

ABSTRACT

Project Code : MRG5380011

Project Title : Model-Based Real-Time Estimation of Li-Ion Battery Energy Level for Optimal Control of Hybrid Energy System

Investigator : Dr. Kasemsak Uthaichana, Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, Chiang Mai University

E-mail Address : uthaichana@gmail.com, kasemsak@chiangmai.ac.th

Project Period : June 2010 – June 2012

In this paper, we develop a non-chemical based input-output battery power model for control purpose, as the information on battery state-of-charge and expected battery lifetime, is essential for mobile applications such as in a parallel hybrid electric vehicle (HEV), wireless sensor network (WSN), etc. First, the battery model is developed for solving the power management control problem (PMCP) in an internal combustion engine (ICE) based parallel HEV. The PMCP consists of a supervisory dynamical model, and a performance index (PI) with two modes of operations consistent with the electric drive (ED) modes interfaced with the battery. The PI mainly penalizes the fuel consumption. The first approach to solve for the power-split strategy is obtained by creating the embedded optimal control problem (EOCP) from the original switched system. The direct collocation and the nonlinear predictive control technique (NMPC) in conjunction with and a sequential quadratic programming (SQP) approach is used to compute the numerical solutions to the PMCP. The performance is evaluated against various driving profiles.

Next, we illustrated that with properly tuned parameter values the model can be extended to different battery types including the Li-ion. The validation results of the model against measured data in terms of power and efficiency at different temperatures are then presented. The model is incorporated with the recovery effect for accurate lifetime estimation. The obtained lifetime estimation results using the proposed model are similar to the standard battery model on a given set of typical loads at room temperature. A possible incorporation of the cycling effect, which determines the battery life or the state of health (SOH), is also suggested. The usage of the proposed model is computationally inexpensive, hence implementable in many applications, such as, low

power system design, real time energy management in distributed sensor network, etc. The obtained model structure can be easily extended to other battery types to result in a model that is relatively simple to use and yet can sufficiently describe the battery SOC.

Keywords : *Li-Ion Battery, Hybrid Electric Vehicle, Estimation, Optimal Control*

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG5380011

ชื่อโครงการ : Model-Based Real-Time Estimation of Li-Ion Battery Energy Level for Optimal Control of Hybrid Energy System

ผู้วิจัย และ สังกัด : Dr. Kasemsak Uthaichana, Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, Chiang Mai University

อีเมลล์ : uthaichana@gmail.com, kasemsak@chiangmai.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : June 2010 – June 2012

แบบจำลองในตัวแปรอินพุตและเอาต์พุตสำหรับการควบคุมที่ไม่ได้ใช้หลักของสมการด้านปฏิกิริยาทางเคมีได้ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อที่จะคำนวณสถานะของประจุของแบตเตอรี่ของแบตเตอรี่มีความสำคัญในชิ้นงานที่เคลื่อนที่เช่น ในรถยนต์ไฮบริด เครื่องขยายเซ็นเซอร์ไร้สาย ฯลฯ แบบจำลองแบตเตอรี่จะถูกใช้เพื่อการแก้ปัญหาการควบคุมจัดการกำลังงานในรถเครื่องยนต์ไฮบริดแบบขนาน ปัญหานี้ประกอบไปด้วยแบบจำลองทางพลวัตระดับบัญชาการดัชนีวัดสมรรถนะ ที่มีอยู่สองโหมดการทำงานตรงกับโหมดของเครื่องจักรกลไฟฟ้า ที่เชื่อมต่อกับชุดแบตเตอรี่ โดยส่วนประกอบหลักในดัชนีคือประมาณน้ำมันที่ใช้ วิธีการแรกที่ใช้ในการจัดหากลยุทธ์การจัดแบ่งกำลังงานคือการสร้างปัญหาให้เป็นประเภทการควบคุมเหมาะสมที่สุดแบบฝังตัวจากระบบสลับเดิม วิธีการโคโลเคชันแบบตรง และ เทคนิคการควบคุมแบบทำนายไม่เชิงเส้น ร่วมกับการโปรแกรมกำลังสองตามลำดับ ได้ถูกใช้ในการคำนวณหาคำตอบเชิงตัวเลขสำหรับปัญหาการจัดการกำลังงานที่สนใจ โดยสมรรถนะนั้นได้ถูกคำนวณโดยตารางวิงแบบต่างๆ จากนั้นแบบจำลองของแบตเตอรี่ที่ได้พัฒนามาสามารถที่จะประยุกต์ใช้กับแบตเตอรี่อื่นๆ ได้รวมทั้งลิเทียมไอออน ซึ่งเราได้มีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองนี้กับข้อมูลการทำงานจริงที่เก็บได้มา โดยแบบจำลองได้รวมผลของประสิทธิภาพ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน รวมทั้งผลจากการฟื้นฟูสภาพในแบตเตอรี่อีกด้วย และสามารถใช้ในการทำนายค่าอายุของแบตเตอรี่ได้อย่างแม่นยำ โดยได้มีการเปรียบเทียบการทำงานของแบบจำลองนี้กับแบบจำลองมาตรฐานเมื่อเทียบกับตารางการวิงแบบต่างๆ นอกจากนี้เรายังได้กล่าวถึงการรวมผลของจำนวนรอบที่ใช้งานเพื่อคำนวณหาสภาพของแบตเตอรี่ เนื่องจากแบบจำลองนี้ใช้การคำนวณไม่มากจึงสามารถนำไปใช้ได้ในงานหลายประเภท เช่น เพื่อการออกแบบให้ใช้กำลังงานให้กำลังงานต่ำ การควบคุมการใช้กำลังงานในโครงข่ายเซ็นเซอร์แบบกระจายตัว นอกจากนี้แบบจำลองที่ได้ยังสามารถถูกนำไปใช้ในการอธิบายการสถานะของประจุในแบตเตอรี่ประเภทอื่นๆ ได้อีกด้วย

คำสำคัญ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน รถยนต์ไฮบริด การประมาณค่า การควบคุมแบบเหมาะสมที่สุด