

Identification temporelle de modèles de batterie par approche fractionnaire

Encadrement : Benoît Huard et Thierry Poinot

Laboratoire : Laboratoire d'Automatique et d'Informatique pour les Systèmes (LIAS)

Mots clés : Identification, Modèles fractionnaires, Modèles Linéaires à Paramètres Variant, Batteries

Sujet :

Aujourd'hui, l'utilisation de systèmes de stockage d'énergie telles que les batteries est grandissante dans des applications telles que le photovoltaïque, l'éolien ou les véhicules électriques. La gestion de l'alimentation électrique de ces applications devient alors essentielle pour optimiser la consommation et la durée de vie des batteries. En effet, une gestion intelligente des batteries dans leurs utilisations ainsi que dans le temps doit permettre de parvenir à cette gestion optimisée de l'énergie électrique.

Pour remplir de tels objectifs, il devient essentiel de développer des modèles de batterie pouvant prévoir et reproduire leurs comportements réels sous différentes conditions de charge et de décharge. Différents modèles de batterie existent, qu'ils soient mathématiques, électrochimiques ou basés sur des schémas électriques équivalents. Ces derniers possèdent l'avantage d'être aisément utilisables dans des processus temps réel et permettent de conserver le sens physique des paramètres caractérisant le comportement électrochimique de la batterie.

Le LIAS a développé au cours de ces dernières années des modèles fractionnaires (ou modèles d'ordre non entier) capables de décrire le comportement physique d'une batterie aussi bien dans le domaine fréquentiel que dans le domaine temporel [1-5]. Les essais fréquentiels classiques par spectroscopie d'impédance peuvent être longs à mener en très basse fréquence et nécessitent une instrumentation spécifique et coûteuse. En revanche, l'intérêt de réaliser l'étude dans le domaine temporel réside dans la rapidité des essais à mener pour caractériser la batterie. Ceci permet d'envisager d'intégrer des modèles dans les systèmes de management des batteries (ou BMS : Battery Management System) afin d'estimer l'état de charge (ou SoC : State of charge) de la batterie ainsi que son état de santé (ou SoH : State of Health).

L'objectif de ce travail de thèse est donc de poursuivre ces travaux. Dans un premier temps, le travail portera sur la consolidation des résultats obtenus lors d'une précédente thèse [6], notamment sur les points suivants :

- Un travail théorique sera mené sur l'initialisation des algorithmes d'identification des modèles de batteries ; on envisagera également les possibilités d'introduire des informations *a priori* dans le processus d'estimation paramétrique afin d'en faciliter la convergence.
- Toujours dans un souci d'amélioration du processus d'identification, un deuxième travail théorique sera mené sur l'étude de la sensibilité paramétrique du modèle de batterie.
- Les premiers résultats expérimentaux d'identification ont montré des évolutions paramétriques en fonction du SoC de la batterie. Il sera nécessaire de valider ces résultats à

partir d'une étude de répétabilité, et ceci en assurant une maîtrise des conditions expérimentales telles que la température.

- Cette dernière étude pourra conduire à la construction d'un modèle fractionnaire dont les paramètres seront fonction du SoC de la batterie. On parle alors de modèle Linéaire à Paramètres Variant (LPV). La détermination d'un tel modèle pourra ainsi permettre de retrouver l'état de charge d'une batterie grâce à son modèle.

Dans un deuxième temps, on s'intéressera à l'étude des variations paramétriques en fonction des conditions d'utilisation de la batterie comme par exemple la température mais également en fonction de son vieillissement (nombre de cycles de charge et de décharge précédents). Un des objectifs d'une telle modélisation est de pouvoir renseigner à partir d'un essai temporel rapide de charge et/ou de décharge (de l'ordre d'une dizaine de seconde), sur l'état de vieillissement actuel de la batterie, et de pouvoir ainsi envisager des gestions optimisées de réseaux de batterie.

Références :

[1] J.-D. Gabano, T. Poinot and B. Huard. Bounded diffusion impedance characterization of battery electrodes using fractional modeling. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2017.

[2] A. Nasser Eddine, B. Huard, J.-D. Gabano and T. Poinot. Initialization of a fractional order identification algorithm applied for Lithium-ion battery modeling in time domain. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2018.

[3] A. Nasser Eddine, B. Huard, J.-D. Gabano and T. Poinot. Time domain diffusion parameters identification of electrochemical impedance models using fractional order system. In: 18th IFAC Symposium on System Identification, 2018.

[4] A. Nasser Eddine, B. Huard, J.-D. Gabano and T. Poinot. Frequency identification of an electrochemical cell impedance using fractional modeling. In: 18th IFAC Symposium on System Identification, 2018.

[5] A. Nasser Eddine, B. Huard, J.-D. Gabano and T. Poinot. A two steps method for electrochemical impedance modeling using fractional order system in time and frequency domains. Control Engineering Practice, 2019.

[6] A. Nasser Eddine, Modélisation fractionnaire et identification d'impédance d'accumulateurs électrochimiques, Thèse de Doctorat, Université de Poitiers, 2019.

Profil souhaité :

Le candidat devra posséder des connaissances en mathématique appliquée, en automatique et plus spécifiquement en identification des systèmes. Une bonne connaissance de Matlab est nécessaire. Un bon niveau en français et en anglais est fondamental.

Documents à fournir :

- Curriculum Vitae et lettre de motivation,
- Notes de Master,
- Note de TOEIC ou concours équivalent,
- Tout autre document jugé nécessaire par le candidat pouvant enrichir le dossier de candidature.

Contacts : benoit.huard@univ-poitiers.fr, thierry.poinot@univ-poitiers.fr

Time domain identification of batteries using fractional modeling

Supervisors: Benoît Huard, Thierry Poinot

Laboratory: Laboratoire d'Automatique et d'Informatique pour les Systèmes (LIAS)

Keywords: System identification, Fractional modeling, Linear Parameter Varying systems, Batteries

Subject:

Storage systems like batteries are widely used in number of applications like photovoltaic, wind turbine or electric vehicles. Power management in such applications is required to optimize energy consumption and batteries lifetime. Indeed, a smart management in battery usage and in durability must provide an optimized management of electrical energy.

Such target requires battery models development able to reproduce their real behavior under different charge and discharge conditions. There exist different types of battery modeling which can come out of mathematical, electrochemical and Equivalent Electrical Circuit (EEC) ones. The latter owns the advantage to be convenient for implementation into real time processors and also to keep the physical meaning existing with the electrochemical parameters which are characterizing the battery.

The host laboratory has recently developed some fractional models (or non integer models) able to describe the physical behavior of the battery either in the frequency domain or in the time domain [1-5]. The latter has the advantage to require faster experiments to characterize the battery contrary to the classical experiments made with impedance spectroscopy, which can take a lot of time. The introduced models can be integrated in Battery Management Systems (BMS) in order to determine the State of Charge (SoC) or the State of Health (SoH) of the battery.

The aim of this thesis is to carry on this previous work. First, the work will relate to the consolidation of the results obtained during a previous thesis [6], in particular on the following points:

- Theoretical work will be carried out on the initialization of the algorithms used to identify battery models; the integration of prior information in the parametric estimation process will be also considered.
- Another theoretical work will be carried out on the study of the parametric sensitivity of the battery model.
- First experimental identification results showed parametric changes depending on the SoC of the battery. These results must be validated from a repeatability study under control of experimental conditions such as temperature.
- This last study could lead to the construction of a fractional model whose parameters will depend on the SoC. This type of model is also known as a Linear Parameter Varying (LPV) model. The latter could be used as an alternative method to determine the SoC of the battery knowing its complete model.

Then, a study of the variations of the parameters according to the conditions of use of the battery will be carried out. Variations like temperature or ageing due to numerous charge

and discharge cycles will be studied. The induced aim is to be able to inform the user on the SoH of the battery with a quick time domain charge or discharge experiment. Once this goal is reached, it could lead to optimized management of batteries network.

References:

- [1] J.-D. Gabano, T. Poinot and B. Huard. Bounded diffusion impedance characterization of battery electrodes using fractional modeling. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 2017.
- [2] A. Nasser Eddine, B. Huard, J.-D. Gabano and T. Poinot. Initialization of a fractional order identification algorithm applied for Lithium-ion battery modeling in time domain. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 2018.
- [3] A. Nasser Eddine, B. Huard, J.-D. Gabano and T. Poinot. Time domain diffusion parameters identification of electrochemical impedance models using fractional order system. In: *18th IFAC Symposium on System Identification*, 2018.
- [4] A. Nasser Eddine, B. Huard, J.-D. Gabano and T. Poinot. Frequency identification of an electrochemical cell impedance using fractional modeling. In: *18th IFAC Symposium on System Identification*, 2018.
- [5] A. Nasser Eddine, B. Huard, J.-D. Gabano and T. Poinot. A two steps method for electrochemical impedance modeling using fractional order system in time and frequency domains. *Control Engineering Practice*, 2019.
- [6] A. Nasser Eddine, *Modélisation fractionnaire et identification d'impédance d'accumulateurs électrochimiques*, Thèse de Doctorat, Université de Poitiers, 2019.

Profile of applicant:

This PhD proposal mainly requires skills in automatic control, especially in system identification. Applicants should have a good knowledge of Matlab software. Fluency in French and in English is also required.

Documents to provide:

- Curriculum Vitae and cover letter,
- Master rating,
- English level rating,
- Any other document which can improve the application.

Contacts: benoit.huard@univ-poitiers.fr, thierry.poinot@univ-poitiers.fr