



HAL
open science

Technique de mesure temporelle des pertes fer en régime symétrique et asymétrique : application à l'optimisation des régulateurs magnétiques

Denis Schwander

► **To cite this version:**

Denis Schwander. Technique de mesure temporelle des pertes fer en régime symétrique et asymétrique : application à l'optimisation des régulateurs magnétiques. Symposium de Génie Électrique 2014, Jul 2014, Cachan, France. hal-01065169

HAL Id: hal-01065169

<https://hal.science/hal-01065169v1>

Submitted on 18 Sep 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Technique de mesure temporelle des pertes fer en régime symétrique et asymétrique : application à l'optimisation des régulateurs magnétiques

Denis SCHWANDER

Centre National d'Etudes Spatiales, 18 avenue Edouard Belin ; 31401 Toulouse Cedex 09

RESUME – l'étude expérimentale des pertes et du comportement des circuits magnétiques se heurte au caractère non linéaire de ces composants. Si des mesures petit signal restent adaptées à la caractérisation des pertes cuivre qui dépendent peu du niveau de courant, le comportement des noyaux en dépend fortement en plus des formes du courant et des tensions appliquées. Souvent suspectées d'un manque de précision, les mesures temporelles présentent un grand intérêt lorsqu'il s'agit de caractériser des composants magnétiques fortement non linéaires. On montrera notamment que les performances des oscilloscopes actuels moyennant quelques précautions permettent de les utiliser même à des fréquences élevées. Une méthode originale de caractérisation en régime dissymétrique sera notamment présentée et appliquée à des inductances saturables qui constituent le composant clé des alimentations à régulation magnétique.

MOTS-CLES –mesures, hystérésis, pertes fer, haute fréquence, régulation magnétique.

1. Introduction

Le dimensionnement et l'optimisation théorique des éléments magnétiques à partir de données constructeur sont parfois insuffisants pour déterminer précisément les marges et la part des pertes liées aux matériaux dans un convertisseur. Plus encore, les concepts à régulation magnétique dont les performances reposent sur le caractère fortement non linéaire du matériau magnétique, requièrent une connaissance fine du comportement magnétique en conditions réelles afin d'assurer son bon fonctionnement et son optimisation.

La difficulté des mesures des pertes des composants magnétiques en conditions réelles font parfois appel à des méthodes calorimétriques [1], ou bien encore à des mises en série avec une capacité afin d'extraire plus facilement les pertes [2]. La mise en œuvre de méthodes temporelles avec traitement par ordinateur n'est certes pas récente [3], elle a permis de décrire les caractéristiques d'un ensemble de matériaux particulièrement non linéaires mais reste souvent limitée au régime symétrique. Plus récemment cette méthode a été utilisée à des fréquences moyennes pour des cycles symétriques et dissymétriques réalisés à partir d'une tension carrée ou sinusoïdale associée à des harmoniques [4]. Pour notre part nous allons mettre en œuvre ce type de méthode dans des domaines où elle devient plus critique. On montrera notamment que les performances des oscilloscopes actuels moyennant quelques précautions permettent de les utiliser même à des fréquences élevées. Une méthode originale de caractérisation en régime dissymétrique sera notamment présentée et appliquée à des inductances saturables qui constituent le composant clé des alimentations à régulation magnétique.

2. Description

Dans cet article on présentera dans un premier temps une description détaillée de la méthode permettant cette caractérisation au plus près des conditions réelles. Cette méthode a déjà fait l'objet d'une description succincte à EPF 2012 dans le cadre d'un transformateur tournant [5]. Les principes de cette méthode font appel à deux mesures l'une en condition symétrique l'autre en condition dissymétrique. Dans un second temps on abordera, à partir d'exemples, les performances aux limites de cette méthode (fréquence élevée, matériaux de faible perméabilité) ainsi que les sources d'erreur liées à ce type de mesure. Dans un troisième temps on appliquera les possibilités de mesure en conditions réelles à partir d'exemples de post régulateur magnétiques de type flyback ou forward. On y développera notamment l'intérêt de ce type de mesure afin de comprendre l'influence des composants parasites des interrupteurs ou diodes, qui associées aux caractéristiques des composants magnétiques sont loin d'avoir une influence négligeable sur le bon fonctionnement.

2.1 Description de la méthode : les différentes étapes

Dans cette partie on détaillera le principe de mesure ainsi que les limites d'utilisation.

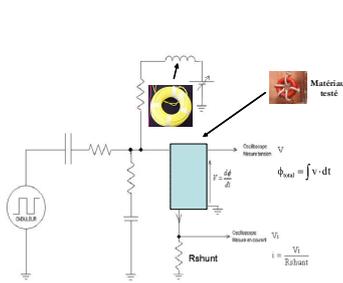
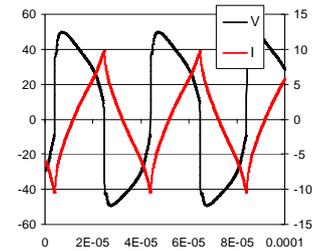
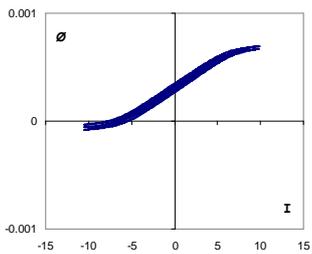


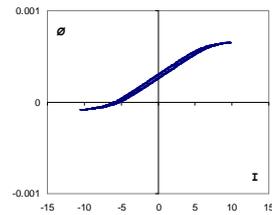
Figure 3 : Méthode de Mesures des pertes fer



- 1) moyennage de courbes I(t) et V(t) sur 1000 échantillons

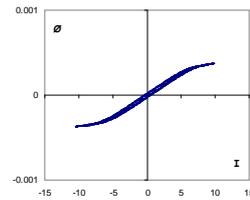


- 2) intégration de v $\Phi(t) = \int v(t) \cdot dt$ tracé de $\Phi(I)$

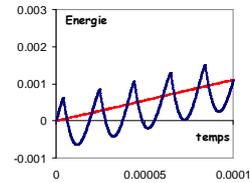


- 3) suppression du biais Δv de v(t) mesuré et intégration de

$$v - \Delta v : \Phi(t) = \int (v(t) - \Delta v) \cdot dt \text{ tracé de } \Phi(I)$$



- 4) calcul du flux à l'instant 0 $\Phi(t) = \Phi_0 + \int (v(t) - \Delta v) \cdot dt$ tracé de $\Phi(I)$ (minimisation $\Phi^+_{max} - \Phi^-_{max}$: condition de symétrie des flux max pour les mesures symétriques, inscription de la courbe dissymétrique dans la courbe symétrique correspondante de même amplitude pour les courbes dissymétriques)



- 5) calcul des pertes par la pente de l'évolution de l'énergie : minimisation de l'écart max de la fonction Pertes $\times t - E(t)$

Figure 1 : principe de la méthode de mesure

2.2 Exemples de caractérisation de matériaux à 100kHz en régime symétrique et dissymétrique

Dans cette partie on détaillera les résultats obtenus pour des cas concrets aussi bien en régime symétrique qu'en régime asymétrique sur différents types de matériaux.

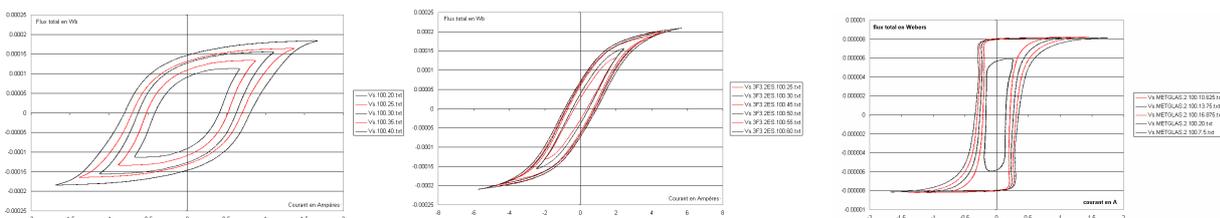


Figure 2 : exemple de différentes caractérisations de matériaux en régime symétrique à 100kHz

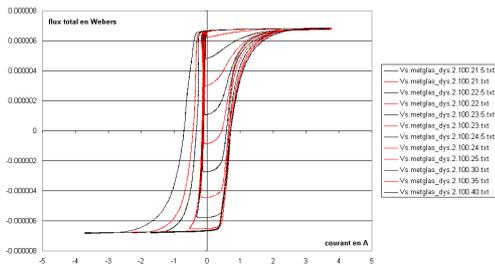


Figure 3 : caractérisation de matériau en régime dissymétrique à 100kHz

2.3 Exemples d'applications sur des convertisseurs réels

Dans cette partie notre méthode sera mise en œuvre à des cas concrets. On y illustrera aussi son intérêt dans le dimensionnement et l'optimisation d'un régulateur magnétique.

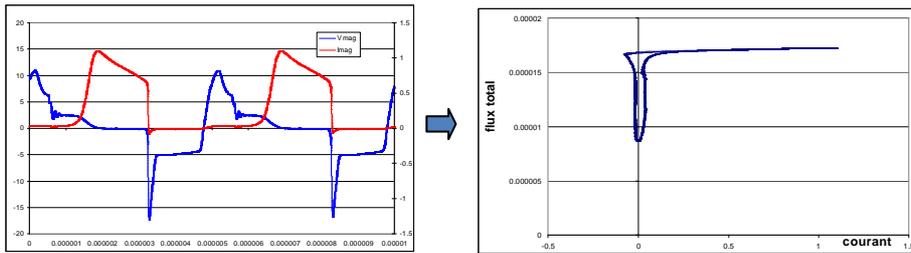


Figure 4 : mesure du cycle d'hystérésis d'une self saturable d'un post régulateur magnétique avec convertisseur de type flyback.

3. Conclusion

L'étude expérimentale des pertes fer des composants magnétiques à partir de méthodes temporelles, souvent délaissée au profit de méthodes à résonance ou calorimétriques reste une option pertinente lorsqu'il s'agit de se rapprocher le plus possible des conditions réelles d'utilisation. Bien que critiques aux fréquences élevées elle permet une évaluation précise des pertes fer dans le domaine habituel de fonctionnement des convertisseurs grâce aux performances des oscilloscopes actuels. La méthode présentée reste simple à mettre en œuvre et permet également de traiter les cycles dissymétriques.

4. Références

- [1] Kleeb, T. Dombert, B. ; Araujo, S. ; Zacharias, P. "Loss Measurement of Magnetic Components under real Application Conditions" EPE2013 2-6 Sept. 2013 Lille
- [2] Yehui Han, An Li, G. Cheung, C.R. Sullivan, D.J. Perreault "Evaluation of Magnetic Materials for Very High Frequency Power Applications", PESC 2008 June 15 - 19, Rhodes
- [3] J. Thottuvelil, T. G. Wilson, and H. A. Owen, Jr., "High frequency measurement techniques for magnetic cores" IEEE Trans. Power Electron., vol. 5, no. 1, pp. 41-53, Jan. 1990.
- [4] D. Aguglia, M. Neuhaus, "Laminated Magnetic Materials Losses Analysis under Non-Sinusoidal Flux Waveforms in Power Electronics Systems" EPE2013, 2-6 Sept. 2013 Lille
- [5] D. Schwander, "Systèmes de transmission de puissance et de signal sans contact pour applications spatiales : analyse des performances électriques", EPF 2012, 5-7 juillet 2012, Bordeaux