

Printed from

Journal of Scientific Research

<http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>

Etude du Comportement de Transformateur de Puissance lors de la Variation de la Charge

Abdelkader ABDELMOUMENE, Hamid BENTARZI
*Laboratoire Signaux et Systèmes, IGEE,
Université de Boumerdes, Algeria
Email : a_abdelmoumene@yahoo.fr*

Published on 30 December 2012

The Editor, on behalf of the Editorial Board and Reviewers, has great pleasure in presenting this number of the Journal of Scientific Research. This journal (ISSN 2170-1237) is a periodic and multidisciplinary journal, published by the University of Bechar. This journal is located at the interface of research journals, and the vulgarization journals in the field of scientific research. It publishes quality articles in the domain of basic and applied sciences, technologies and humanities sciences, where the main objective is to coordinate and disseminate scientific and technical information relating to various disciplines.

The research articles and the development must be original and contribute innovative, helping in the development of new and advanced technologies, like the studies that have concrete ideas which are of primary interest in mastering a contemporary scientific concepts. These articles can be written in Arabic, French or English. They will not be published in another journal or under review elsewhere. The target readership is composed especially of engineers and technicians, teachers, researchers, scholars, consultants, companies, university lab, teaching techniques and literary ... The journal is obtainable in electronic form, which is available worldwide on the Internet and can be accessed at the journal URL:

<http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>.

Director of Journal

Pr. BELGHACHI Abderrahmane

Editor in Chief

Dr. HASNI Abdelhafi d

Co-Editor in Chief

Dr. BASSOU Abdesselam

Editorial Member

TERFAYA Nazihe

BOUIDA Ahmed

LATFAOUI Mohieddine

MOSTADI Siham

Reviewers board of the Journal.

Pr. KADRY SEIFEDINE (The American University in KUWAIT)
Pr. RAZZAQ GHUMMAN Abdul (Al Qassim University KSA)
Pr. PK. MD. MOTIUR RAHMAN (University of Dhaka Bangladesh)
Pr. MAHMOOD GHAAZAW Yousry (Al Qassim University KSA)
Pr. KHENOUS Houari Boumediene (King Khalid University KSA)
Pr. RAOUS Michel (Laboratory of Mechanic and Acoustic France)
Pr. RATAN Y. Borse (M S G College Malegaon Camp India)
Pr. LEBON Frédéric (University of Aix-Marseille 1 France)
Pr. MONGI Ben Ouédou (National Engineering School of Tunis)
Pr. BOUKELIF Aoued (University of Sidi Bel Abbes Algeria)
Pr. DJORDJEVICH Alexandar (University of Hong Kong)
Pr. BENABBASSI Abdelhakem (University of Bechar Algeria)
Pr. BOULARD Thierry (National Institute of Agronomic Research France)
Pr. LUCA Varani (University of Montpellier France)
Pr. NEBBOU Mohamed (University of Bechar Algeria)
Dr. FELLAH Zine El Abidine Laboratory of Mechanic and Acoustic France)
Dr. ZHEN Gao (University of Ontario Institute of Technology Canada)
Dr. OUERDACHI Lahbassi (University of Annaba Algeria)
Dr. HADJ ABDELKADER Hicham (IBISC – University of Evry France)
Dr. KARRAY M'HAMED ALI (National Engineering School of Tunis)
Dr. ALLAL Mohammed Amine (University of Tlemcen Algeria)
Dr. FOUCHAL Fazia (GEMH - University of Limoges France)
Dr. TORRES Jeremi (University of Montpellier 2 France)
Dr. CHANDRAKANT Govindrao Dighavka (L. V. H. College of Panchavati India)
Dr. ABID Chérifa (Polytech' University of Aix-Marseille France)
Dr. HAMMADI Fodil (University of Bechar Algeria)
Dr. LABBACI Boudjema (University of Bechar Algeria)
Dr. DJERMANE Mohammed (University of Bechar Algeria)
Dr. BENSALI Abd-El-Hamid (University of Tlemcen)
Dr. BENBACHIR Maamar (University of Bechar Algeria)

Pr. BALBINOT Alexandre (Federal University of Rio Grande do Sul Brazil)
Pr. TEHIRICHI Mohamed (University of Bechar Algeria)
Pr. JAIN GOTAN (Materials Research Lab., A.C.S. College, Nandgaon India)
Pr. SAIDANE Abdelkader (ENSET Oran Algeria)
Pr. DI GIAMBERARDINO Paolo (University of Rome « La Sapienza » Italy)
Pr. SENGOUA Nouredine (University of Biskra Algeria)
Pr. CHERITI Abdelkarim (University of Bechar Algeria)
Pr. MEDALE Marc (University of Aix-Marseille France)
Pr. HELMAOUI Abderrachid (University of Bechar Algeria)
Pr. HAMOUINE Abdelmadjid (University of Bechar Algeria)
Pr. DRAOUI Belkacem (University of Bechar Algeria)
Pr. BELGHACHI Abderrahmane (University of Bechar Algeria)
Pr. SHAILENDHRA Karthikeyan (AMRITA School of Engineering India)
Pr. BURAK Barutcu (University of Istanbul Turkey)
Pr. LAOUFI Abdallah (University of Bechar Algeria)
Dr. SELLAM Mebrouk (University of Bechar Algeria)
Dr. ABDUL RAHIM Ruzairi (University Technology of Malaysia)
Dr. BELBOUKHARI Nasser (University of Bechar Algeria)
Dr. CHIKR EL MEZOUAR Zouaoui (University of Bechar Algeria)
Dr. BENACHAIBA Chellali (University of Bechar Algeria)
Dr. KAMECHE Mohamed (Centre des Techniques Spatiales, Oran Algeria)
Dr. MERAD Lotfi (Ecole Préparatoire en Sciences et Techniques Tlemcen Algeria)
Dr. BASSOU Abdesselam (University of Bechar Algeria)
Dr. ABOU-BEKR Nabil (University of Tlemcen Algeria)
Dr. BOUNOUA Abdennacer (University of Sidi bel abbes Algeria)
Dr. TAMALI Mohamed (University of Bechar Algeria)
Dr. FAZALUL RAHMAN Mohd Hafiz (University of Malaysia)
Dr. ABDELAZIZ Yazid (University of Bechar Algeria)
Dr. BERGA Abdelmadjid (University of Bechar Algeria)
Dr. Rachid KHALFAOUI (University of Bechar Algeria)
Dr. SANJAY KHER Sanjay (Raja Ramanna Centre for Advanced Technology INDIA)

Journal of Scientific Research

P.O.Box 417 route de Kenadsa

08000 Bechar - ALGERIA

Tel: +213 (0) 49 81 90 24

Fax: +213 (0) 49 81 52 44

Editorial mail: jrs.bechar@gmail.com

Submission mail: submission.bechar@gmail.com

Web: <http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>



Etude du Comportement de Transformateur de Puissance lors de la Variation de la Charge

Abdelkader ABDELMOUMENE, Hamid BENTARZI

Laboratoire Signaux et Systèmes, IGEE,

Université de Boumerdes, Algeria

Email : a.abdelmoumene@yahoo.fr

Résumé – L'étude du transformateur en régime de fonctionnement perturbé, l'identification de ces perturbations ainsi que leurs origines ont une importance particulière pour le choix et le dimensionnement du transformateur ; et même pour l'optimisation de l'exploitation de l'énergie électrique mise à la disposition du consommateur.

Dans le but d'étudier le comportement des transformateurs de puissance suite aux variations brutales de la charge ; nous avons développé le logiciel ERPT (version 1.1 2010) qui permet – entre autres – la simulation des différentes grandeurs électriques lors de l'augmentation ou de la réduction de la puissance demandée par les récepteurs.

Cette étude permet d'identifier et d'analyser les phénomènes accompagnant ce changement d'état de fonctionnement afin de les prendre en considération pour le choix et la sélection des caractéristiques optimales des transformateurs dans le cas où ces manœuvres de charge seront probables.

Mots clés: simulation, transformateur de puissance, régime perturbé, variation de la charge.

I. Introduction

Dans notre monde moderne nous utilisons de plus en plus de technologie dans notre vie de tous les jours, au point où nous sommes devenus complètement dépendant de l'énergie électrique, autant dans notre vie privée que pour nos activités commerciales et industrielles.

La puissance électrique demandée par les consommateurs est variable en fonction du temps en raison de différents facteurs :

- *Climatique* : alternance des saisons, présence ou non de soleil dans la journée
- *Sociologiques* : congé hebdomadaire ou annuel...
- *Culturels* : avec les émissions de télévision le soir (matches du football ; événement particulier.... En juillet 1969, le débarquement d'un homme sur la lune au cours de la nuit, déclencha en Europe une demande très élevée de puissance électrique en un temps réduit.
- *Economiques* : à long terme : développement industriel, récession, et à court terme : mise en route et arrêt des industries, le branchement et le débranchement des machines électriques (moteurs, pompes....).

C'est à ce dernier type de variation de la puissance demandée et son influence sur le transformateur de puissance qu'on s'intéresse dans cet article.

Dans un premier temps nous donnerons quelques définitions des termes qui seront utilisées dans l'interprétation des résultats de simulation. Nous donnerons également une brève présentation sur le logiciel utilisé dans ce travail, nous aborderons ensuite la simulation d'un transformateur de puissance dans le cas d'une variation soudaine de la charge.

II. Définitions et Terminologies

II.1. Variation de la Puissance

La variation de la puissance demandée peut être due à la modification du nombre de charges alimentées simultanément ou à l'augmentation ou la réduction de la puissance absorbée par une ou plusieurs charges.

II.2. Surtension

On qualifie de surtension toute tension fonction du temps qui dépasse la tension crête de régime permanent à sa tolérance maximale. On distingue principalement, selon

leur origine :

- Les surtensions atmosphériques : coup de foudre direct ou induit.
- Les surtensions opérationnelles.

II.3. Variation de la Puissance

Tout courant qui dépasse le courant nominal de service est considéré comme une surintensité.

En général, les surintensités sont classées en deux catégories :

- les surintensités passagères ou transitoires.
- les surintensités anormales dues aux surcharges et aux courts-circuits.

II.4. Variation de la Puissance

C'est l'altération de la forme d'onde sinusoïdale du courant et/ou de la tension engendrée par des systèmes électriques non-linéaires.

Le signal déformé peut être décomposé en une somme de sinusoïde de fréquence (n, f) tel que $n \in \mathbb{N}$ et f est la fréquence du signal (développement en série de Fourier).

II.5. Variation de la Puissance

On entend par régime transitoire le comportement de passage entre deux états stationnaires.

III. Influence de la Variation de la Charge sur le Transformateur

L'étude du transformateur en régime de fonctionnement perturbé et l'identification de ces perturbations et de leurs origines ont une importance particulière pour le choix et le dimensionnement du transformateur et même pour l'optimisation de l'exploitation de l'énergie électrique mise à la disposition du consommateur.

Les phénomènes apparaissant lors de ces variations sont difficiles à prédéterminer. On sait préalablement que cela peut créer des surtensions et des surintensités, mais la propagation et la forme de ces grandeurs en fonction du temps avec exactitude reste très difficile à déterminer ; et l'utilisation des logiciels spécialisés est indispensable pour observer, analyser et évaluer le comportement réel du transformateur de puissance vis-à-vis ce changement des paramètres de fonctionnement.

Les surtensions engendrées suite aux variations de la puissance peuvent entraîner une sollicitation diélectrique du transformateur. Cette sollicitation se traduit par un vieillissement prématuré, ou même par un défaut d'isolement entre spires, ou à la masse.

D'une manière générale ; on peut classer les défaillances internes entraînées par les surtensions comme suit :

- les défauts d'isolement entre spires d'un même enroulement (cas le plus fréquent),
- les défauts entre enroulements, les défauts d'isolement entre l'enroulement sollicité et une partie conductrice proche (noyau ou cuve).
- La combinaison entre ces trois catégories de défauts.

Pour les transformateurs immergés, les isolements externes sont dimensionnés largement et, par conséquent, la probabilité d'occurrence d'une défaillance diélectrique externe reste très faible, à l'exception de certains cas de transformateurs de réseaux aériens en zone particulièrement polluée.

Egalement, les transformateurs secs peuvent donner lieu à des défaillances diélectriques externes en cas de pollution des surfaces isolantes.

IV. Présentation du Logiciel

Avant de passer aux simulations des grandeurs électriques décrivant le comportement du transformateur de puissance soumis à une variation de la charge ; nous donnerons une brève présentation sur le logiciel utilisé dans cette étude.

EPPT V1.1 2010 est un logiciel de calcul et de simulation développé par nous-mêmes au sein de l'université de Boumerdes. Il permet :

- La simulation du transformateur de puissance en régime de fonctionnement normal.
- La simulation du transformateur en régime de fonctionnement perturbé.
- La simulation du transformateur de puissance en régime de défaut (simulation des différents défauts subis par le transformateur).
- Les analyses qualitatives et quantitatives du modèle d'arbre de défaillance du système de protection sans redondance.
- Les analyses qualitative et quantitative du modèle d'arbre de défaillance du système de protection avec redondance.
- La comparaison entre les caractéristiques de ces modèles.



Figure 1. Ecran d'accueil du logiciel ERPT

Les simulations présentées dans cet article ont été effectuées sur un transformateur triphasé abaisseur de puissance apparente $S = 4500 \text{ KVA}$; les tensions primaire et secondaire entre phases sont $30 \text{ kV} \backslash 0.4 \text{ kV}$ respectivement.

Comme il est montré dans la figure 2 ; le transfo alimente initialement une charge S_1 qui représente 30 % de sa puissance nominale ; et à un instant donné une charge supplémentaire S_2 , égale à 20% de la puissance apparente nominale du transformateur, sera connecté.

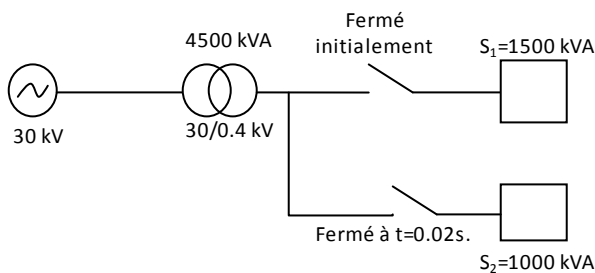


Figure 2. Schéma de principe.

V. Résultats de Simulation & Discussions

Les résultats de simulations des différentes grandeurs électriques du transformateur, lors de cette manœuvre de charge, sont représentés sur les figures ci-après (Fig. 3, 4, 5 et 6)

A l'instant de branchement de la charge supplémentaire ($t = 0.02 \text{ s}$) On remarque une chute de tension immédiate suivi d'une surtension de l'ordre de $1.5 V_{\text{Nom}}$.

Ces surtensions, même avec des amplitudes relativement faibles (par rapport aux surtensions atmosphériques), peuvent causer des surtensions internes dans le transformateur par la coïncidence de sa fréquence propre avec celle de la fréquence d'excitation. En outre, ils peuvent créer des microclaquages au niveau des isolants sans influence visible à court terme, mais à long terme ; l'exposition fréquente à ces contraintes peut être l'une des causes principales de la diminution de la durée de vie des transformateurs de puissance et, par conséquent, contribuer. Le niveau d'isolement du transformateur doit être augmenté pour couvrir les contraintes internes attendues en cas de résonance.

Il est à noter aussi la déformation des signaux (tensions primaires et secondaires) pendant une vingtaine de millisecondes après la manœuvre de la charge S_2 (voir Fig. 2&3).

Pour les courants primaires et secondaires, on voit que le branchement de la charge supplémentaire a engendré des surintensités considérables dans les enroulements du transformateur.

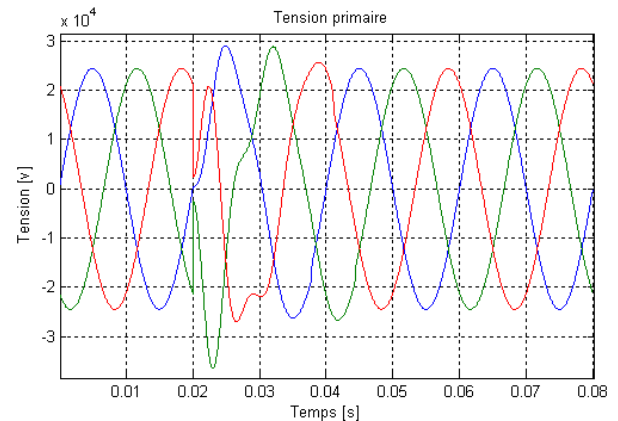


Figure 3. Les tensions primaires (branchement de la charge supplémentaire à l'instant $t = 0.02 \text{ s}$)

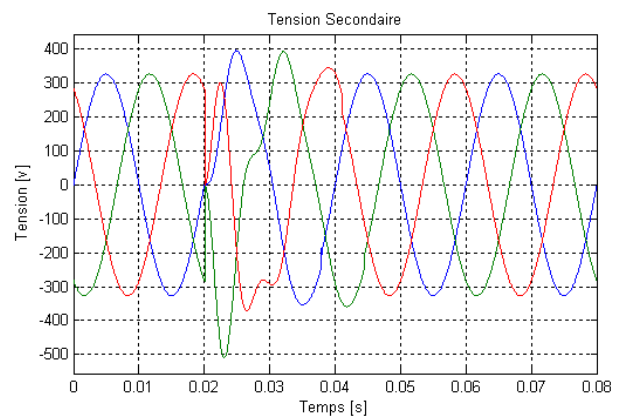


Figure 4. Les tensions secondaires (branchement de la charge supplémentaire à l'instant $t = 0.02 \text{ s}$)

Ces surintensités sont de types passagers et ne durent que quelques millisecondes.

Les valeurs de crête peuvent atteindre plusieurs fois le courant de charge ($4.I_{\text{charge}}$ dans cet exemple).

De point de vue échauffement, et en général, la nature transitoire de ces surintensités et l'inertie thermique importante du transformateur, surtout pour les transformateurs de type immergé, permet de supporter ces valeurs sans aucun problème ; sauf dans le cas où ces manœuvres seront de type répétitives dans des intervalles de temps très courts au point où le processus thermique devient adiabatique. Dans ce cas, l'accumulation des échauffements, due aux manœuvres intermittentes, peut devenir dangereuse pour le transformateur.

Aussi, ces simulations montrent la non sinusoïdalité des courants primaires et secondaires pendant le régime transitoire due à l'existence des harmoniques, qui sont le résultat du comportement non linéaire du circuit magnétique du transformateur. Lorsqu'on parle de

l'existence des harmoniques, cela signifie que la fréquence des signaux est affectée, et par conséquent, la qualité de l'énergie électrique sera dégradée.

Ces harmoniques sont nuisibles non seulement pour les équipements sensibles mais aussi pour le réseau électrique auquel le transformateur est connecté.

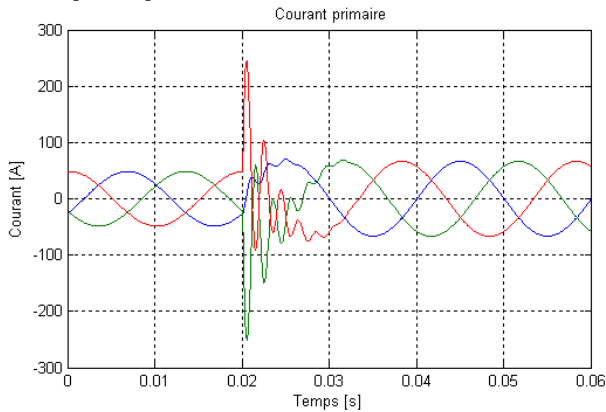


Figure 5. Les courants primaires (branchement de la charge supplémentaire à l'instant $t = 0.02$ s)

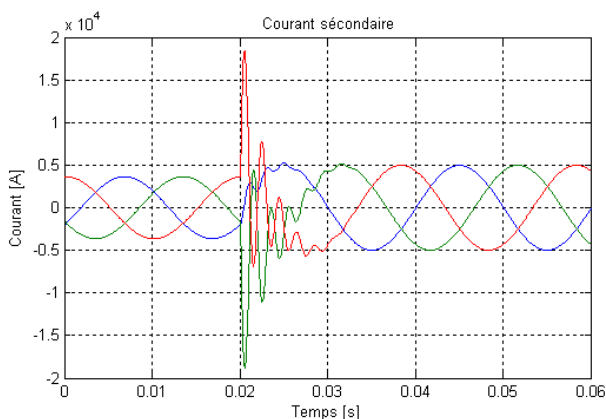


Figure 6. Les courants secondaires (branchement de la charge supplémentaire à l'instant $t = 0.02$ s)

La réduction des effets des harmoniques, des variations de fréquence et des surtensions est réalisée par la mise en place d'équipements adaptés à chaque cas. Leurs dimensionnements et le choix de leurs points de raccordement ainsi que l'optimisation des procédures d'exploitation de l'énergie électrique dans ces conditions font l'objet d'études détaillées qui sortent du cadre de ce document.

Le choix et le dimensionnement du transformateur de puissance doit prendre en considération les cas les plus défavorables de ces phénomènes.

Pour le dimensionnement des transformateurs destinés à alimenter des utilisateurs résidentiels, cette étude ne paraît pas nécessaire vu les limites de la fluctuation de la puissance demandée.

Par contre, cette étude constitue une étape primordiale pour le choix et le dimensionnement des transformateurs

alimentant les usines industrielles qui subissent des variations brusques et rapides de la puissance consommée lors des démarrages et arrêts des grands moteurs et machines électriques ainsi que le branchement ou le débranchement des ateliers et des chaînes de production industrielles.

VI. Conclusion

Cet article avait pour but d'étudier le comportement des transformateurs pendant les fluctuations de la puissance demandée.

Les résultats de simulation obtenus permettent d'identifier et d'analyser les phénomènes accompagnant ce changement d'état de fonctionnement.

Cet article montre également l'intérêt de la simulation comme un outil d'aide au dimensionnement et à la présélection des caractéristiques du transformateur afin que ce dernier soit capable de supporter les contraintes imposées par ces variations de la charge.

References

- [1] J.H HARLOW, "Electric power transformer engineering", 2004, CRC Press LLC USA.
- [2] J. WINDERS, "Power transformer, principles and applications", 2002, Marcel Dekker new york.
- [3] A.ABDELMOUMENE, thèse de magistère intitulée : " Etude de la redondance sur le système de protection du transformateur de puissance", 2009, univ Boumerdes.
- [4] P. HOFFER et O.HAUSSMANN " Centrale thermique de Brown Boveri, un vaste assortiment de type de centrale". Revue BBC, n° : 1 ; Page 5. 1987.
- [5] F.GERARD, "Généralités sur la foudre et les surtensions", Octobre 2008, ADEE France.
- [6] D. Fulchiron, protection des transformateurs de postes MT/BT, 1998, cahiers techniques schnieder electric.
- [7] A.AHMED, Thèse de doctorat intitulée : Contribution à la modélisation des transformateurs de puissance en haute fréquence, février 1992, Ecole central de Lyon.

Journal of Scientific Research

P.O.Box 417 route de Kenadsa

08000 Bechar - ALGERIA

Tel: +213 (0) 49 81 90 24

Fax: +213 (0) 49 81 52 44

Editorial mail: jrs.bechar@gmail.com

Submission mail: submission.bechar@gmail.com

Web: <http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>
