

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**



**ĐỖ THỊ THÙY DƯƠNG**

**NGHIÊN CỨU THUẬT TOÁN ƯỚC LƯỢNG SOC  
CHO MODUL PIN LITHIUM**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC**  
**KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA**

Thái Nguyên – Năm 2019

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**



**ĐỖ THỊ THÙY DƯƠNG**

**NGHIÊN CỨU THUẬT TOÁN ƯỚC LƯỢNG SoC**  
**CHO MODUL PIN LITHIUM**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC**  
**KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC**

**PGS.TS NGUYỄN VĂN CHÍ**

Thái Nguyên - Năm 2019

## **BẢN XÁC NHẬN CHỈNH SỬA LUẬN VĂN THẠC SĨ**

**Họ và tên tác giả luận văn: Đỗ Thị Thùy Dương**

**Đề tài luận văn: Nghiên cứu thuật toán ước lượng SoC cho modul pin lithium**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa**

**Mã số:**

Tác giả, Cán bộ hướng dẫn khoa học và Hội đồng chấm luận văn xác nhận tác giả đã sửa chữa, bổ sung luận văn theo biên bản họp Hội đồng ngày 16/6/2019 với các nội dung sau:

- Sửa lỗi chính tả các trang 14, 33, 35, 42. Chỉnh sửa số thứ tự các hình vẽ trong luận văn
- Chương 2 bổ sung tên thành: Xây dựng mô hình toán của pin Lithium
- Sửa lại mã số
- Đánh lại thứ tự của các công thức trong luận văn
- Thống nhất ký hiệu là SoC (State of Charge)
- Viết lại phần kết luận chung của luận văn, đổi thành “ Kết luận và đề xuất”

*Thái Nguyên, ngày..... tháng ....năm 2019*

**Cán bộ hướng dẫn**

**Tác giả luận văn**

**PGS.TS Nguyễn Văn Chí**

**Đỗ Thị Thùy Dương**

**CHỦ TỊCH HỘI ĐỒNG**

**PGS.TS Võ Quang Lạp**

## LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **Đỗ Thị Thùy Dương**

Sinh ngày 31 tháng 10 năm 1986

Học viên lớp cao học khoá 20 chuyên ngành Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa -  
Trường đại học kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

Hiện đang công tác tại : Trường Cao đẳng nghề số 1 – Bộ quốc phòng

Tôi xin cam đoan luận văn “**Nghiên cứu thuật toán ước lượng SoC cho modul Pin Lithium**” do thầy giáo **PGS.TS Nguyễn Văn Chí** hướng dẫn là nghiên cứu của tôi với tất cả các tài liệu tham khảo đều có nguồn gốc, xuất xứ rõ ràng.

*Thái Nguyên, ngày.....tháng ..... năm 2019*

**Học viên**

**Đỗ Thị Thùy Dương**

## LỜI CẢM ƠN

Sau thời gian nghiên cứu, làm việc khẩn trương và được sự hướng dẫn tận tình giúp đỡ của thầy giáo *PGS.TS Nguyễn Văn Chí*, luận văn với đề tài “**Nghiên cứu thuật toán ước lượng SoC cho modul Pin Lithium**” đã được hoàn thành.

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới:

Thầy giáo hướng dẫn *PGS.TS. Nguyễn Văn Chí* đã tận tình chỉ dẫn, giúp đỡ tác giả hoàn thành luận văn. Các thầy cô giáo Trường Đại học kỹ thuật công nghiệp Thái Nguyên, và một số đồng nghiệp, đã quan tâm động viên, giúp đỡ tác giả trong suốt quá trình học tập để hoàn thành luận văn này.

Mặc dù đã cố gắng hết sức, tuy nhiên do điều kiện thời gian và kinh nghiệm thực tế của bản thân còn ít, cho nên đề tài không thể tránh khỏi thiếu sót. Vì vậy, tác giả mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy giáo, cô giáo và các bạn bè đồng nghiệp cho luận văn của tôi được hoàn thiện hơn.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

*Thái Nguyên, ngày.....tháng.....năm 2019*

**Tác giả luận văn**

**Đỗ Thị Thùy Dương**

## MỤC LỤC

|  |             |
|--|-------------|
| <b>TRANG PHỤ BÌA.....</b>  | <b>i</b>    |
| <b>BẢN XÁC NHẬN CHỈNH SỬA LUẬN VĂN THẠC SĨ.....</b>  | <b>ii</b>   |
| <b>LỜI CAM ĐOAN .....</b>  | <b>iii</b>  |
| <b>LỜI CẢM ƠN .....</b>  | <b>iv</b>   |
| <b>MỤC LỤC .....</b>   | <b>v</b>    |
| <b>DANH MỤC HÌNH ẢNH.....</b>  | <b>vi</b>   |
| <b>DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....</b>  | <b>viii</b> |
| <b>LỜI NÓI ĐẦU .....</b>   | <b>1</b>    |
| 1. Tính cấp thiết của đề tài.....  | 1           |
| 2. Mục tiêu nghiên cứu.....  | 1           |
| 3. Nội dung của luận văn.....  | 2           |
| <b>CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU VỀ PIN LITHIUM VÀ THAM SỐ SOC .....</b>                                  | <b>3</b>    |
| 1.1. Giới thiệu về pin lithium – Ion .....   | 3           |
| 1.2. Ưu điểm của Pin Lithium và các ứng dụng.....  | 6           |
| 1.3. Vai trò của tham số SoC và một số phương pháp xác định SoC .....                            | 7           |
| 1.4. Kết luận chương 1 .....   | 10          |
| <b>CHƯƠNG 2: XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN CHO MODUL PIN LITHIUM.....</b>                                | <b>11</b>   |
| 2.1. Mô hình toán của Pin Lithium.....   | 11          |
| 2.2. Rời rạc hóa mô hình của pin Lithium Ion .....   | 16          |
| 2.3. Mô hình ESC của pin Lithium Ion .....   | 17          |
| 2.4. Xác định các tham số của mô hình ESC .....  | 19          |
| 2.5. Kết quả xác định các tham số của mô hình ESC cho một loại Pin .....                         | 31          |
| 2.6. Kết luận chương 2 .....   | 39          |
| <b>CHƯƠNG 3: QUAN SÁT SOC CỦA PIN LITHIUM SỬ DỤNG BỘ LỌC</b>                                     |             |
| <b>KALMAN MỞ RỘNG.....</b>   | <b>40</b>   |
| 3.1. Quan sát SoC sử dụng bộ quan sát Kalman mở rộng.....  | 40          |
| 3.2. Kết quả quan sát SoC cho pin Lithium Ion Samsung INR18650-25R 20/35A<br>2500mAh 18650 ..... | 44          |
| 3.2. Kết luận chương 3 .....   | 53          |
| <b>KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT .....</b>   | <b>54</b>   |
| <b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>  | <b>55</b>   |

## DANH MỤC HÌNH ẢNH

|   |    |
|---|----|
| Hình 1-1: Một loại Pin Lithium 32650 của hãng Panasonic:.....   | 4  |
| Hình 1-2: Quá trình sạc và xả của Pin Lithium- Ion:.....  | 6  |
| Hình 1-3: Minh họa SoC và đồ thị minh họa sự thay đổi của SoC và điện áp hở mạch trong quá trình nạp và xả.....                             | 8  |
| Hình 1-4: Cấu trúc một hệ thống BMS .....   | 9  |
| Hình 2-1: Mô hình điện áp hở mạch của Pin – Lithium Ion.....  | 11 |
| Hình 2-2: Quan hệ giữa OCV và SoC tại nhiệt độ 25 <sup>0</sup> C cho 03 loại Pin Lithium .  | 12 |
| Hình 2-3: Mô hình pin Lithium khi kể đến nội trở .....  | 13 |
| Hình 2-4: Hiện tượng điện áp khuếch tán của Pin .....   | 14 |
| Hình 2-5: Mô hình Pin có kể đến hiện tượng phân cực tuyến tính.....   | 14 |
| Hình 2-6: Hiện tượng điện áp trễ .....  | 15 |
| Hình 2-7: Mô hình ESC của pin Lithium - Ion .....   | 17 |
| Hình 2-8: Sự thay đổi của điện áp hai cực của pin theo kịch bản 1 .....   | 20 |
| Hình 2-9: Sự thay đổi của điện áp hai cực của pin theo kịch bản 3.....  | 22 |
| Hình 2-10: Hiệu suất Coulomb cho 6 loại cell pin Lithium Ion khác nhau.....   | 24 |
| Hình 2-11: Quan hệ giữa OCV và SoC tương ứng với quá trình nạp và xả ở bước 2 và bước 2 cho một loại pin ứng với một nhiệt độ cố định ..... | 25 |
| Hình 2-12: Quan hệ giữa OCV và SoC tương ứng khi nhiệt độ bằng 0 <sup>0</sup> C (bên trái) và khi nhiệt độ thay đổi (bên phải).....         | 26 |
| Hình 2-13: Điện áp OCV ở kịch bản 1 .....   | 28 |
| Hình 2-14: Điện áp OCV ở kịch bản 2 .....   | 28 |
| Hình 2-15: Điện áp OCV ở kịch bản 3 .....   | 29 |
| Hình 2-16: Pin Lithium Ion SAMSUNG INR18650-25R 20/35A 2500mAh 18650 .....  | 32 |
| Hình 2-17: Quan hệ giữa SoC và OCV của Pin SAMSUNG tại nhiệt độ -25 <sup>0</sup> C....  | 34 |
| Hình 2-18: Quan hệ giữa SoC và OCV của Pin SAMSUNG tại nhiệt độ -15 <sup>0</sup> C...34   |    |
| Hình 2-19: Quan hệ giữa SoC và OCV của Pin SAMSUNG tại nhiệt độ -5 <sup>0</sup> C.....  | 35 |
| Hình 2-20: Quan hệ giữa SoC và OCV của Pin SAMSUNG tại nhiệt độ 5 <sup>0</sup> C .....  | 35 |

|   |    |
|---|----|
| Hình 2-21: Quan hệ giữa SoC và OCV của Pin SAMSUNG tại nhiệt độ 15 <sup>0</sup> C .....   | 35 |
| Hình 2-22: Quan hệ giữa SoC và OCV của Pin SAMSUNG tại nhiệt độ 35 <sup>0</sup> C .....   | 36 |
| Hình 2-23: Quan hệ giữa SoC và OCV của Pin SAMSUNG tại nhiệt độ 45 <sup>0</sup> C .....   | 36 |
| Hình 2-24: Quan hệ giữa các tham số mô hình của Pin theo nhiệt độ .....   | 37 |
| Hình 2-25: So sánh điện áp đầu ra của mô hình trong hai trường hợp test xác định OCV và test xác định các tham số với điện áp thực nghiệm tại 45 <sup>0</sup> C ..... | 38 |
| Hình 2-26: Sai lệch điện áp OCV giữa mô hình ESC và thực nghiệm tại 45 <sup>0</sup> C .....   | 39 |
| Hình 3-1: Dữ liệu động học cho kịch bản 1 .....   | 48 |
| Hình 3-2: Dữ liệu động học cho kịch bản 2 .....   | 48 |
| Hình 3-3: Dữ liệu động học cho kịch bản 3 .....   | 49 |
| Hình 3-4: Kết quả quan sát SoC và sai lệch quan sát SoC cho kịch bản 1 .....  | 50 |
| Hình 3-5: Kết quả quan sát SoC và sai lệch quan sát SoC cho kịch bản 2 .....  | 51 |
| Hình 3-6: Kết quả quan sát SoC và sai lệch quan sát SoC cho kịch bản 3 .....  | 52 |



## DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

| Từ viết tắt | Tên tiếng Anh                       | Tên tiếng Việt  |
|-------------|-------------------------------------|---|
| LTHI        | Lithium Ion Battery                 | Pin Ion Battery   |
| SoC         | State of Charge                     | Trạng thái nạp  |
| OCV         | Open Circuit Voltage                | Điện áp hở mạch   |
| ESC         | Enhanced Self Correct Circuit Model | Mô hình mạch điện tương đương của pin có kể đến các ảnh hưởng của điện áp trễ, nhiệt độ, điện trở trong, phân cực điện áp v.v |
| BMS         | Battery Management Systems          | Hệ thống quản lý pin  |

## LỜI NÓI ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Ngày nay Pin Lithium Ion đã được ứng dụng rộng rãi trên rất nhiều các thiết bị điện quan trọng như các thiết bị viễn thông, điện tử, điện thoại v.v. Và đặc biệt đang mở ra xu hướng sử dụng cho ngành công nghiệp ô tô điện. Pin Lithium Ion có mật độ năng lượng lớn hơn, chi phí thấp hơn, tốc độ tự xả lâu và vòng đời sử dụng dài hơn. Phần lớn các nghiên cứu gần đây về BMS (Hệ thống quản lý pin) đã tập trung vào vào loại Pin này. Ước lượng trạng thái nạp hay còn gọi là ước lượng trạng thái tích điện (SoC) đóng vai trò cực quan trọng trong các nghiên cứu liên quan đến BMS, nó cho phép cung cấp thông tin liên quan đến dung lượng còn lại của Pin. Ước lượng SoC chính xác có thể ngăn chặn các hiện tượng nạp, hiện tượng xả quá mức gây tổn hại đến pin cũng như ngăn chặn các hiện tượng quá nhiệt, cháy nổ, mất cân bằng giữa các cell pin trong modul pin.

Nhiều là một yếu tố không mong muốn ảnh hưởng đến quá trình xác định SoC của Pin, sự thay đổi của nhiễu ảnh hưởng rất nhiều đến quá trình này. Có một số phương pháp xác định SoC như phương pháp đếm Coulomb, phương pháp điện áp hở mạch. Hai phương pháp này thực hiện theo nguyên tắc vòng hở cho nên không thể tự hiệu chỉnh khi sai lệch xác định SoC trở lên lớn hơn. Chính vì vậy trong những năm gần đây các tác giả tập trung sử dụng bộ lọc Kalman để ước lượng SoC vì bộ lọc Kalman có khả năng ước lượng trạng thái trong điều kiện có nhiễu. Vậy bài toán ước lượng trạng thái SoC cho Pin Lithium Ion sử dụng nguyên tắc của bộ lọc Kalman mang tính cấp thiết.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu

- Mục tiêu chung

Ước lượng trạng thái SoC của Pin Lithium Ion sử dụng bộ lọc Kalman mở rộng dựa trên mô hình mạch điện tương đương của Pin Lithium Ion có xét đến các hiện tượng động học của Pin và nhiệt độ làm việc.