

Master thesis : Analysis of the thermoelectric effect impacting the error of high-precision shunt-based current sensors for high DC current

Auteur : Rodriguez de la Rosa, Elisa

Promoteur(s) : Vanderbemden, Philippe

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master : ingénieur civil électricien, à finalité spécialisée en "electronic systems and devices"

Année académique : 2022-2023

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/17669>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Analysis of the thermoelectric effect impacting the error of high-precision shunt-based current sensors for high DC current

Master thesis completed in order to obtain the Master's degree in Electrical Civil Engineering
Professional focus: Electronic Systems and Device

Abstract

This master thesis presents an analysis of the impact of the thermoelectric effect on the accuracy of shunt-based current-sensing solutions developed by Melexis for battery management system (BMS) applications in electric vehicles (EVs) and hybrid electric vehicles (HEVs) and proposes solutions to prevent, reduce, and compensate for the thermoelectric effect.

The first part involved preparing evaluation kits since Melexis only provides the sensing IC. Real implementation examples of sensing systems were built, comprising a shunt, a printed circuit board (PCB), and the sensing IC of Melexis. The analysis considers the busbar shunt design, with six evaluation kits manufactured, varying in shunt resistance (using either MANGANIN® or ZERANIN®30) and PCB attachment methods (soldering or press-fit).

In the main part of the work, experimental investigations are conducted to determine the impact of the thermoelectric effect on the current measurement accuracy of the evaluation kits. The experiment revealed a linear increasing trend of the equivalent Seebeck function, which did not exceed $2 [\mu V/K]$ in absolute value, within the automotive operating temperature range ($-40[^\circ C]$ to $125[^\circ C]$). The shunt resistance alloy shows to not influence the temperature sensitivity of the kits but the temperatures at which the equivalent thermoelectric power of the kits becomes zero. Comparatively, press-fit technology demonstrates a reduction of the impact of the thermoelectric effect on current measurement. Under real automotive conditions, the system was estimated to be affected by offset errors ranging from tens to hundreds of mA, as well as non-linearity errors of a few 0.01% of the injected current into the shunt, due to the thermoelectric effect. Given the current accuracy standards to be achieved today, which are $100[mA]$ of offset and 1% of the current, at low currents, if the thermoelectric effect should not be neglected as it could consume entirely the available error budget.

In the final part, proposed improvements to the sensing system are presented to minimize the impact of the thermoelectric effect on shunt-based current-sensing accuracy. Using the capabilities of the sensing IC, the main guidelines of a compensation method involving the implementation of a digital compensation algorithm, the measurement of the internal temperature of the sensing IC, and the measurement of one or two Negative Temperature Coefficient (NTC) sensors connected to the IC from the outside it are proposed.

Analysis of the thermoelectric effect impacting the error of high-precision shunt-based current sensors for high DC current

Master thesis completed in order to obtain the Master's degree in Electrical Civil Engineering
Professional focus: Electronic Systems and Device

Résumé

Ce rapport de fin d'étude présente une analyse de l'impact de l'effet thermoélectrique sur l'exactitude de la mesure des systèmes de détection de courant, basés sur la technologie shunt, développés par Melexis pour les systèmes de gestion de batterie (BMS) des véhicules électriques (VE) et des véhicules hybrides électriques (VHE). Elle propose également des solutions pour prévenir, réduire et compenser l'effet thermoélectrique.

La première partie consiste en la préparation de kits d'évaluation. Des exemples d'implémentation réelle de systèmes de détection sont construits, comprenant un shunt, une PCB et le circuit intégré de détection de Melexis. L'analyse porte sur les shunts de type busbar. Six kits d'évaluation sont fabriqués. Ils varient en terme de résistance (faite soit en MANGANIN® soit en ZERANIN®30) et en terme de méthode de fixation de la PCB (soudure ou technologie press-fit).

Dans la partie principale du travail, des recherches expérimentales sont menées pour déterminer l'impact de l'effet thermoélectrique sur l'exactitude de la mesure de courant des kits d'évaluation et estimer leur fonction Seebeck équivalente. L'expérience a révélé une tendance croissante linéaire de la fonction Seebeck équivalente, qui ne dépasse pas $2 [\mu V/K]$ en valeur absolue, dans la plage de température de fonctionnement automobile ($-40[^\circ C]$ à $125[^\circ C]$). L'alliage de résistance du shunt n'influence pas la sensibilité des kits à la température, mais bien les températures auxquelles leur fonction Seebeck équivalente devient nulle. La technologie press-fit a démontré une réduction de l'impact de l'effet thermoélectrique sur la mesure de courant. Dans des conditions automobiles réelles, il a été estimé que le système serait affecté par des erreurs d'offset allant de dizaines à des centaines de mAs, ainsi que des erreurs de non-linéarité d'environ 0,01%, en raison de l'effet thermoélectrique. Étant donné que les normes sur l'exactitude de la mesure de courant à atteindre aujourd'hui sont de $100[mA]$ d'offset et 1% de sensibilité, à faibles courants, l'effet thermoélectrique ne devrait pas être négligé car il pourrait consommer entièrement la marge d'erreur disponible et ne laisser aucune place à d'autres erreurs.

Dans la dernière partie, des améliorations proposées pour le système de détection sont présentées afin de minimiser l'impact de l'effet thermoélectrique sur l'exactitude de la mesure de courant. En utilisant les capacités et fonctionnalités du circuit intégré de détection, les lignes directrices d'une méthode de compensation sont proposées. Celle-ci implique la mise en œuvre d'un algorithme de compensation numérique, la mesure de la température interne du circuit intégré de détection et la mesure d'un ou de deux capteurs à coefficient de température négatif (NTC) connectés au circuit intégré depuis l'extérieur.