

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

**BÙI TRUNG KIÊN**

**NGHIÊN CỨU ƯỚC LƯỢNG SOC CHO PIN LITHIUM-ION  
SỬ DỤNG BỘ LỌC KALMAN MỞ RỘNG**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT  
KỸ THUẬT ĐIỆN**

**THÁI NGUYÊN – 2020**

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

**BÙI TRUNG KIÊN**

**NGHIÊN CỨU ƯỚC LƯỢNG SOC CHO PIN LITHIUM-ION**  
**SỬ DỤNG BỘ LỌC KALMAN MỞ RỘNG**

**CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỆN**  
**MÃ SỐ: 8 52 02 01**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:**  
**PGS.TS. Nguyễn Văn Chí**

**THÁI NGUYÊN – 2020**

**CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM**

**Độc lập – Tự do – Hạnh phúc**

---

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

Họ và tên tác giả luận văn: **Bùi Trung Kiên**

Đề tài luận văn: **“Nghiên cứu ước lượng SoC cho Pin Lithium-Ion sử dụng bộ lọc Kalman mở rộng”**

Chuyên ngành: **Kỹ thuật điện**

Mã số: **8.52.02.01**

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 23 / 09 /2020 với các nội dung sau:

- Chỉnh sửa luận văn đúng quy định;
- Đánh đủ số trang;
- Chỉnh sửa công thức hình vẽ.

*Thái Nguyên, ngày 18 tháng 10 năm 2020*

**Cán bộ hướng dẫn**

**Tác giả luận văn**

**PGS. TS. Nguyễn Văn Chí**

**Bùi Trung Kiên**

**CHỦ TỊCH HỘI ĐỒNG**

**PGS. TS. Nguyễn Hữu Công**

## LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **Bùi Trung Kiên**

Sinh ngày 15 tháng 09 năm 1977

Học viên lớp cao học khoá K21 - Trường đại học kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

Hiện đang công tác tại :

Tôi xin cam đoan luận văn “**Nghiên cứu thuật toán ước lượng SoC cho Pin Lithuim-Ion sử dụng bộ lọc Kalman mở rộng**” 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 2020*

**Học viên**

**Bùi Trung Kiên**

## 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 ước lượng SoC cho Pin Lithuim-Ion sử dụng bộ lọc Kalman mở rộng**” 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 2020*

**Tác giả luận văn**

**Bùi Trung Kiên**

## MỤC LỤC

<b>LỜI CAM ĐOAN .....</b>	<b>II</b>
<b>LỜI CẢM ƠN .....</b>	<b>III</b>
<b>MỤC LỤC .....</b>	<b>IV</b>
<b>DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....</b>	<b>VI</b>
<b>DANH MỤC BẢNG, BIỂU .....</b>	<b>VII</b>
<b>DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ .....</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 .....	2
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
1.1.1. Khái niệm về pin Lithium – Ion .....	3
1.1.2. Nguyên lý hoạt động của pin Lithium - Ion .....	4
1.1.3. Ưu điểm của Pin Lithium Ion và các ứng dụng.....	6
1.2. Tham số SOC của pin Lithium - Ion .....	8
1.2.1. Khái niệm về tham số SOC của pin Lithium - Ion .....	8
1.2.2. Các đặc điểm của tham số SoC.....	9
1.3. Vấn đề ước lượng các tham số của Pin Lithium Ion .....	10
1.3.1. Các tham số cần ước lượng.....	10
1.3.2. Một số phương pháp xác định SoC .....	11
1.4. Kết luận chương 1 .....	11
<b>CHƯƠNG 2: XÂY DỰNG MÔ HÌNH MẠCH ĐIỆN TƯƠNG ĐƯƠNG CHO PIN LITHIUM - ION.....</b>	<b>12</b>
2.1. Mô hình mạch điện tương đương của Pin Lithium -Ion.....	12
2.1.1. Quan hệ giữa điện áp hở mạch (OCV) và SoC.....	12
2.1.2. Phân cực tuyến tính.....	14
2.1.3. Điện áp trễ.....	15
2.2. Rời rạc hóa mô hình của pin Lithium Ion .....	16

2.3. Mô hình ESC của pin Lithium Ion .....	18
2.4. Xác định các tham số của mô hình ESC .....	19
2.4.1. Xác định quan hệ giữa OCV và SoC .....	19
2.4.2. Xác định các tham số còn lại của mô hình ESC .....	27
2.5. Kết quả xác định các tham số của mô hình ESC cho một loại Pin .....	31
2.5.1. Quan hệ giữa SoC và OCV .....	34
2.5.2. Các tham số của mô hình .....	37
2.6. Kết luận chương 2 .....	39
<b>CHƯƠNG 3: ƯỚC LƯỢNG SOC CỦA PIN LITHIUM SỬ DỤNG BỘ LỌC</b>	
<b>KALMAN MỞ RỘNG.....</b>	<b>40</b>
3.1. Nguyên lý của bộ lọc Kalman mở rộng.....	40
3.2. Ước lượng SoC của pin Lithium Ion sử dụng bộ lọc Kalman mở rộng.....	43
3.2.1. Áp dụng bộ lọc Kalman mở rộng cho mô hình ESC của cell pin Lithium - Ion.....	43
3.2.2. Thuật toán ước lượng SoC cho mô hình ESC của cell pin Lithium – Ion.....	45
3.3. Kết quả ước lượng SoC cho pin Lithium Ion Samsung INR18650-25R 20/35A 2500mAh 18650 .....	48
3.4. Kết luận chương 3 .....	58
<b>KẾT LUẬN .....</b>	<b>59</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>60</b>

## 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 làm 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



## **DANH MỤC BẢNG, BIỂU**

Bảng 2.1. Bảng dữ liệu thực nghiệm để xác định quan hệ giữa OCV và SoC cho pin Lithium Ion.....	21
Bảng 2.2. Bảng dữ liệu thí nghiệm xác định các tham số còn lại của pin .....	30
Bảng 2-3. Ví dụ về dữ liệu thực nghiệm của pin Lithium Ion SAMSUNG INR18650-25R 20/35A 2500mAh 18650 biểu diễn trên Matlab .....	33
Bảng 3-1: Thuật toán tính toán bộ lọc Kalman mở rộng .....	42
Bảng 3-2. Dữ liệu mô hình của Pin.....	49

## **DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ**

Hình 1.1 : Một loại Pin Lithium NCR18650 của hãng Panasonic.....	4
Hình 1.2 Minh họa quá trình sạc và xả của pin Lithium.....	5
Hình 1.3. Cấu trúc một hệ thống BMS .....	8
Hình 1.4. Minh họa SoC và đồ thị minh họa sự thay đổi của SoC và điện áp hở mạch trong quá trình nạp và xả.....	9
Hình 2.1. Mô hình điện áp hở mạch của Pin – Lithium Ion .....	12
Hình 2.2. Quan hệ giữa OCV và SoC tại nhiệt độ 250C cho một loại 03 loại Pin Lithium.....	13
Hình 2.3. Mô hình pin Lithium khi kể đến nội trở.....	14
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 .....	15
Hình 2.6. Hiện tượng điện áp trễ.....	16
Hình 2.7. Mô hình ESC của pin Lithium - Ion .....	18
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 00C (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 -250C ...	34
Hình 2.18. Quan hệ giữa SoC và OCV của Pin SAMSUNG tại nhiệt độ -150C ..	34
Hình 2.19. Quan hệ giữa SoC và OCV của Pin SAMSUNG tại nhiệt độ -50C .....	35
Hình 2.20. Quan hệ giữa SoC và OCV của Pin SAMSUNG tại nhiệt độ 50C .....	35