deux objectifs principaux sont d'une part son application à des réseaux électriques de puissance présentant une topologie a priori quelconque, y compris ceux renfermant des éléments à semi-conducteurs et, d'autre part, la possibilité de simuler des phénomènes transitoires rapides (court-circuits, enclen-

Adresses des auteurs:
Alain Sapin et Prof. Dr. *Jean-Jacques Simond*, Laboratoire d'électromécanique et de machines électriques, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 1015 Lausanne.

chements et déclenchements, démarrages, etc.). Le logiciel est bien entendu susceptible d'être encore étendu. Néanmoins, son niveau de développement actuel le rend opérationnel dans une foule d'applications pratiques au sens des quelques exemples présentés plus loin.

Structure et objectifs du logiciel Simsen

Simsen repose sur une structure modulaire et permet la simulation par voie numérique du comportement en régimes stationnaires ou transitoires d'un réseau électrique triphasé présentant une topologie a priori quelconque. L'utilisateur définit le réseau qu'il désire simuler en choisissant les modules nécessaires (figure 1) qu'il relie conformément à la topologie souhaitée. Les conditions initiales peuvent être définies entièrement ou partiellement par l'utilisateur. Dans le second cas, quelques périodes d'intégration sont nécessaires pour stabiliser le système. Un régime transitoire peut inclure un grand nombre de perturbations successives qu'il est possible de choisir librement. Les résultats d'une simulation s'obtiennent sous forme graphique par le truchement d'une interface flexible et performante. Une structure de réseau déjà définie et analysée peut être modifiée ou étendue très rapidement.

Chacun des modules représentés sur la figure 1 correspond à un élément de réseau et contient les équations différentielles nécessaires à la modélisation de cet élément [3, 4, 5]. Un algorithme a été développé afin de générer automatiquement les matrices du système principal d'équations différentielles traduisant l'ensemble du réseau. Cet algorithme réutilise la modélisation de chaque élément et traduit la topologie choisie par l'utilisateur. Le système principal d'équations différentielles, écrites en grandeurs de phase, se résout par intégration numérique; la solution obtenue tient ainsi compte de toutes les interactions possibles entre les divers éléments d'un réseau complexe. Il est fait usage d'un pas d'intégration de durée variable [6, 7] afin de cerner précisément dans le temps un quelconque évènement particulier tel que, par exemple, le changement d'état d'un semi-conducteur, l'apparition d'une perturbation, la fermeture ou l'ouverture d'un disjoncteur.

La structure de Simsen est de surcroît évolutive. Il est en effet aisé de modifier la modélisation d'un élément modulaire ou de définir un module supplémentaire non offert dans la liste présentée à la figure 1, car tous les modules sont développés à partir d'une même structure au sens des liaisons externes. Pour les exemples ci-après, il est fait usage d'un pas d'intégration variable entre 0,2 et 1 ms.

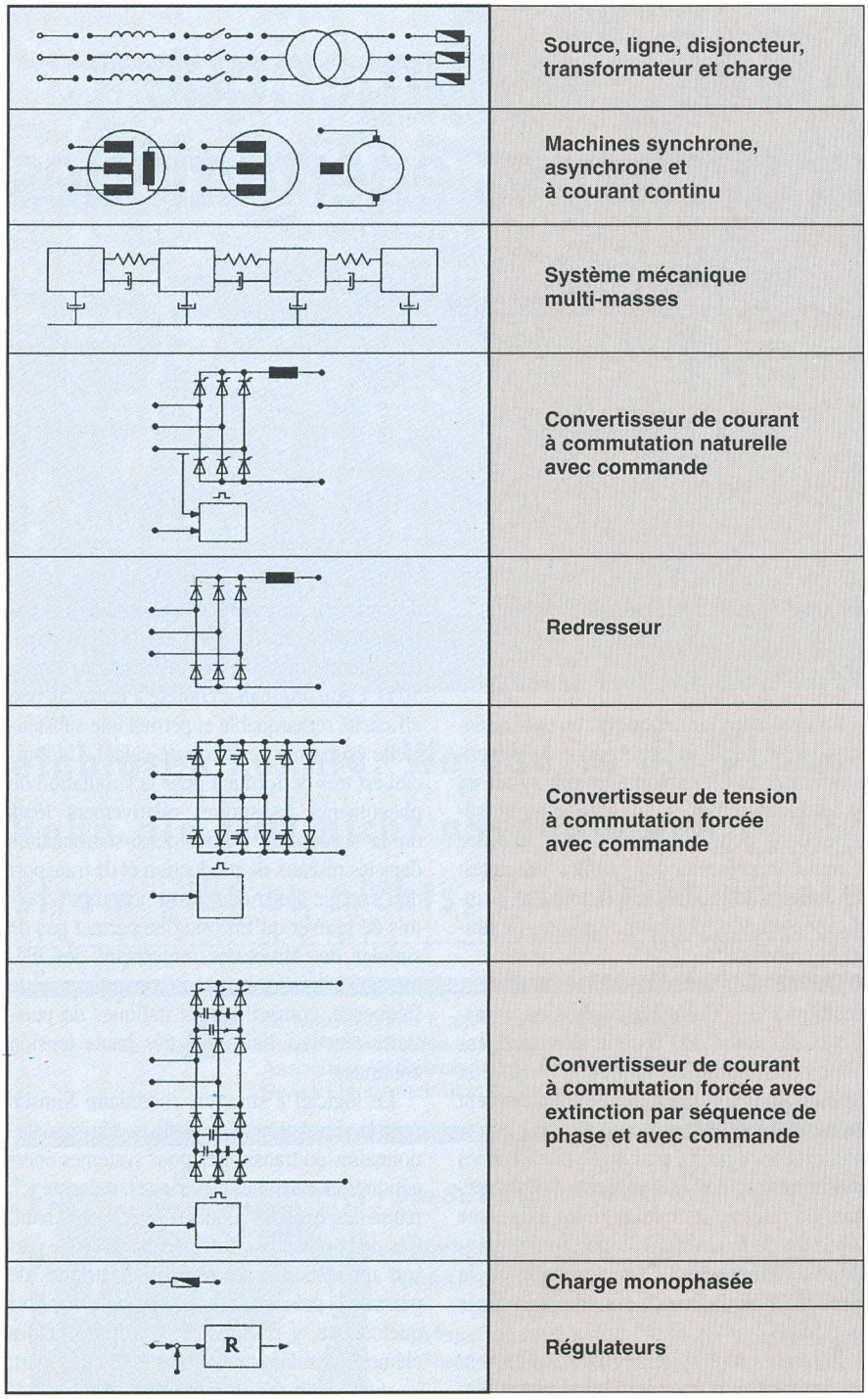


Figure 1 Liste des modules disponibles

Exemples d'application

Machine synchrone alimentée par un convertisseur de fréquence à douze pulsations

Le schéma de principe est représenté sur la figure 2. On y reconnaît aisément les modules suivants: une source, une ligne, des transformateurs *Yy0* et *Yd11*, des convertisseurs de courant, une machine synchrone, un système mécanique, des régulateurs de tension, de vitesse et de courant.

L'utilisation, de part et d'autre du convertisseur de fréquence, de transformateurs avec des groupes horaires *Yy0* respectivement *Yd11* conduit à l'élimination des harmoniques de rangs 5 et 7 au niveau des courants réseau et machine (fig. 3), ce qui, pour la machine, supprime la composante harmonique de rang 6 du couple électromagnétique et diminue ses pertes. La commutation naturelle des quatre convertisseurs de courant est assurée par le réseau qui fournit la puissance réactive nécessaire ainsi que par la machine qui doit être surexcitée. En régime *moteur*, les

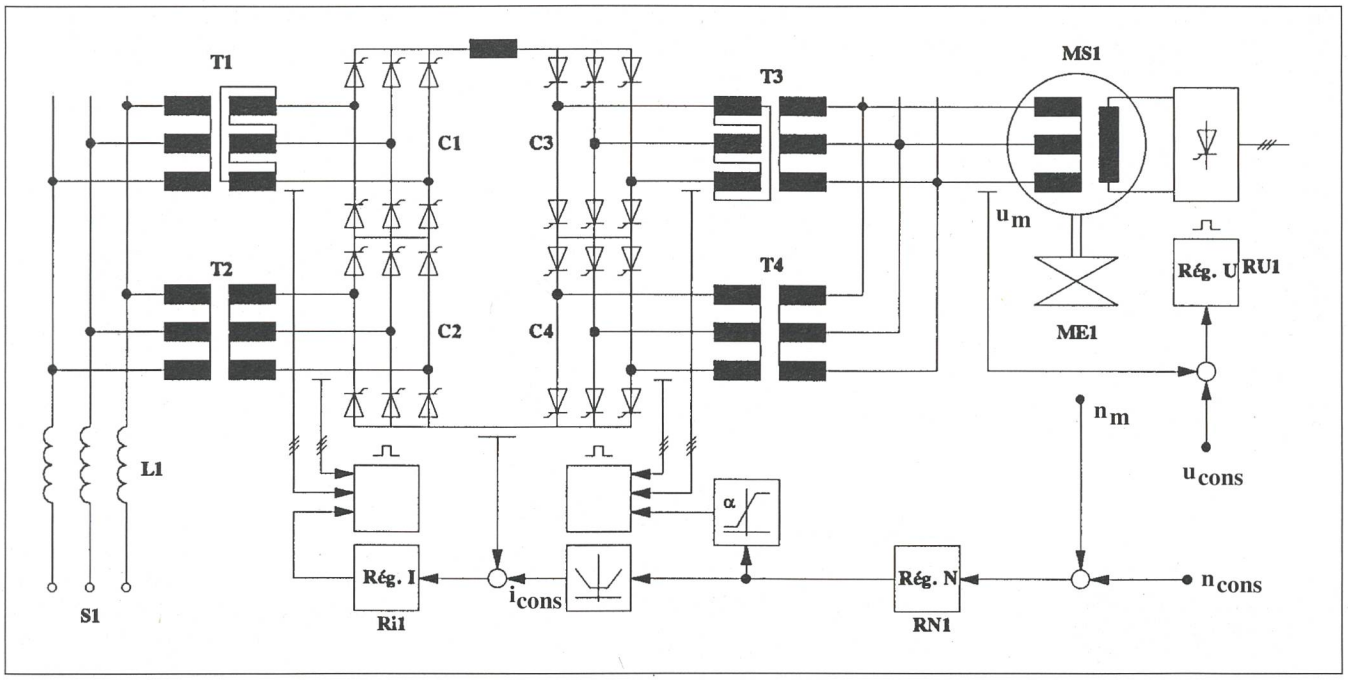


Figure 2 Machine synchrone alimentée par un convertisseur de fréquence à douze pulsations

convertisseurs *C3* et *C4* fonctionnent en *onduleur* avec un angle de retard à l'allumage α constant voisin de 150 degrés afin de parer au risque de raté de commutation en cas de surcharge et de garantir un bon facteur de puissance. Le régulateur de vitesse *RN1* règle la vitesse de rotation n_m du système mécanique *ME1* en agissant sur la grandeur de consigne i_{cons} du régulateur de courant *Ri1* selon la technique du réglage en cascade [5]. Le régulateur de courant *Ri1* règle le courant i_{DC} du circuit intermédiaire à courant continu en agissant sur l'angle de retard à l'allumage α des convertisseurs *C1* et *C2* qui fonctionnent en *redresseur*.

Les figures 3–6 présentent les résultats d'une simulation dans le cas d'un régime stationnaire *moteur* du système de la figure 2, avec imposition de valeurs constantes pour les consignes u_{cons} et n_{cons} des régulateurs de tension *RU1* et de vitesse *RN1*. Toutes les variables sont exprimées en valeurs rapportées aux grandeurs nominales de la machine synchrone.

Toute la difficulté de ce genre d'application est de gérer en continu le contrôle de l'état des 24 thyristors du convertisseur de fréquence afin de détecter avec précision leurs changements d'état.

Les figures 7–10 présentent les résultats d'un démarrage en fréquence et à couple constant de la machine synchrone. Cette opération demande un soin tout particulier quant à la commande des convertisseurs de courant du système de la figure 2.

A vitesse de rotation nulle, la machine synchrone *MS1*, déjà excitée, ne fournit aucune tension et ne permet donc pas la commutation naturelle des convertisseurs de courant *C3* et *C4*. Afin de pouvoir garantir l'extinction des thyristors de ces deux convertisseurs et de commuter les phases de la machine, la phase initiale du démarrage est un *régime pulsé*. Durant ce régime, on alimente successivement les phases de la machine synchrone *MS1* en ayant auparavant annulé le courant continu i_{DC} du circuit intermédiaire en forçant les convertisseurs de courant *C1* et *C2* à agir en *onduleur*. Pendant le régime pulsé, le convertisseur *C3* est court-circuité, cette phase initiale du démarrage est donc basée sur une séquence classique à six pulsations.

Lorsque la vitesse de rotation n_m du système mécanique *ME1* de la machine synchrone *MS1* est suffisante pour générer un système de tensions triphasées susceptible de permettre la commutation naturelle des con-

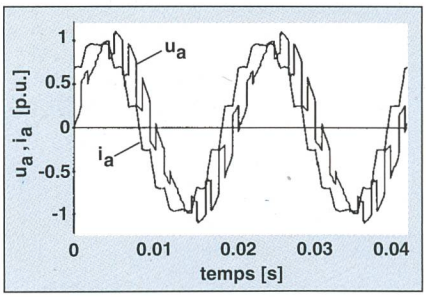


Figure 3 Tension u_a et courant i_a de phase de la machine synchrone

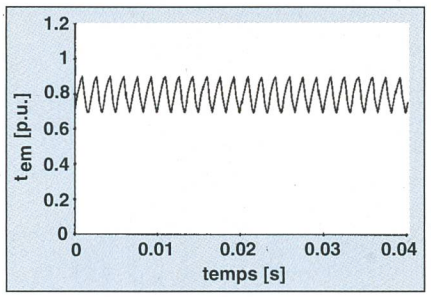


Figure 4 Couple électromagnétique t_{em} de la machine synchrone

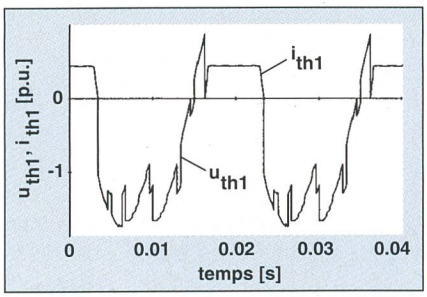


Figure 5 Tension u_{th1} et courant i_{th1} d'un thyristor du convertisseur *C1*

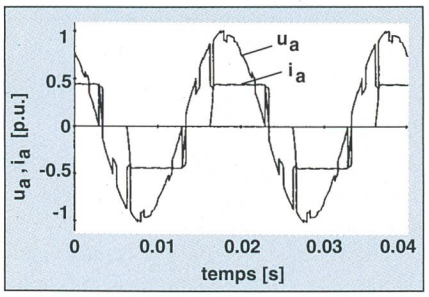


Figure 6 Tension u_a et courant i_a de phase du convertisseur *C1*

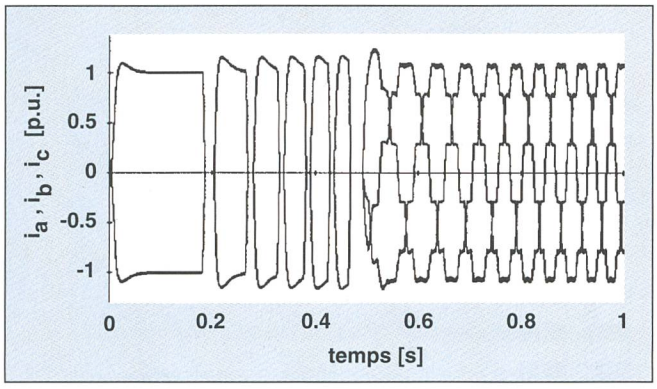


Figure 7 Courants i_a, i_b et i_c des phases statoriques de la machine synchrone

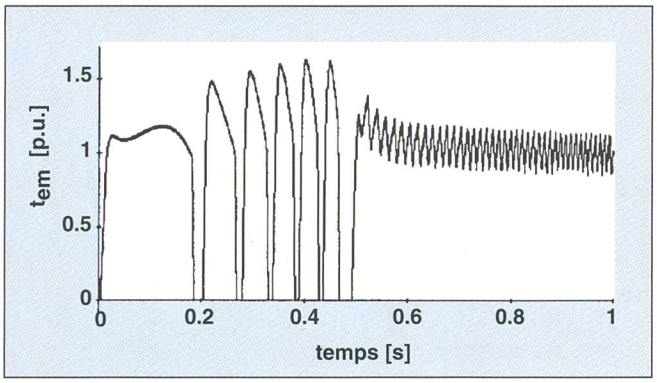


Figure 8 Couple électromagnétique t_{em} de la machine synchrone

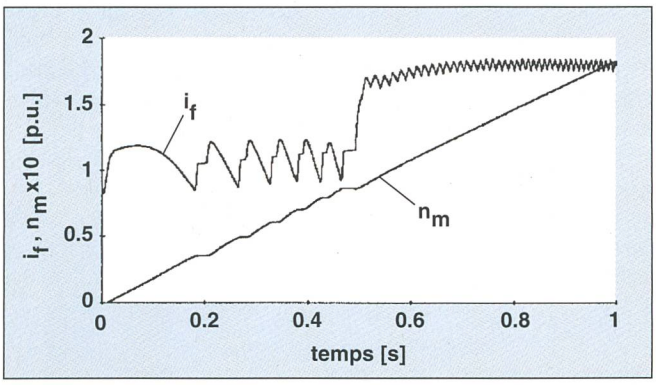


Figure 9 Courant d'excitation i_f et vitesse de rotation n_m de la machine synchrone

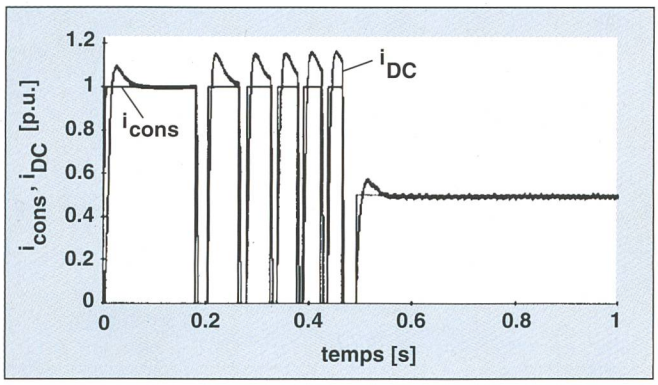


Figure 10 Consigne de courant i_{cons} et courant i_{DC} du circuit intermédiaire

vertisseurs de courant *C3* et *C4*, le démarrage entre dans une deuxième phase, le régime *auto-commuté*.

Il est nécessaire de prendre certaines précautions avant le passage en régime *auto-commuté*. Lorsque le régulateur de vitesse *RN1* détecte une vitesse de rotation n_m suffisante au niveau du système mécanique *ME1*, soit environ 5–10% de la vitesse nominale, le régulateur de courant *Ri1* pilote les convertisseurs de courant *C1* et *C2* avec un angle de retard à l'allumage α qui correspond à la limite de marche en *onduleur*, soit environ 160 degrés. Lorsque tous les thyristors du convertisseur de fréquence sont bloqués, le régulateur de vitesse *RN1* maintient la grandeur de consigne i_{cons} du régulateur de courant *Ri1* à une valeur nulle tant que la commande des convertisseurs de courant *C3* et *C4* n'a pas généré d'impulsions sur les gâchettes des thyristors. Cette astuce évite au régulateur de courant *Ri1* d'entrer en limitation alors que tous les thyristors des convertisseurs de courant *C3* et *C4* sont bloqués. Lorsque le système entre en régime *auto-commuté*, la machine synchrone *MS1* est cette fois alimentée selon une séquence à douze pulsations comme dans le cas du régime permanent.

La figure 7 montre l'allure des courants des phases statoriques de la machine. On distingue le régime pulsé avec séquence à six pulsations jusqu'à environ 0,5 s, et ensuite le régime *auto-commuté* avec séquence à douze pulsations.

La figure 10 montre l'allure de la consigne de courant i_{cons} du régulateur de courant *Ri1* et le courant continu i_{DC} du circuit intermédiaire. On remarque que, durant le régime pulsé, la valeur de la consigne est double de celle en régime *auto-commuté*. Cette astuce permet de démarrer la machine avec un courant proche du courant nominal également durant le régime *pulsé* avec séquence à six pulsations.

Perturbations dans un réseau de distribution MT

La figure 11 représente la partie *Sud* du réseau 60 kV des EEF (Entreprises Electriques Fribourgeoises). Dans ce réseau, on reconnaît aisément les éléments suivants: deux génératrices de type synchrone avec régulateur de tension, une génératrice de type asynchrone avec condensateurs pour la compensation de la puissance réactive, des transformateurs, des charges, des lignes, des disjoncteurs et une liaison au réseau rigide 220 kV EOS (Energie Ouest Suisse).

La simulation envisagée peut se résumer en deux évènements: dans un premier temps, à partir d'un cas de charge stationnaire réel (fourni par les EEF), Simsen calcule le Load-Flow correspondant. On crée ensuite un défaut entre deux phases sur le nœud *Châtel* au temps t = 0,02 s. Le défaut biphasé est maintenu jusqu'au temps t = 0,2 s. A cet instant, l'ordre d'ouverture est donné aux disjoncteurs *D1*, *D2* et *D3*. L'ouverture de ces trois disjoncteurs va îloter le noeud *Châtel*.

Les figures 12–15 présentent les résultats de la simulation envisagée. Ces résultats sont fournis en valeurs rapportées dans le système de référence: 100 MVA, 60 kV. La figure 12 décrit l'allure des courants de phases i_a, i_b et i_c à l'endroit du défaut. On remarque l'îlotage après 0,2 s. Sur les figures 13 et 15, on observe le couple électromagnétique t_{em} et le courant d'excitation i_f des deux génératrices synchrones *MS1* et *MS2*. La figure 14 montre la variation de la puissance active P_1 transi-

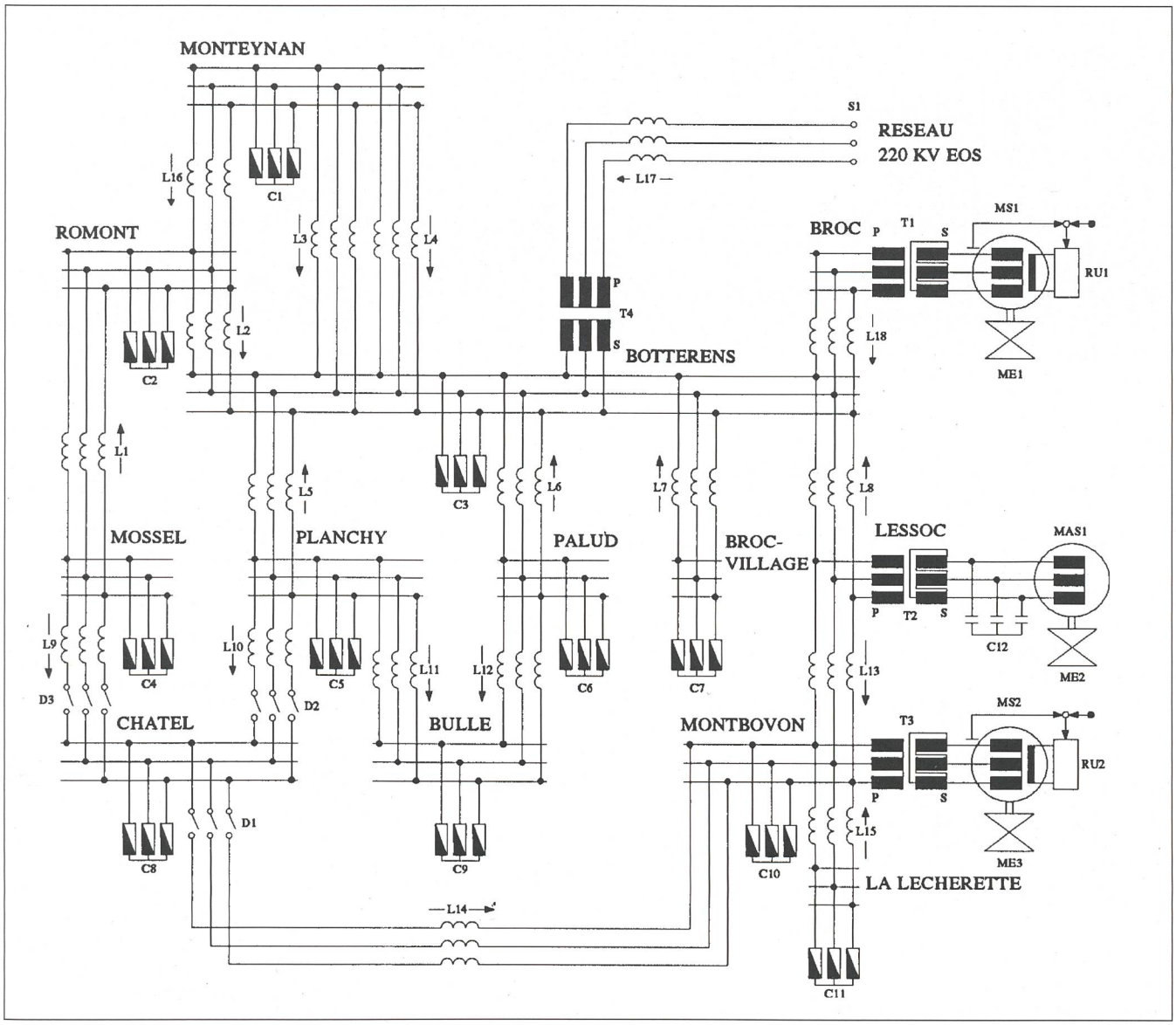


Figure 11 Réseau 60 kV des EEF, partie *Sud*

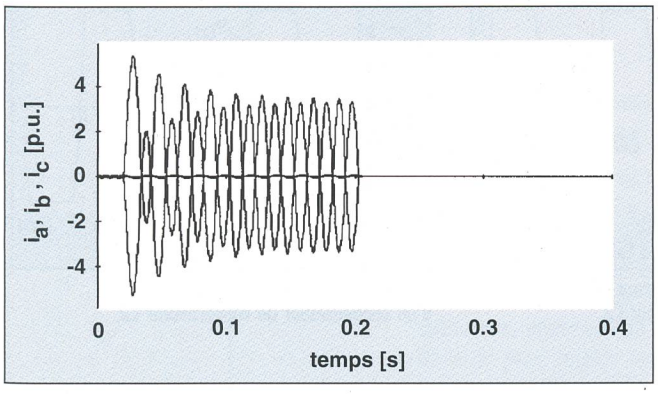


Figure 12 Courants de phases i_a, i_b et i_c la charge *C8* de *Châtel*, endroit du défaut

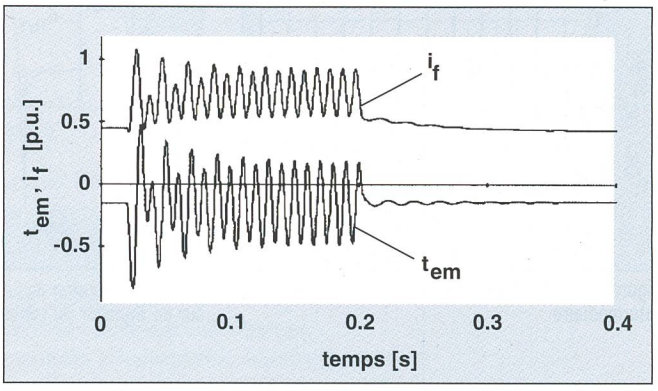


Figure 13 Couple électromagnétique t_{em} et courant d'excitation i_f de la génératrice *MS2* de *Montbovon*

tant dans la ligne *L13* reliant les nœuds *Lessoc* et *Montbovon*.

Machine asynchrone alimentée par un convertisseur de fréquence

Le schéma de principe est représenté sur la figure 16. On y distingue les éléments suivants: une source, un transformateur, un convertisseur de courant à commutation naturelle, un convertisseur de courant à commutation forcée avec extinction par séquence de phase, une machine asynchrone avec son système mécanique, des régulateurs de vitesse et de courant.

Le régulateur de vitesse *RN1* règle la vitesse de rotation n_m du système mécanique *ME1* de la machine asynchrone *MAS1* en agissant sur la grandeur de consigne i_{cons} du régulateur de courant *Ri1* et en pilotant la pulsation n_s du convertisseur de courant à commutation forcée *C2*. Cette pulsation est

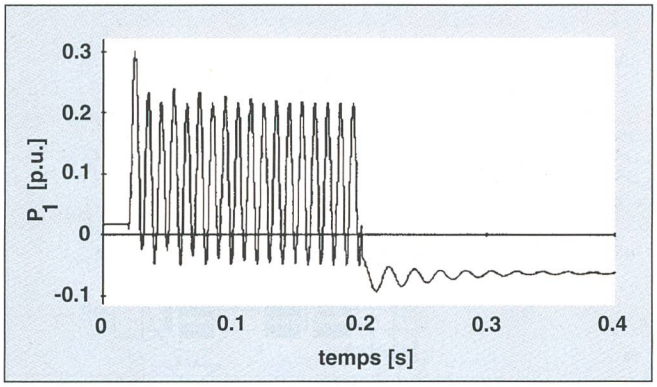


Figure 14 Puissance active P_1 transitant dans la ligne *L13* reliant les nœuds *Lessoc* et *Montbovon*

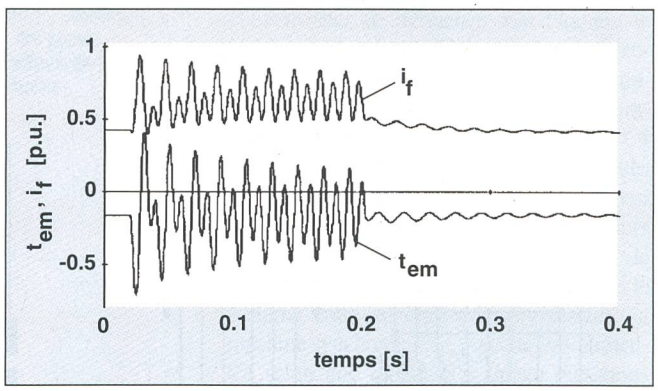


Figure 15 Couple électromagnétique t_{em} et courant d'excitation i_f de la génératrice *MS1* de *Broc*

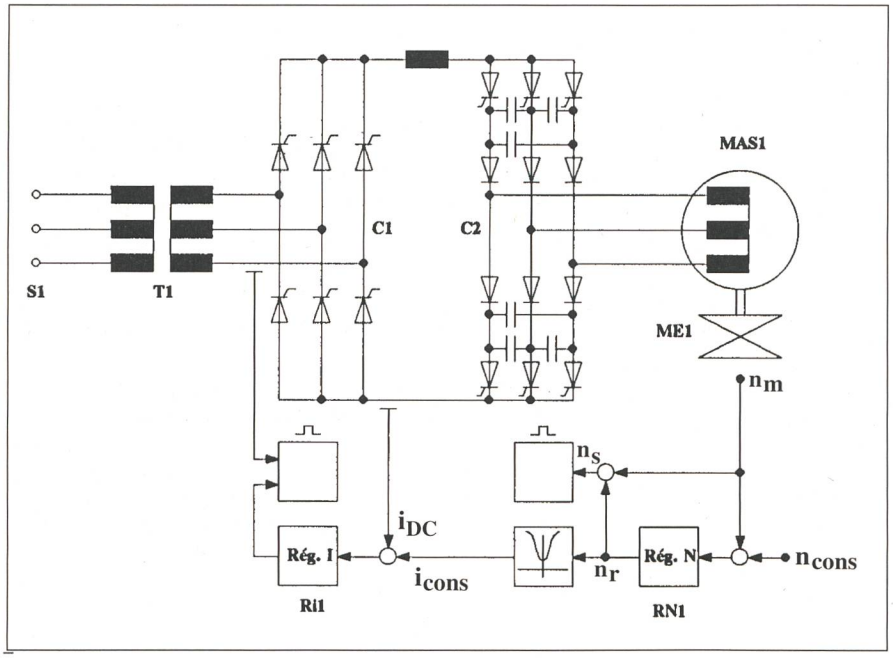


Figure 16 Machine asynchrone alimentée par un convertisseur de fréquence

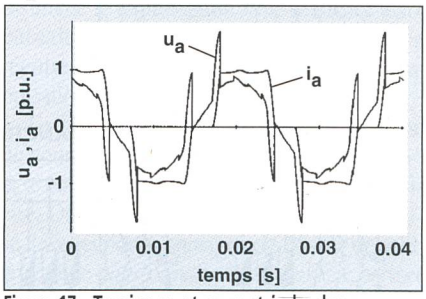


Figure 17 Tension u_a et courant i_a de phase de la machine asynchrone

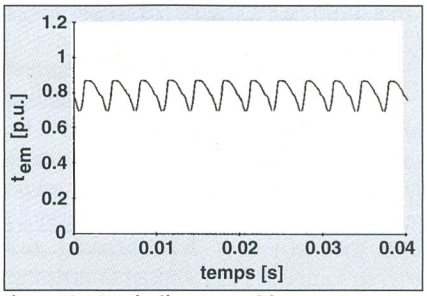


Figure 18 Couple électromagnétique t_{em} de la machine asynchrone

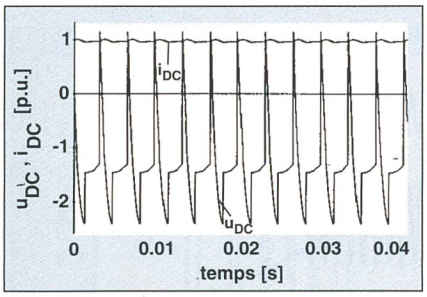


Figure 19 Tension u_{DC} et courant i_{DC} au circuit intermédiaire

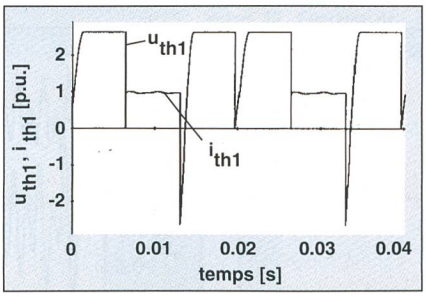


Figure 20 Tension u_{th1} et courant i_{th1} sur un thyristor du convertisseur *C2*

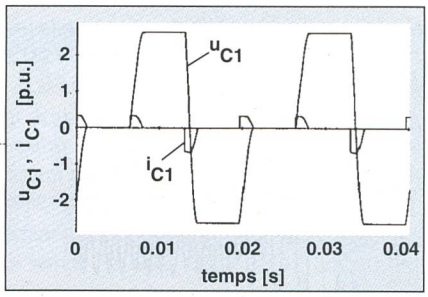


Figure 21 Tension u_{C1} et courant i_{C1} d'un condensateur du convertisseur *C2*

définie par la somme de la vitesse de rotation n_m du système mécanique *ME1* et de la pulsation rotorique n_r. Le régulateur de courant *Ri1* règle le courant i_{DC} du circuit intermédiaire en agissant sur l'angle de retard à l'allumage α du convertisseur de courant *C1*.

Toute la difficulté de la simulation du convertisseur à commutation forcée avec extinction par séquence de phase est liée à la commutation extrêmement rapide des thyristors due à la décharge des condensateurs d'extinction. Ce phénomène exige de travailler à cet instant avec un pas d'intégration très inférieur à 1 ms.

Les figures 17–21 présentent les résultats d'un régime permanent *moteur* avec imposition d'une valeur constante pour la consigne n_{cons} du régulateur de vitesse, le tout dans le système de référence correspondant aux grandeurs nominales de la machine asynchrone.

Conclusions et perspectives

Un nouveau logiciel à structure modulaire pour la simulation numérique en régimes stationnaires ou transitoires de réseaux électriques présentant une topologie a priori quelconque a été présenté. Ce logiciel est un outil performant et convivial d'aide à la conception, au dimensionnement et à l'exploitation de réseaux complexes de puissance pouvant

contenir des éléments à semi-conducteurs. Simsen est conçu dans un souci prioritaire de polyvalence et de convivialité. Il est évolutif dans la mesure où les procédures de définition d'un nouveau module ou de modification d'un module existant sont simples. Dans son état de développement actuel, Simsen est opérationnel pour une foule d'applications pratiques au sens des exemples présentés.

L'adjonction de modules supplémentaires (compensateurs statiques de puissance réactive, compensation série améliorée, cascade hypo-hypersynchrone, cyclo-convertisseur, etc.) ainsi que d'une interface graphique d'entrée des réseaux augmenteront encore le domaine d'application et la convivialité du logiciel.

Références

[1] EMTP Rule Book. Bonneville Power Administration, Portland, Oregon.

[2] Eurostag, Software for the Simulation of Power System Dynamics. Electricité de France, Tractebel 1990.

[3] *J. Chatelain*: Machines électriques. Traité d'Electricité, vol. X, 2e édition, Presses polytechniques romandes, Lausanne 1989.

[4] *H. Bühler*: Convertisseurs statiques. Presses polytechniques romandes, Lausanne 1991.

[5] *H. Bühler*: Electronique de réglage et de commande. Traité d'Electricité, vol. XVI, 1re édition, Presses polytechniques romandes, Lausanne 1982.

[6] *J.-J. Simond*: Nachbildung eines Systems aus Synchronmaschine, Frequenzumrichter und Drehstromnetz mit Simulation instationärer Vorgänge. ETZ Archiv, Bd. 10, 1988.

[7] *A. Sapin, J.-J. Simond, B. Kawkabani*: Frequency converter-fed synchronous machines. Interactive simulation system, ICEM 92.

Simsen – ein modularer numerischer Simulator für energietechnische Systeme

Eine neue Software erlaubt, elektrische Systeme auf dem PC zu simulieren

Im Artikel wird unter der Bezeichnung *Simsen* (*si*mulateur numérique à structure *m*odulaire pour *s*ystèmes *én*ergétiques et machines électriques) eine neue Software für die numerische Simulation von elektrischen Energienetzen beliebiger Topologie vorgestellt. Die Software besteht aus einer Anzahl von Modulen, von denen jedes ein bestimmtes Element elektrischer Netze simuliert (rotierende Maschinen, mechanische Systeme, Transformatoren, Quellen, Leitungen, Lasten, statische Umformer, Regler usw.). Um ein Netz zu simulieren, wählt der Benützer die notwendigen Module aus und verbindet sie entsprechend der Netztopologie. Die Software ist auf IBM-kompatiblen PCs oder Workstations einsetzbar.

Die Netzelemente, für die heute Software-Module existieren, sind in Figur 1 dargestellt; die Software ist für weitere Elemente jederzeit erweiterbar. Die Software modelliert die Netzelemente mit Hilfe der entsprechenden Differentialgleichungen [3, 4, 5], und ein spezieller Algorithmus generiert, entsprechend der vorgegebenen Topologie, automatisch die Netzmatrizen für das Gesamtsystem. Die Software erlaubt, die Differentialgleichungen mit variablen Integrationsschritten zu lösen, so dass auch die Zeitabhängigkeit schnell veränderlicher Grössen genau erfasst werden kann. Im Artikel werden drei Anwendungsfälle im Detail diskutiert. Im ersten Beispiel wird die Simulation einer mit 12-Puls-Umrichter gespeisten Synchronmaschine (Fig. 2) diskutiert; die Figuren 3–6 zeigen die Resultate aus der Simulation des stationären Betriebs, die Figuren 7–10 jene für das Anfahren der Maschine bei konstantem Lastmoment. In einem zweiten Beispiel wird das Verhalten eines MS-Netzes (Fig. 11) im stationären Fall und im Fehlerfall untersucht (Fig. 12–15). Im dritten Beispiel wird schliesslich das Regelverhalten einer mit Frequenzumrichter gespeisten Asynchronmaschine im Motorbetrieb (Fig. 16) analysiert; die Resultate sind in den Figuren 17–21 wiedergegeben.

SEV/ASE

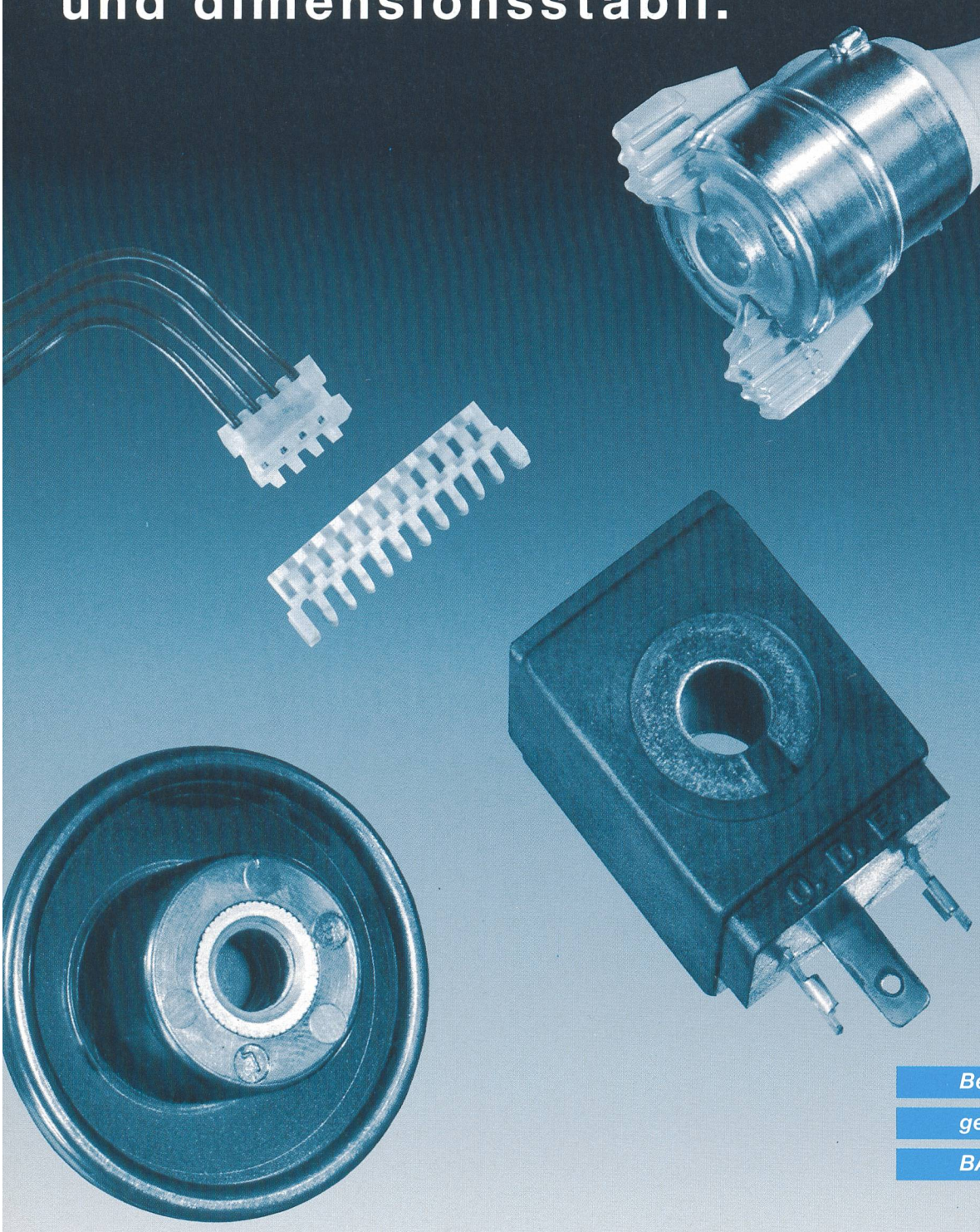
Connaissez-vous l'ETG?

La Société pour les techniques de l'énergie de l'ASE (ETG) est un *Forum national* qui s'occupe des problèmes actuels des systèmes d'énergie électrique dans le cadre global de toutes les formes de l'énergie. En tant que *société spécialisée de l'Association Suisse des Electriciens* (ASE), elle se tient à la disposition de tous les spécialistes et utilisateurs intéressés du domaine des techniques de l'énergie.

Pour de plus amples renseignements et documents, veuillez prendre contact avec l'Association Suisse des Electriciens, Seefeldstrasse 301, case postale, 8034 Zurich, téléphone 01 384 91 11.

Elektrotechnische Teile kleiner, besser und rationeller?

Mit Ultrason® (PES, PSU) – hoch temperaturbeständig und dimensionsstabil.



Miniaturisierung heißt die permanente Herausforderung an die Konstruktion von elektrotechnischen Teilen. Sie erfordert temperaturbeständige, dimensionsstabile und rationell zu verarbeitende Werkstoffe, die den sicherheitstechnischen Anforderungen an das Brandverhalten entsprechen. Ultrason der BASF erfüllt diese Kriterien. Und zwar langfristig bei Temperaturen bis zu 190 °C und kurzfristig sogar bis über 200 °C. Auch dann bleiben die Teile dimensionsstabil und verziehen sich nicht. Die meisten Ultrason-Typen erreichen die sehr günstige Brandeinstufung nach UL V–0 ohne zusätzliche Brandschutzausrüstung. Selbst kompliziert geformte Teile werden aus Ultrason E (PES) und Ultrason S (PSU) verzugsfrei und rationell im Spritzguß hergestellt.
Nehmen auch Sie den Dialog auf mit BASF, Ihrem kompetenten Kunststoff-Partner.

Besser gemeinsam –
gemeinsam besser
BASF Kunststoff-Technolog

BASF (Schweiz) AG
Postfach 99
CH 8820 Wädenswil/Au

Kunststoffe

BASF

BASF Kunststoffe – eines der umfassendsten Sortimente der Welt

Lupolen® PE
Lucalen® E/A
Lucobit® ECB
Novolen® PP
Oppanol® PIB
Vinoflex® PVC
Vinidur® VC/A
Vinuran®
Polystyrol PS
Polystyrol S/B

Styroplus® S/B-Blend
Styroblend® S/B-Blend
Styrolux® S/B/S
Luran® SAN
Terluran® ABS
Terlux® MABS
Luran® S ASA
Terblend® S (ASA + PC)
Luranyl® (PPE + S/B)
Ultramid® PA

Ultramid® T PA 6/6T
Ultraform® POM
Ultradur® PBT
Ultrablend® S (PBT + ASA)
Ultrason® E PES
Ultrason® S PSU
Ultrapek® PAEK
Styropor® EPS
Styrodur® XPS
Neopolen® P PP-E

Elastropreg® GMT
Palatal® UP, VE
Palapreg®
PUR-Rohstoffe
PUR-Systeme
PUR-Elastomere

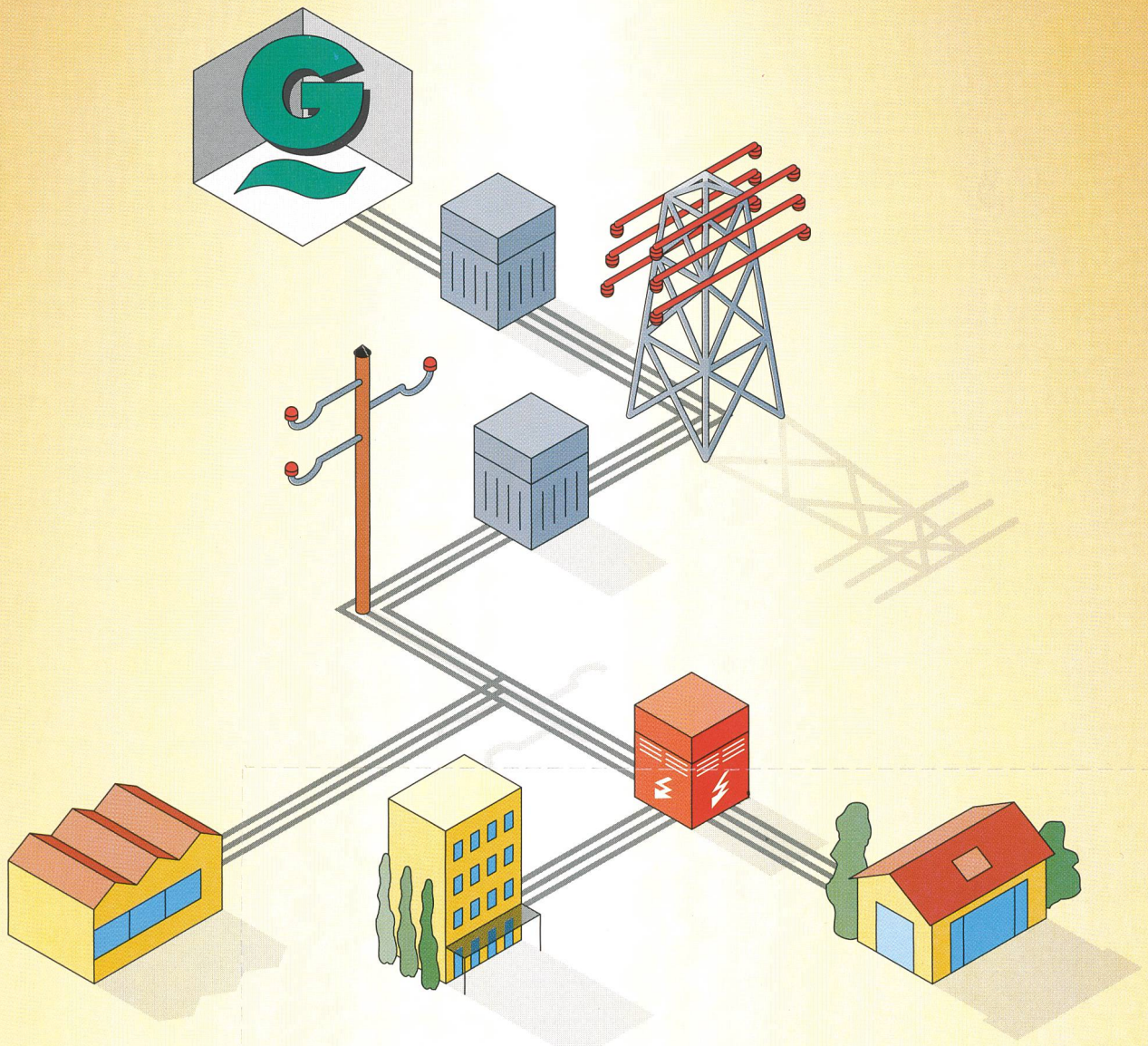
® = registrierte Warenzeichen der BASF

KUX 9303

Messen lohnt sich !

MEMOBOX garantiert Ihnen Sicherheit bei Entscheidungen im Netzbetrieb

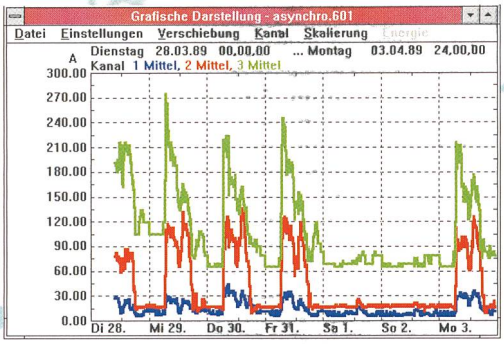
- **Bessere Netzausnützung**
- **Überwachung der Spannungsqualität**
- **Reduktion der Energiekosten**



Interaktive Computer Präsentation

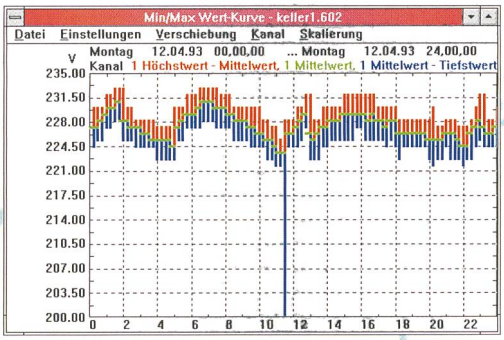
Lernen Sie die MEMOBOX-Familie kennen !

601: Wechselstrom
602: Wechselspannung
603: Leistung und Energie
604: Oberschwingungen



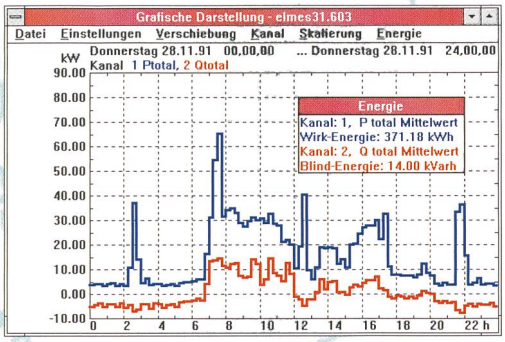
Netzoptimierung:

Erkennung und Korrektur von Asymmetrien.



Spannungsqualität:

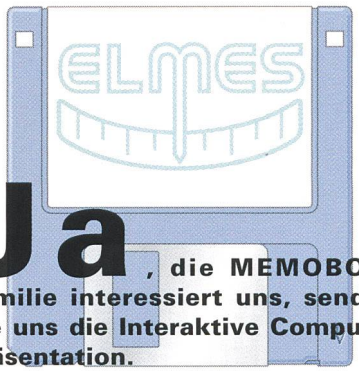
Produktionsunterbrüche vermeiden durch Erkennung von Netzschwachstellen.



Energiemanagement:

Erkennung und Reduktion von Leistungsspitzen.

- **Langzeitmessung über mehrere Tage**
- **Aussagekräftige Entscheidungsgrundlagen**
- **Einfache Inbetriebnahme**
- **Klein und wartungsfrei**
- **Delegation der Messung**



Ja, die MEMOBOX-Familie interessiert uns, senden Sie uns die Interaktive Computer Präsentation.

Firma: .....

Kontaktperson: .....

Abteilung: .....

Strasse: .....

PLZ/Ort: .....

Telefon: ..... intern: .....

Nicht frankieren
Ne pas affranchir
Non affrancare

Geschäftsantwortsendung Invio commerciale-risposta
Correspondance commerciale-réponse

LEM Elmes AG
Systeme für die Messtechnik
Bergstrasse 43

8805 Richterswil

LEM

LEM Elmes AG
Systeme für die Messtechnik
Bergstrasse 43
CH-8805 **Richterswil**/Schweiz
Tel. (..41) 01 - 784 22 22
Fax (..41) 01 - 784 64 07

ELMES VERKAUFS GmbH
Systeme für die Messtechnik
Genfer Strasse 6
D-60437 **Frankfurt/Main** 50
Tel. (..49) 069 - 507 28 28
Fax (..49) 069 - 507 14 48