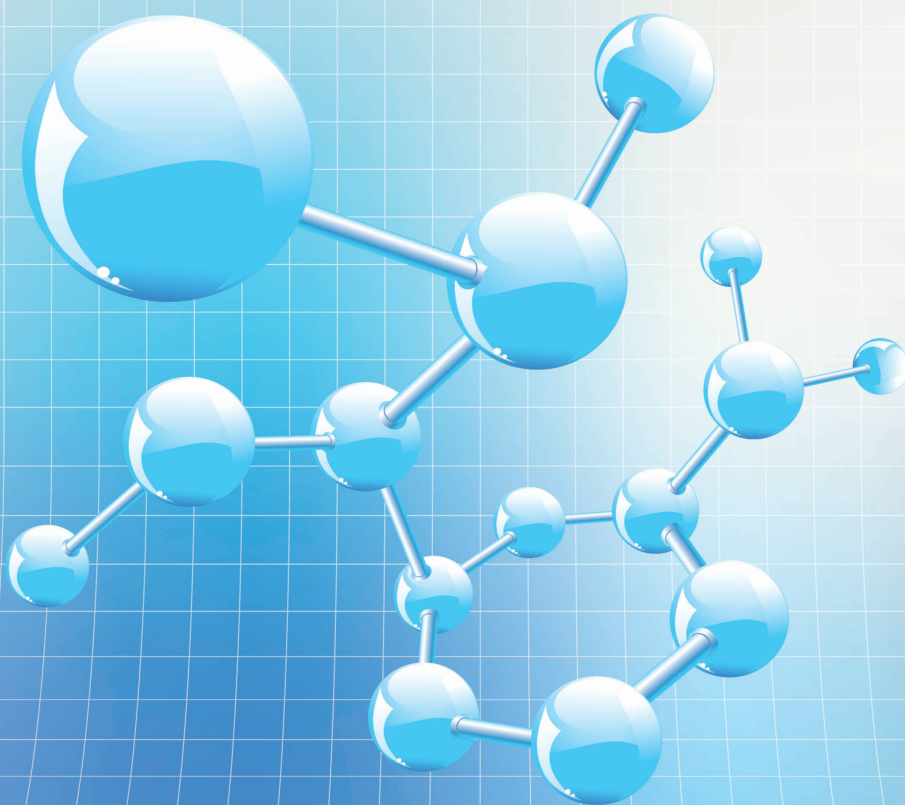




Tạp chí NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ
SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X



Số 2 (94)
2026

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đĩnh

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyên

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyên - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Văn Liễn

GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Nguyễn Đức Toàn

PGS.TS. Lê Thu Quý

GS.TS. Lê Anh Tuấn

GS.TS. Đinh Văn Sơn

PGS.TS. Trương Thị Thủy

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Kháng

PGS.TS. Ngô Sỹ Lương

PGS.TS. Khuất Văn Ninh

GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải

PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải

PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

GS.TS. Yu Ming Zhang

GS.TS. Nguyễn Văn Anh

■ **Ban Biên tập**

TS. Vũ Văn Đông - Trưởng ban

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Phó Trưởng ban

■ **Editor-in-Chief**

Dr. Do Van Dinh

■ **Vice Editor-in-Chief**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

■ **Office Secretary**

Assoc.Prof.Dr. Ngo Huu Manh

■ **Editorial Board**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen - Chairman

Prof.Dr. Pham Thi Ngoc Yen

Assoc.Prof.Dr.Sc. Tran Hoai Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Lien

Prof.Dr.Sc. Than Ngoc Hoan

Prof.Dr.Sc. Bành Tiến Long

Prof.Dr. Nguyen Duc Toan

Assoc.Prof.Dr. Le Thu Quy

Prof.Dr. Le Anh Tuan

Prof.Dr. Dinh Van Son

Assoc.Prof.Dr. Trương Thị Thủy

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Thi Bat

Prof.Dr. Do Quang Khang

Assoc.Prof.Dr. Ngo Sy Luong

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh

Prof.Dr.Sc. Pham Hoang Hai

Assoc.Prof.Dr. Doan Ngoc Hai

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Ngoc Ha

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Prof.Dr. Nguyen Van Anh

■ **Editorial**

Dr. Vu Van Dong - Head

MSc. Doan Thi Thu Hang - Deputy Head

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/> Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.

In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

- | | | |
|--|----|---|
| Cải thiện tính chính xác trong việc phát hiện bệnh trên lá cây cà chua bằng mô hình YOLOv11 kết hợp với hàm mất mát WIoU | 5 | Nguyễn Hoàng Tuyên
Bùi Đăng Thành
Ngô Phương Thủy
Lê Thành Trung |
| Hệ thống giám sát và dự đoán tình trạng cây trồng dựa trên trí tuệ nhân tạo, sử dụng mạng cảm biến và điện toán biên | 12 | Phạm Văn Nam
Mai Thế Thắng
Đoàn Đức Thắng
Đỗ Văn Đình |
| Tăng trưởng màng Aluminum Oxide trong thiết bị bán dẫn tiên tiến bằng kỹ thuật lắng đọng lớp nguyên tử | 18 | Trần Minh Hải
Đào Thị Mỹ Linh
Trần Thế Quang
Nguyễn Phương Ty |
| Sử dụng mô hình học sâu cho hệ thống báo cháy tự động | 23 | Phạm Như Phẩm
Nguyễn Minh Nhựt
Phạm Anh Tiến
Lý Quang Minh |
| Phân tích tương tác từ trường - cơ học trong động cơ nam châm vĩnh cửu | 31 | Nguyễn Thị Hồng Nhung |

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

- | | | |
|--|----|--|
| Nghiên cứu ảnh hưởng của thông số chế độ cắt tới độ nhám bề mặt chi tiết khi tiện CNC thép SUS440C | 37 | Mạc Văn Giang |
| Nghiên cứu thực nghiệm lực cắt và dao động trong phay tinh thép SKD11 bằng mảnh cắt hình bình hành | 44 | Nguyễn Thị Liễu |
| Nghiên cứu mô phỏng quá trình nhiệt trên pin lithium ion | 50 | Đỗ Tiến Quyết
Phùng Đức Hải Anh
Phạm Thị Hoan |
| Khảo sát các yếu tố chính ảnh hưởng đến chiều dày vật liệu trong công nghệ tạo hình tấm biến dạng cục bộ | 56 | Trần Hải Đăng
Trần Văn Diện
Mai Thị Thủy
Nguyễn Thị Thu |
| Thực nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của tải trọng xoắn đến sức bền giới hạn kết cấu tàu | 61 | Vũ Văn Tản |

NGÀNH KINH TẾ

- Giải pháp hoàn thiện công tác quản lý và khai thác nguồn thu từ hộ kinh doanh cá thể trên địa bàn thành phố Hải Phòng 67 Hoàng Thị Bích Ngọc
Vũ Thị Thanh Thủy
Vũ Thị Lý
- Quản trị môi trường cấp tỉnh và sức hút đầu tư FDI xanh: Phân tích so sánh các nhóm địa phương tại Việt Nam 73 Ngô Thị Luyện
- Chuyển đổi số trong phát triển kinh tế số ở Việt Nam: Cơ hội và thách thức 79 Nguyễn Thị Huế
- Chuyển đổi số trong quản lý thuế đối với hộ kinh doanh tại Việt Nam: Thực trạng và tác động dưới góc nhìn quản lý nhà nước 86 Đinh Thị Kim Thiết
- Ảnh hưởng của chất lượng cung ứng dịch vụ logistics đến ý định tiếp tục sử dụng dịch vụ của khách hàng: Nghiên cứu trường hợp tại phía Tây Hải Phòng 92 Lê Thị Huyền
Nguyễn Thị Ngọc Mai

LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

- Chuyển đổi số trong quản lý hoạt động kết nối phục vụ cộng đồng của sinh viên Trường Đại học Sao Đỏ 99 Nguyễn Thị Nhan
- Hoạt động làm thêm của sinh viên ở Trường Đại học Sao Đỏ hiện nay 106 Nguyễn Thị Hiền
- Tôn trọng, bảo vệ và bảo đảm quyền con người, quyền công dân trong nhà nước pháp quyền xã hội chủ nghĩa ở Việt Nam hiện nay 111 Phạm Xuân Đức
Trần Thị Hiền
Nguyễn Chí Dũng
Nguyễn Vinh Diện
- Đặc trưng của làng truyền thống Việt Nam 117 Phạm Xuân Đức
Nguyễn Ngọc Hà
- Phát huy hệ giá trị văn hóa Việt Nam trong kỷ nguyên vươn mình của dân tộc 123 Đỗ Thị Thùy

TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION

- | | | |
|--|----|---|
| Enhancing the accuracy of disease detection on tomato leaves by using the YOLOv11 model combined with the WIoU loss function | 5 | Nguyen Hoang Tuyen
Bui Dang Thanh
Ngo Phuong Thuy
Le Thanh Trung |
| An AI-based plant health monitoring and prediction system using sensor networks and edge computing | 12 | Pham Van Nam
Mai The Thang
Doan Duc Thang
Do Van Dinh |
| Growth of Aluminum Oxide thin films for advanced semiconductor devices via atomic layer deposition | 18 | Tran Minh Hai
Dao Thi My Linh
Tran The Quang
Nguyen Phuong Ty |
| Using deep learning models for automatic fire alarm systems | 23 | Pham Nhu Pham
Nguyen Minh Nhut
Pham Anh Tien
Ly Quang Minh |
| Magnetic - Mechanical interaction analysis in permanent magnet motors | 31 | Nguyen Thi Hong Nhung |

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

- | | | |
|--|----|--|
| Study the influence of cutting parameters on surface roughness in CNC turning of SUS440C steel | 37 | Mac Van Giang |
| Experimental investigation of cutting forces and vibrations during finish milling of SKD11 steel with parallelogram-shaped inserts | 44 | Thi Lieu Nguyen |
| Simulation research on thermal processes in lithium-ion batteries | 50 | Do Tien Quyet
Phung Duc Hai Anh
Pham Thi Hoan |
| Inspection of key factors affecting the thickness of materials in incremental sheet forming technology | 56 | Tran Hai Dang
Tran Van Dien
Mai Thi Thuy
Nguyen Thi Thu |
| Experimental study on the effect of torsional loads on the ultimate strength of ship structures | 61 | Vu Van Tan |

TITLE FOR ECONOMICS

- Solutions for improving the management and revenue mobilization from individual business households in Hai Phong City 67 Hoang Thi Bich Ngoc
Vu Thi Thanh Thuy
Vu Thi Ly
- Provincial environmental governance and the attraction of green FDI: A comparative analysis of local government groups in Vietnam 73 Ngo Thi Luyen
- Digital transformation in the development of the digital economy in Vietnam: Opportunities and challenges 79 Nguyen Thi Hue
- Digital transformation in tax management for household businesses in Viet Nam: current situation and impact from a state management perspective 86 Dinh Thi Kim Thiet
- The Impact of logistics service quality on customers' continuance intention: A case study in the west of Hai Phong City 92 Le Thi Huyen
Nguyen Thi Ngoc Mai

TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE

- Digital transformation in managing students' community engagement activities at Sao Do University 99 Nguyen Thi Nhan
- Current part-time activities of students at Sao Do University 106 Nguyen Thi Hien
- Respecting, protecting and guaranteeing human rights and civil rights in the current socialist rule of law state in Vietnam today 111 Pham Xuan Duc
Tran Thi Hien
Nguyen Chi Dung
Nguyen Vinh Dien
- The Traditional Vietnamese Village 117 Pham Xuan Duc
Nguyen Ngoc Ha
- Promoting a system of Vietnamese cultural values in the era of national progress 123 Do Thu Thuy

Simulation research on thermal processes in lithium-ion batteries

Nghiên cứu mô phỏng quá trình nhiệt trên pin lithium ion

Đỗ Tiến Quyết*, Phùng Đức Hải Anh, Phạm Thị Hoan

*Tác giả liên hệ: gvsd87@gmail.com

Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 14/3/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 06/5/2025

Ngày chấp nhận đăng: 01/6/2026

Abstract

This paper presents a coupled electro-thermal model for lithium-ion battery packs using a four-RC equivalent circuit model and a lumped thermal network. A 2S4P pack of Panasonic NCR18650PF cells is simulated under CCCV charging and a Dynamic Stress Test cycle. The results show that the maximum cell temperature remains below 32°C, the average temperature ranges from 24°C to 25.5°C, and the temperature difference between cells stays within 1°C. The proposed model is effective and computationally efficient for battery thermal analysis and pack design.

Keywords: *lithium-ion battery; electro-thermal modeling; equivalent circuit model; lumped thermal model.*

Tóm tắt

Bài báo này trình bày một mô hình nhiệt - điện kết hợp cho các bộ pin lithium-ion bằng cách sử dụng mô hình mạch tương đương bốn nhánh RC và mạng nhiệt tập trung. Một bộ pin cấu hình hai nối tiếp bốn song song gồm các ngăn pin Panasonic NCR18650PF được mô phỏng dưới chế độ sạc dòng không đổi - áp không đổi và chu kỳ thử nghiệm ứng suất động. Các kết quả chỉ ra rằng nhiệt độ tối đa của ngăn pin duy trì ở mức dưới 32°C, nhiệt độ trung bình dao động từ 24°C đến 25,5°C và chênh lệch nhiệt độ giữa các ngăn pin luôn giữ trong mức 1°C. Mô hình đề xuất tỏ ra hiệu quả và tối ưu về mặt tính toán cho việc phân tích nhiệt và thiết kế bộ pin.

Từ khóa: *pin lithium-ion; mô hình hóa điện - nhiệt; mô hình mạch tương đương; mô hình nhiệt tập trung.*

1. INTRODUCTION

Lithium-ion batteries are widely used in electric vehicles, energy storage systems, and portable electronic devices because of their high energy density, long cycle life, and favorable power capability. However, the electrical and thermal behaviors of lithium-ion batteries are strongly coupled. During operation, internal heat generation affects cell temperature, while temperature variations in turn influence the electrical characteristics, efficiency, and aging behavior of the battery. Therefore, both electrical and thermal effects must be considered simultaneously when developing simulation tools for battery systems [1-3].

Several modeling approaches have been proposed for lithium-ion batteries. Electrochemical models can provide detailed insight into internal physical and chemical processes, but their computational complexity and extensive parameter requirements limit

their applicability in system-level studies. By contrast, equivalent circuit models offer a practical balance between model fidelity and computational efficiency, making them suitable for battery management and pack-level simulation. Likewise, for thermal analysis, lumped thermal models are widely adopted when internal temperature gradients inside individual cells are not the primary concern and computational efficiency is required [4-6].

In this study, a coupled electro-thermal simulation framework is developed by combining an equivalent circuit model for electrical behavior with a lumped thermal network for temperature prediction. The model is intended for scalable battery-pack simulation and thermal-performance evaluation under dynamic load conditions. A 2S4P battery pack composed of Panasonic NCR18650PF cylindrical cells is selected as the simulation case. The objective is to evaluate the temperature evolution and heat-transfer characteristics of the battery pack under a realistic dynamic load profile and to demonstrate the usefulness of the proposed approach for battery-system design [7].

Reviewers: 1. Assoc.Prof.Dr. Le Van Quynh
2. Assoc.Prof.Dr. Nguyen Trong Hoan

2. MODEL DEVELOPMENT

A coupled electro-thermal model was established to simulate the dynamic behavior of lithium-ion battery systems. The electrical model determines the cell voltage and current response, while the thermal model predicts the temperature evolution of each cell and the heat exchange between cells and the ambient environment.

The proposed model is based on charge conservation in the ECM and energy conservation in the lumped thermal network. The four-RC ECM and lumped thermal assumption are adopted to balance accuracy and computational efficiency for pack-level temperature prediction. Under the selected CCCV, DST, ambient, and heat-transfer conditions, the results are considered reliable for preliminary thermal evaluation, pack design, and BMS-oriented analysis.

2.1. Electrical model

To describe the electrical behavior of each lithium-ion cell, an equivalent circuit model (ECM) with four RC branches was adopted. This model consists of one ohmic resistance and four parallel RC networks, which together capture both the instantaneous voltage drop and the transient polarization effects occurring during charging and discharging processes [5], [6]. In this study, the four-RC-branch ECM, illustrated in Figure 1, provides a practical compromise between modeling accuracy and computational efficiency. However, as a simplified representation, it does not explicitly account for the detailed electrochemical processes inside the cell, and its predictive capability may be limited under extreme operating conditions or when aging effects are considered.

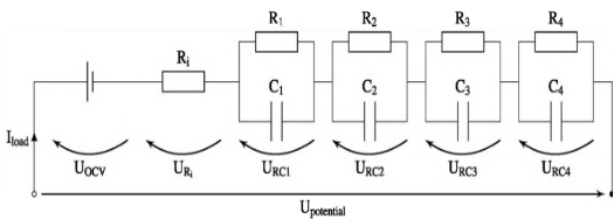


Figure 1. Equivalent circuit model with 4 RC elements.

The discrete-time state-space model can be expressed as:

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{A}\mathbf{x}_k + \mathbf{B}I_{\text{cell},k} \quad (1)$$

Where the state vector is defined as:

$$\mathbf{x} = [U_{RC1}, U_{RC2}, U_{RC3}, U_{RC4}, \text{SOC}]^T \quad (2)$$

Here, U_{RC1} denotes the overvoltage across the n -th RC branch, and SOC the state of charge of the cell. The terminal voltage of the cell is given by:

$$V_{\text{cell}} = U_{\text{OCV}}(\text{SOC}) - \sum_{n=1}^4 U_{RCn} - I_{\text{cell}}R_0 \quad (3)$$

Where $U_{\text{OCV}}(\text{SOC})$ is the open-circuit voltage as a function of the state of charge, R_0 is the ohmic resistance and I_{cell} is the cell current.

The state of charge is updated using Coulomb counting:

$$\text{SOC}_{k+1} = \text{SOC}_k - \frac{I_{\text{cell},k} \Delta t}{C_N} \quad (4)$$

Where C_N is the nominal capacity of the cell and Δt is the simulation time step.

This ECM structure provides sufficient accuracy for representing the voltage dynamics of lithium-ion cells while remaining computationally efficient for battery-pack simulation.

2.2. Thermal model

The electrical performance of lithium-ion batteries is strongly influenced by temperature; therefore, an accurate prediction of cell temperature is essential for reliable electro-thermal simulations. In this study, a component-level thermal model is employed to estimate the temperature of each battery cell and to update the temperature-dependent electrical parameters of the Equivalent Circuit Model (ECM) [1], [9]. Each cell is represented as a lumped thermal mass, assuming a uniform temperature distribution within the cell. Under this assumption, internal temperature gradients are neglected and the thermal behavior of the cell can be described using a simplified energy balance. This approach significantly reduces computational complexity while maintaining sufficient accuracy for system-level battery pack simulations. However, this simplified lumped model neglects internal temperature gradients and may therefore be less accurate under severe operating or non-uniform cooling conditions. The temperature of each cell is determined by the balance between internally generated heat and heat exchanged with the surrounding environment. The heat generation rate inside the cell consists of irreversible Joule heating and reversible entropic heat, which can be expressed as [10], [11].

$$\dot{Q}_{\text{cell},j} = I_j^2 R_{i,j} + I_j T_{\text{cell},j} \frac{\partial U_{\text{OCV},j}}{\partial T} \quad (5)$$

Where I_j is the current of cell j ;

$R_{i,j}$ is the internal resistance;

$T_{\text{cell},j}$ is the cell temperature, and is the entropy coefficient.

The first term represents irreversible heat generated by ohmic losses, while the second term represents reversible heat associated with electrochemical reactions.

Heat exchange between the cell and the ambient environment is modeled using Newton's law of cooling [3].

$$\dot{Q}_{\infty,j} = h_j A_{\text{cell},j} (T_{\text{cell},j} - T_{\infty}) \quad (6)$$

Where:

h_j is the effective heat transfer coefficient;

$A_{\text{cell},j}$ is the effective heat transfer surface area;

T_{∞} denotes the ambient temperature.

For a battery pack consisting of n cells, the heat exchange with the environment can be conveniently expressed in matrix form.

$$\dot{Q}_{\infty} = K_{\infty} (T_{\text{cell}} - T_{\infty}) \quad (7)$$

Where:

K_{∞} represents the thermal conductance matrix describing the heat transfer between each cell and the ambient environment.

Assuming a lumped thermal capacity, the temperature of each cell is updated using the discrete energy balance.

$$T_{\text{cell},j}^{k+1} = T_{\text{cell},j}^k + \frac{\Delta t}{m_{\text{cell},j} C_{p,j}} (\dot{Q}_{\text{cell},j} - \dot{Q}_{\infty,j}) \quad (8)$$

Where:

$m_{\text{cell},j}$ and $C_{p,j}$ denote the mass and specific heat capacity of the cell, respectively, and is the simulation time step.

This simplified thermal formulation intentionally neglects detailed heat transfer mechanisms such as radiation, internal conduction, and complex airflow patterns, since these effects are often difficult to characterize during the early design stage of battery systems. Instead, their overall influence is captured through the effective heat transfer coefficient h obtained from experimental data or literature. This approach enables efficient electro-thermal simulations while maintaining sufficient accuracy for battery pack design and thermal analysis.

2.3. Heat transfer between cells

In addition to heat exchange with the ambient environment, conductive heat transfer between neighboring cells was considered in order to capture thermal coupling inside the battery pack.

The conductive heat flow from cell n to cell j is given by:

$$\dot{Q}_{\lambda,jn} = \frac{T_{\text{cell},n} - T_{\text{cell},j}}{R_{\lambda,jn}} \quad (9)$$

Where:

$R_{\lambda,jn}$ is the equivalent thermal resistance between the two adjacent cells.

For a battery pack with multiple cells, the total

conductive heat transfer affecting cell j can be written as:

$$\dot{Q}_{\lambda,j} = \sum_1^n \frac{T_{\text{cell},n} - T_{\text{cell},j}}{R_{\lambda,jn}} \quad (10)$$

This representation enables the simulation of thermal interaction among neighboring cells without requiring a detailed geometric thermal model. In this work, only adjacent-cell heat transfer was considered.

2.4. Simulation conditions

The case study was conducted using Panasonic NCR18650PF cylindrical lithium-ion cells with a nominal capacity of 2.9 Ah. The simulated battery pack consisted of four parallel strings, each composed of two cells connected in series, forming a 2S4P configuration.

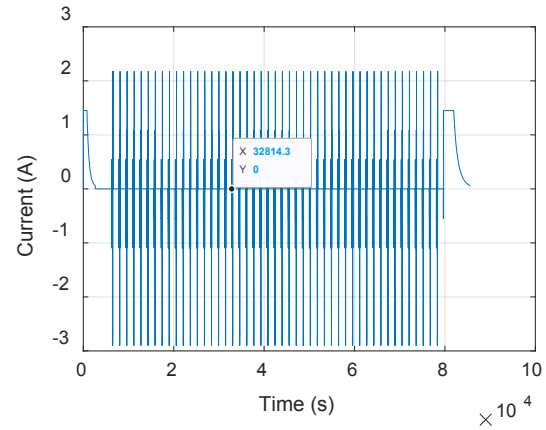


Figure 2. DST cycle

The simulation procedure was divided into two stages. First, the battery pack was charged using a constant-current/constant-voltage (CCCV) strategy at a rate of $C/2$ until the upper cut-off voltage was reached. After the charging phase, a Dynamic Stress Test (DST) load profile was applied to represent variable operating conditions. The simulation started from a fully charged state and continued until the lower cut-off voltage was reached, as illustrated in Fig. 2.

The operating and thermal parameters used in the electro-thermal simulations are summarized in Table 1 [12]. These parameters include the nominal capacity of the cell, pack configuration, thermal properties, ambient conditions, voltage limits, and simulation time step.

Table 1. Simulation parameters used in the electro-thermal model

Parameter	Symbol	Value
Nominal capacity	C_N	2.9 Ah
Pack configuration	—	2S4P
Cell mass	m_{cell}	0.045 kg

Parameter	Symbol	Value
Specific heat capacity	C_p	900 J/kgK
Heat transfer coefficient	h	10 W/m ² K
Effective cell surface area	A	0.004 m ²
Thermal resistance between adjacent cells	R_λ	2 K/W
Ambient temperature	T_∞	20°C
Upper cut-off voltage	$V_{\max}$	4.2 V
Lower cut-off voltage	$V_{\min}$	2.5 V
Charging mode	–	CCCV, C/2
Simulation time step	Δ_t	0.1 s

3. SIMULATION RESULTS

The thermal behavior of the simulated lithium-ion battery pack is shown in Fig. 3. At the beginning of the simulation, cell temperatures rise rapidly from the ambient temperature ($\sim 20^\circ\text{C}$) due to the high current demand during the initial phase of the Dynamic Stress Test (DST). This increase is mainly caused by irreversible Joule heating inside the cells, as described in Eq. (2).

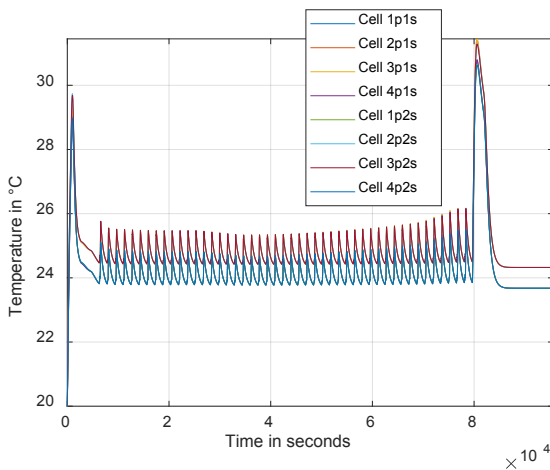


Figure 3. Cell Temperatures

After the transient phase, the temperatures stabilize and exhibit quasi-periodic oscillations with an amplitude of about 1°C , following the cyclic load profile. These small fluctuations indicate that the thermal mass of the cells and heat dissipation effectively limit rapid temperature variations.

During the main operating period, the average temperature gradually increases from about 24°C to 25.5°C due to the balance between internal heat generation and heat dissipation to the environment (Eq. 3). The temperature difference between cells remains within 1°C , indicating relatively uniform thermal behavior.

Near the end of the simulation ($\sim 8 \times 10^4$ s), a short temperature peak of about $31\text{--}32^\circ\text{C}$ occurs due

to a high-current event. However, the maximum temperature remains below typical safety limits, indicating stable thermal operation of the battery pack.

The results demonstrate that the proposed electro-thermal model can accurately capture both transient and long-term temperature responses of the battery pack under dynamic loading. The small inter-cell temperature difference further indicates good thermal uniformity representation. These findings also suggest that the 2S4P battery configuration can operate safely under the applied load cycle, highlighting its relevance for battery-pack design, thermal management, and reliability assessment.

Figure 4 shows the ambient heat transfer rate of individual lithium-ion cells during the simulated load cycle. At the beginning of the simulation, a transient heat flux of approximately -0.35 to -0.40 W is observed, indicating strong heat dissipation to the environment caused by the large temperature gradient during the initial temperature rise.

After this transient phase, the heat flux exhibits small quasi-periodic oscillations following the cyclic load profile. These fluctuations reflect the balance between internal heat generation and heat dissipation to the environment. The similar heat transfer patterns among cells indicate uniform thermal boundary conditions across the battery pack.

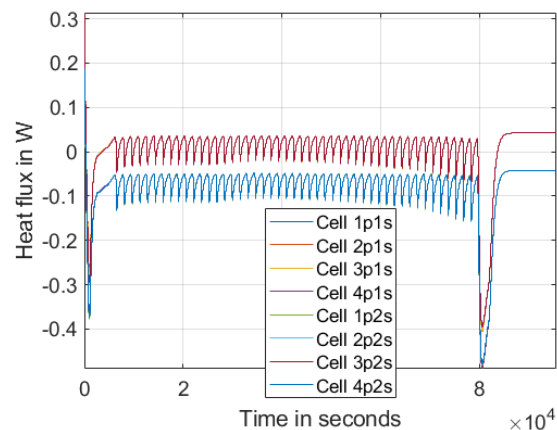


Figure 4. Ambient heat transfer

Near the end of the simulation ($\sim 8 \times 10^4$ s), a short peak approaching -0.45 W appears, associated with a high-power demand event. Overall, the results indicate stable ambient heat exchange under dynamic operating conditions.

These findings confirm that the proposed lumped thermal model captures the dynamic balance between internal heat generation and external heat dissipation. The similar heat-transfer profiles among cells support the assumed thermal boundary conditions, while the applied ambient cooling condition is sufficient to limit temperature rise and support preliminary battery cooling design.

Figure 5 illustrates the inter-cell heat transfer within the lithium-ion battery pack during the simulated operating cycle, representing conductive heat exchange between adjacent cells. At the beginning of the simulation, a short transient phase occurs with heat flux fluctuations of approximately ± 0.05 W, caused by initial temperature differences between neighboring cells.

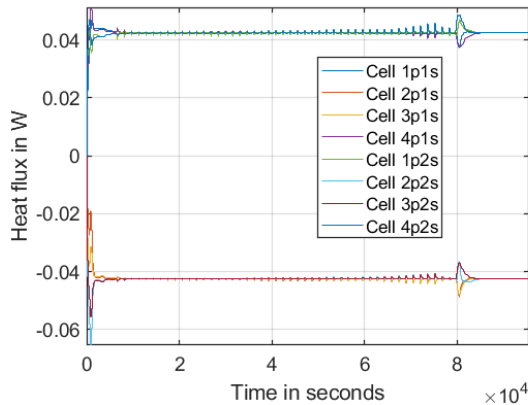


Figure 5. *Heat transfer between cells*

After this transient phase, the heat flux stabilizes around ± 0.04 W, indicating a small but persistent temperature gradient within the pack. The opposite heat flux directions confirm bidirectional heat transfer between adjacent cells, where warmer cells transfer heat to cooler ones.

A brief disturbance appears near $8 \cdot 10^4$ s due to a high-power demand event that temporarily increases the thermal gradient. Overall, the small magnitude and rapid stabilization of the heat flux indicate effective thermal homogenization and stable pack operation under dynamic loading.

The results show that adjacent-cell thermal coupling is weak but sufficient to support temperature equalization, highlighting the role of inter-cell conductive heat transfer in improving model realism. The low heat-transfer magnitude also indicates that the studied pack layout and thermal resistance are adequate for maintaining thermal uniformity and safe operation.

4. CONCLUSION

This paper presents a coupled electro-thermal simulation framework for lithium-ion battery systems by combining an equivalent circuit model with a lumped thermal network. The proposed approach offers a practical trade-off between accuracy and computational efficiency, making it suitable for battery-pack simulation and preliminary thermal design.

A 2S4P battery pack using Panasonic NCR18650PF cylindrical cells was analyzed under CCCV charging and a Dynamic Stress Test load cycle. The model included key thermal parameters such as cell mass, specific heat capacity, heat transfer coefficient, effective surface area and inter-cell thermal resistance.

Results show that the maximum cell temperature remained below 32°C , the average temperature varied from about 24°C to 25.5°C , the cell-to-cell temperature difference stayed within 1°C , and the peak ambient heat flux reached approximately -0.45 W. These results indicate stable thermal performance under dynamic operating conditions.

The proposed framework is applicable to battery thermal analysis, pack design, and battery management development. Future work will focus on parameter identification, aging effects and advanced cooling configurations.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

This research is part of a basic-level science and technology project, code 05. KHCN/25-26, funded by Sao Do University. The authors sincerely thank Sao Do University for providing the conditions for us to complete this research.

REFERENCES

- [1]. Matthias Fleckenstein, Oliver Bohlen, and Bernard Baker (2012), *Aging effect of temperature gradients in li-ion cells experimental and simulative investigations and the consequences on thermal battery management*, World Electric Vehicle Journal, pp. 322-333.
- [2]. Abbas Tourani, Peter White, and Paul Ivey (2014), *Analysis of electric and thermal behaviour of lithium-ion cells in realistic driving cycles*, Journal of Power Sources, pp.301-314.
- [3]. Cai, Y., Che, Y., Li, H., Jiang, M., Qin, P. (2021), *Electro-thermal model for lithium-ion battery simulations*, Journal of Central South University.
- [4]. Andrea Cordoba-Arenas, Simona Onori, and Giorgio Rizzoni (2015), *A control-oriented lithium-ion battery pack model for plug-in hybrid electric vehicle cycle-life studies and system design with consideration of health management*, Journal of Power Sources, pp. 791-808
- [5]. Andreas Jossen (2006), *Fundamentals of battery dynamics*, Journal of Power Sources, pp. 530-538.
- [6]. X. Hu, S. Li, H. Peng (2012), *A comparative study of equivalent circuit models for Li-ion batteries*, Journal of Power Sources, pp. 359-367.
- [7]. Allafi, W. et al. (2018), *A lumped thermal model of lithium-ion battery cells considering radiative heat transfer*, Applied Thermal Engineering, 143, pp.472-481.

- [8]. Christoph Reiter, Xue Lin, Lars-Eric Schlereth, and Markus Lienkamp (2019), *Finding the ideal automotive battery concept: A model-based approach on cell selection, modularization and thermal management*, Forschung im Ingenieurwesen.
- [9]. Hannes Hopp (2016), *Thermomanagement von Hochleistungsfahrzeug-Traktionsbatterien anhand gekoppelter Simulationsmodelle Research*, Springer Vieweg, Wiesbaden.
- [10]. Akram Eddahech, Olivier Briat, and Jean-Michel Vinassa (2013), *Thermal characterization of a high-power lithium-ion battery: Potentiometric and calorimetric measurement of entropy changes*, Energy, 61, pp.432-439.
- [11]. D. Bernardi, E. Pawlikowski, J. Newman (1985), *A general energy balance for battery systems*, Journal of the Electrochemical Society, pp. 5-12.
- [12]. <https://www.dnkpower.com/ncr18650pf/>.

THÔNG TIN TÁC GIẢ

Đỗ Tiến Quyết*, Phùng Đức Hải Anh,
Phạm Thị Hoan

*Tác giả liên hệ: gvsd87@gmail.com

Trường Đại học Sao Đỏ.

THỂ LỆ GỬI BÀI

TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X), thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tạp chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...
2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào.
3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>. Bài báo gửi về tòa soạn dưới dạng file điện tử (*.doc *.docx và *.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phản biện thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.
4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).
5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.
6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.
7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.
8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.
9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Từ khóa tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.
10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 × 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (*.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng Mathtype hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.
11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo.
 - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.
 - Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tạp chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỷ yếu, số, trang.
 - Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.
12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper
Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>.

THÔNG TIN LIÊN HỆ:

Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

Địa chỉ: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>

Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn



BỘ CÔNG THƯƠNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Địa chỉ:

- **Số 1:** Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Số 2:** Số 72, đường Nguyễn Thái Học, quốc lộ 37, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Điện thoại:** (0220) 3882 269 **Fax:** (0220) 3882 921 **Website:** <http://saodo.edu.vn> **Email:** info@saodo.edu.vn

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

Số 2 (94)
2026



Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ

Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>/Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.