

DOI:10.22144/ctujos.2025.204

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG SIÊU TỤ ĐIỆN KHỞI ĐỘNG XE GẮN MÁY

Nguyễn Khắc Bằng và Phan Tấn Tài*

Trường Đại học Trà Vinh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): phantantaickd@tvu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 24/03/2025

Sửa bài (Revised): 24/04/2025

Duyệt đăng (Accepted): 12/08/2025

Title: Research on the application of supercapacitors for starting a motorcycle

Author: Nguyen Khac Bang and Phan Tan Tai*

Affiliation(s): Tra Vinh University, Viet Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm tìm một giải pháp ứng dụng siêu tụ điện tích trữ năng lượng điện trên xe gắn máy thay thế cho accu để khởi động điện cho động cơ, đèn tín hiệu, ... Siêu tụ điện có ưu điểm nạp, xả nhanh, độ bền cao, thân thiện với môi trường. Trong nghiên cứu, phương án tính toán, thiết kế bộ gồm 6 siêu tụ điện 350 F – 2,7 V thay thế cho accu để khởi động động cơ xe gắn máy với thời gian nạp nhanh hơn 50 lần, số lần khởi động động cơ đạt 5 đến 10 lần (mỗi lần 3 giây), trọng lượng nhẹ hơn 5,6 lần so với accu được trình bày. Kết quả thực nghiệm cho thấy việc dùng siêu tụ thay thế accu để khởi động xe gắn máy là hoàn toàn khả thi.

Từ khóa: Accu, năng lượng mới, khởi động, siêu tụ điện

ABSTRACT

This study aims to find a solution to apply supercapacitors to store electrical energy on motorcycles instead of batteries to start electricity for motors, signal lights, etc. Supercapacitors have the advantages of fast charging and discharging, high altitude, and environmental friendliness. The study presents a calculation plan and design of a set of 6 supercapacitors of 350 F – 2.7 V to replace the battery to start the motorcycle engine, with a charging time 50 times faster, engine start times reach 5 to 10 times (each time 3 seconds), and the weight is 5.6 times lighter than the battery. The experimental results show that using supercapacitors to replace batteries to start motorbikes is completely feasible.

Keywords: Battery, new energy, boot, supercapacitor

1. GIỚI THIỆU

Accu là nguồn dự trữ năng lượng điện chủ yếu để khởi động động cơ. Tuy nhiên, accu có dung lượng hạn chế, tuổi thọ thấp, thời gian nạp nhiều giờ. Đồng thời, sau thời gian sử dụng các accu trở thành lượng rác thải nguy hại khi thải ra môi trường. Ngoài ra, chì là kim loại độc gây tổn hại hệ thần kinh, gây sảy thai ở phụ nữ và giảm khả năng sinh sản ở nam giới khi tiếp xúc lâu ngày với chì (Aliasghar et al., 2022), a xít rất nguy hiểm vì có thể gây bỏng và tổn thương nhanh chóng khi tiếp xúc trực tiếp với chúng

qua da, gây tử vong khi nuốt phải. Chì (Pb) được coi là chất thải cực kỳ độc hại, với hàm lượng vài ppm/kg trọng lượng cơ thể đã gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người. Tại Hội thảo quốc tế “An toàn giao thông xe máy: những thách thức và bài học kinh nghiệm”, ông Trần Hữu Minh, Chánh Văn phòng Ủy ban An toàn giao thông Quốc gia cho biết đến tháng 9 năm 2024 Việt Nam đã có 77 triệu xe máy đăng ký thuộc hàng cao nhất thế giới (Group of reporters, 2024). Như vậy, hàng năm có hàng triệu bình accu bị thải bỏ nhưng chưa có số liệu thống kê về xử lý và tái chế nguồn phế thải này.

Siêu tụ điện bản chất là tụ điện nên nó vẫn giữ được đặc tính của tụ điện và có mật độ công suất rất lớn. Bên cạnh đó điện dung lớn tới hàng nghìn Fara cho phép siêu tụ điện tích trữ một lượng điện năng lớn điều này cho phép siêu tụ điện có thể hoạt động như một nguồn chứa năng lượng trong khi các tụ điện thông thường chỉ có vai trò là phần tử phóng – nạp trong quá trình trao đổi năng lượng.

Trong các nghiên cứu, siêu tụ điện được dùng để tích trữ năng lượng từ các nguồn năng lượng tái tạo để giảm năng lượng tiêu thụ bằng việc thu hồi các năng lượng dư thừa trong quá trình phanh tái sinh (Tran & An, 2024). Năng lượng mặt trời cũng là nguồn cung cấp năng lượng dự trữ cho siêu tụ điện phục vụ cho việc các đèn chiếu sáng, tín hiệu có công suất thấp (Vo & Nguyen, 2017).

Siêu tụ điện có ưu điểm nạp, xả nhanh kết hợp với Pin Lithium có khả năng lưu trữ lớn để cân bằng và ổn định điện áp là tiền đề quan trọng để thực nghiệm áp dụng thực tế (Bui et al., 2023). Phát triển điện cực có hiệu suất cao, chất điện phân, cùng với sự phát triển của công nghệ điện tử, vật liệu nano thì việc chế tạo pin lai-siêu tụ để giải quyết vấn đề mật độ năng lượng thấp của siêu tụ (Niraj et al., 2022), cũng như các nghiên cứu về tính chất điện hóa của vật liệu điện cực đã nhận được sự quan tâm lớn (Huynh et al., 2023; Huynh et al., 2023).

Các ứng dụng: xe điện, hệ thống điện hybrid và các ứng dụng trong quân sự, đồng thời tích hợp năng lượng lai với năng lượng tái tạo nhằm sản xuất những mô đun nhỏ, gọn có mật độ công suất cao, giá cả rẻ hơn và được sử dụng rộng rãi (Mustafa et al., 2022) được đánh giá toàn diện trong nghiên cứu. Các nghiên cứu ứng dụng siêu tụ điện chỉ dừng lại ở việc hỗ trợ khởi động động cơ, tìm hiểu về lý thuyết, mô phỏng hoặc ứng dụng vào các thiết bị có công suất nhỏ, cải thiện tính năng điện cực nhằm giải quyết vấn đề về mật độ năng lượng của siêu tụ nhưng chưa có nghiên cứu ứng dụng để khởi động động cơ. Siêu tụ điện có nhiều tính năng vượt trội nhưng vẫn còn hạn chế về ứng dụng thực tế và tính kinh tế.

Từ những nhược điểm của accu chì và đặc điểm nổi bật của siêu tụ điện nên việc nghiên cứu, tính toán dùng siêu tụ điện được đề xuất nhằm thay thế cho accu để khởi động xe gắn máy, chỉ cải tạo hộp đựng bình accu cho phù hợp để lắp bộ siêu tụ điện, không thay đổi hệ thống điện nhưng đảm bảo khởi động được động cơ. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm tìm thêm giải pháp giảm tác hại đến môi trường do sản phẩm phế thải từ accu gây ra.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

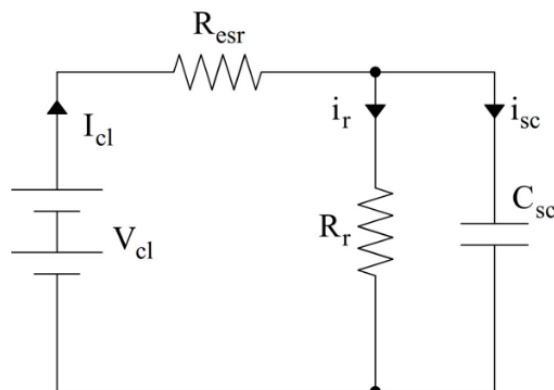
2.1. Các thông số cơ bản của hệ thống khởi động điện xe Super Dream (Hon Da Viet Nam CO, 2007)

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của xe Super Dream

Mục	Thông số kỹ thuật
Accu	12 V – 5 Ah
Công suất máy phát điện	95 W/5000 vòng/phút
Điện áp tiết chế/chỉnh lưu	14 đến 15 V/5000 vòng/phút
Mô tơ khởi động	800 đến 1000 W

2.2. Mô hình nạp điện siêu tụ

Kết quả được thể hiện ở Hình 1 là sơ đồ tương đương của mô hình nạp của siêu tụ điện, điện áp nguồn chỉnh lưu nạp siêu tụ (V_{cl}), dòng điện của chỉnh lưu (I_{cl}), dòng điện nạp bộ siêu tụ (i_{sc}), dòng điện rò (i_r), điện trở rò (R_r), điện trở nối tiếp tương đương (R_{est}), điện dung tương đương của bộ siêu tụ (C_{sc}).



Hình 1. Sơ đồ tương đương của mô hình nạp của siêu tụ điện

Bộ siêu tụ được ghép nối tiếp gồm 6 siêu tụ có dung lượng giống nhau, điện dung tổng cộng của bộ siêu tụ (C_{sc}) là:

$$C_{sc} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_6}} = \frac{1}{6}C \quad (1)$$

Dòng điện nạp trên siêu tụ trong quá trình nạp:

$$i_{sc}(t) = \frac{V_{cl}}{R_r} \cdot e^{-\frac{t}{R_{sc} \cdot C_{sc}}} \quad (2)$$

Điện áp trên siêu tụ trong quá trình nạp:

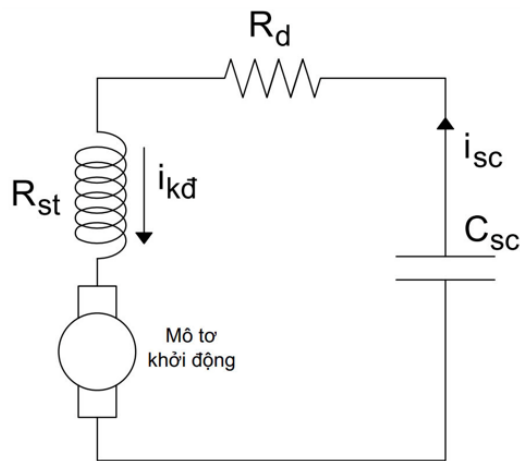
$$V_{sc}(t) = V_{cl} \left(1 - e^{-\frac{t}{R_{sc} \cdot C_{sc}}} \right) + V_{sc}^0 \quad (3)$$

Trong đó: V_{sc}^0 : điện áp ban đầu trên siêu tụ.

$$R_{sc} = R_{est} + R_r$$

2.3. Mô hình phóng điện siêu tụ

Mô hình phóng của siêu tụ điện được thể hiện theo sơ đồ tương đương trên Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ tương đương của mô hình phóng của siêu tụ điện

Dòng điện phóng trên siêu tụ trong quá trình phóng:

$$i_{sc}(t) = \frac{V_{sc}}{R_{td}} \cdot e^{-\frac{t}{R_{td} \cdot C_{sc}}} \tag{4}$$

Trong đó: $R_{td} = R_d + R_{st}$

R_d : điện trở dây cáp khởi động

R_{st} : điện trở cuộn dây rotor mô tơ khởi động

R_{td} : điện trở tương đương

Điện áp trên siêu tụ trong quá trình phóng:

$$V_{sc}(t) = V_{sc} \cdot e^{-\frac{t}{R_{td} \cdot C_{sc}}} \tag{5}$$

Năng lượng trên bộ siêu tụ:

$$W_{sc} = \frac{1}{2} C_{sc} V_{sc}^2 \tag{6}$$

2.4. Tính toán chọn siêu tụ

Trên cơ sở giữ nguyên hệ thống điều khiển khởi động và mô tơ khởi động động cơ, nhóm nghiên cứu chọn hệ siêu tụ 16,2 V – 58,3 F được ghép nối tiếp từ 6 siêu tụ điện Maxwell BCAP0350 350 F – 2,7 V (Maxwell Technologies, 2021). Để đảm bảo đủ điện áp, đặc tính phóng nạp, dung lượng, năng lượng riêng, độ an toàn, tuổi thọ, thân thiện với môi trường, đảm bảo thời gian cho mỗi lần khởi động là 3 giây và khởi động được 5 lần.

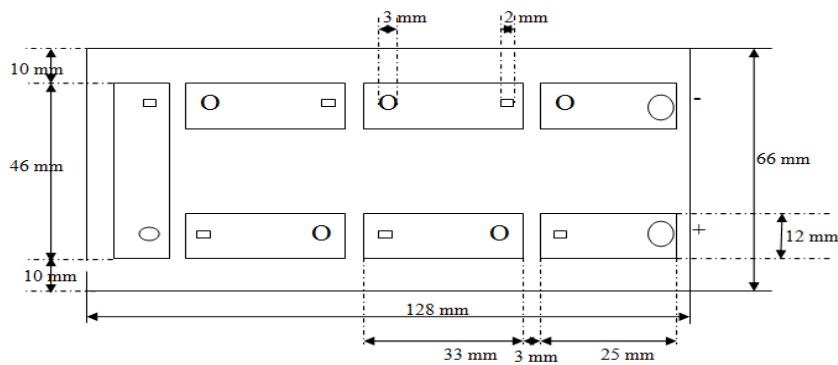
Để đảm bảo an toàn và tránh cháy nổ siêu tụ người nghiên cứu cho hệ số an toàn cho hệ thống dự trữ là 1,35; điện áp làm việc của siêu tụ là 12 V, điện áp nạp đầy là 16,2 V.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật hệ siêu tụ

Thông số kỹ thuật	Giá trị	Đơn vị
Số siêu tụ ghép	6	Cái
Điện dung định mức	58,3	F
Điện trở trong cực đại ESR_{DC}	19,2	$m\Omega$
Điện áp định mức	12	V
Điện áp cực đại	16,2	V
Dòng điện định mức	34	A
Năng lượng cực đại	0,35	Wh
Thời gian làm việc	10	Năm

2.5. Liên kết siêu tụ

Bảng vẽ mạch liên kết siêu tụ như Hình 3



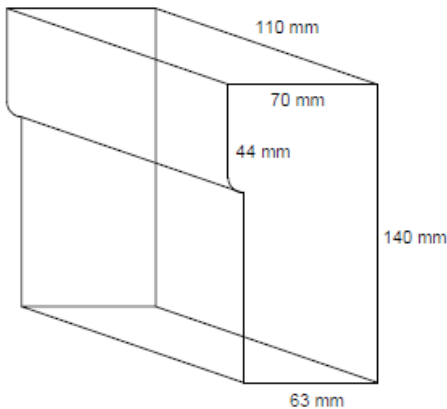
Hình 3. Bảng vẽ mạch liên kết siêu tụ

Siêu tụ được hàn liên kết như Hình 4.

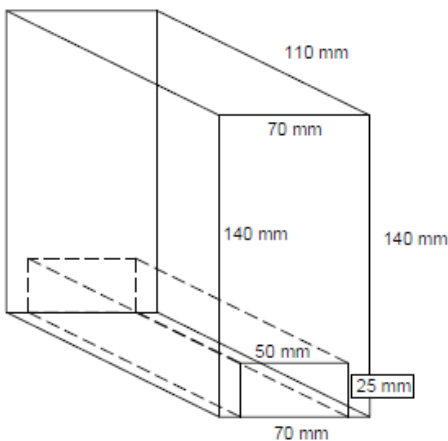


Hình 4. Siêu tụ được ghép nối tiếp

2.6. Cải tạo hộp đựng và lắp siêu tụ vào xe gắn máy

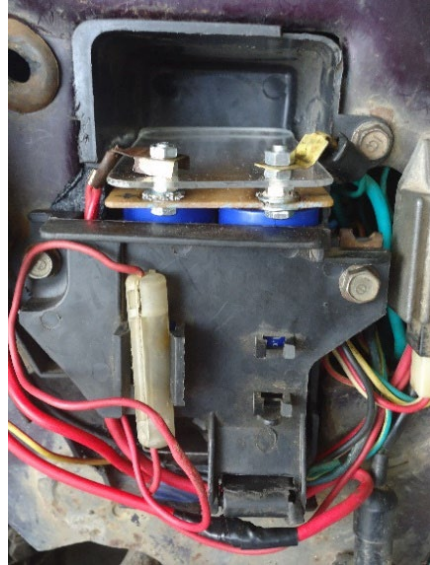


Hình 5. Kích thước hộp đựng accu



Hình 6. Kích thước hộp đựng siêu tụ

Chiều cao của bộ siêu tụ cộng với vi mạch chỉ đạt 70 mm nên vướng vào phần nắp đậy, cho nên có thiết kế thêm một thanh kim loại hình hộp chữ nhật có kích thước 110 x 25 x 50 mm để khi lắp tụ và bảng mạch vào dễ dàng.



Hình 7. Vị trí siêu tụ trong hộp sau khi lắp

Dùng hộp bình đã được sửa chữa lại cho phù hợp với kích thước của mạch liên kết các siêu tụ điện. Lắp vào đúng vị trí trên xe như Hình 7.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Việc thực nghiệm, đánh giá điện áp ban đầu khi lắp vào mạch điện để động cơ nạp điện cho siêu tụ, khởi động động cơ bằng siêu tụ, nạp lại cho hệ siêu tụ sau khi khởi động.

3.1. Quá trình nạp điện ban đầu cho siêu tụ

Thông số thực nghiệm: Điện dung của bộ siêu tụ $C = 58,3 \text{ F}$; Điện trở dây dẫn $R_{sc} = 1 \Omega$; điện áp ban đầu trên siêu tụ $V_{sc}^0 = 0$; điện áp chỉnh lưu $V_{cl} = 14 \text{ V}$.

Kết quả thực nghiệm: Khởi động cho động cơ làm việc ổn định tốc độ khoảng 5000 vòng/phút, sau thời gian $t = 291 \text{ s}$ điện áp đo được bộ siêu tụ là $V_{sc} = 13,9 \text{ V}$.

3.2. Quá trình phóng điện qua máy khởi động

Thực nghiệm khởi động động cơ ở 2 chế độ: động cơ nổ và động cơ không nổ với các thông số sau: Điện áp bộ siêu tụ $V_{sc} = 13,9 \text{ V}$; Điện dung của bộ siêu tụ $C = 58,3 \text{ F}$; Điện trở tương đương $R_{td} = 1 \Omega$; Thời gian mỗi lần khởi động $t = 3 \text{ s}$.

Trường hợp khởi động cho động cơ nổ, tắt máy, khởi động lại thì được 10 lần, điện áp đo được sau mỗi lần khởi động như Bảng 3. Kết quả cho thấy sau mỗi lần khởi động động cơ điện áp trên siêu tụ giảm từ 0,3 V đến 0,4 V.

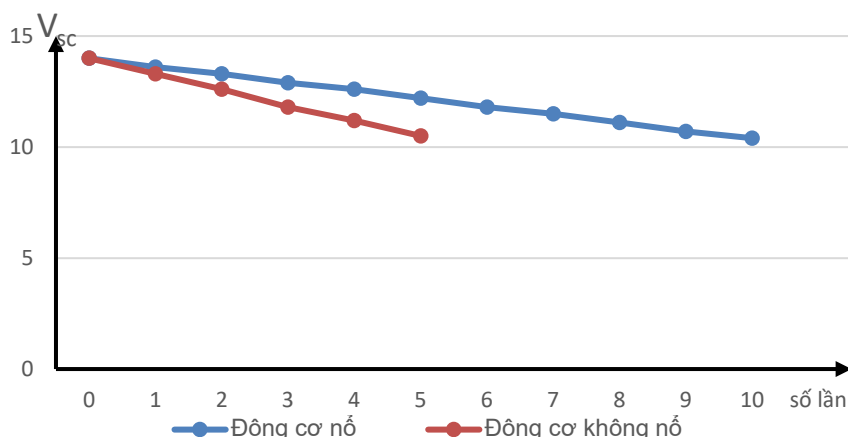
Bảng 3. Điện áp đo được sau mỗi lần khởi động động cơ nổ rồi tắt máy

Số lần khởi động	Điện áp đo được
Lần 1	13,6 V
Lần 2	13,3 V
Lần 3	12,9 V
Lần 4	12,6 V
Lần 5	12,2 V
Lần 6	11,8 V
Lần 7	11,5 V
Lần 8	11,1 V
Lần 9	10,7 V
Lần 10	10,4 V

Trường hợp khởi động không cho động cơ nổ được 5 lần điện áp đo được sau mỗi lần khởi động như Bảng 4. Kết quả cho thấy sau mỗi lần khởi động động cơ điện áp trên siêu tụ giảm từ 0,6 V đến 0,8 V.

Bảng 4. Điện áp đo được khi khởi động động cơ không nổ

Số lần khởi động	Điện áp đo được
Lần 1	13,3 V
Lần 2	12,6 V
Lần 3	11,8 V
Lần 4	11,2 V
Lần 5	10,5 V



Hình 8. Kết quả siêu tụ phóng điện khi khởi động động cơ

3.3. Thời gian nạp lại cho siêu tụ

Thực hiện nạp lại cho siêu tụ sau khi đã phóng điện khởi động động cơ với các thông số: Động cơ hoạt động; Điện áp nguồn nạp được chỉnh lưu $V_{cl} = 14$ V; Điện dung của bộ siêu tụ $C = 58,3$ F; Điện trở dây dẫn $R_{sc} = 1 \Omega$; điện áp siêu tụ $V_{sc}^0 = 10,4$ V. Kết quả thời gian nạp lại ở tốc độ không tải khoảng 10 phút, có bật đèn chiếu sáng ban đêm là 15 phút.

Hệ thống khởi động điện xe Super Dream có kết cấu đơn giản, hộp đựng accu có kích thước phù hợp với bộ siêu tụ thực nghiệm, cải tạo đơn giản, dễ thực hiện không làm thay đổi kết cấu chung của xe, dễ tháo lắp, kiểm tra sửa chữa. Qua kết quả thực nghiệm chuyển đổi vị trí lắp có thay đổi kích thước hộp được bộ siêu tụ nhưng vị trí lắp không thay đổi. Đảm bảo khởi động được động cơ ít nhất 5 lần (mỗi

lần 3 s), hệ thống nạp của hệ thống cung cấp đủ nguồn nạp cho siêu tụ trong quá trình làm việc, thời gian nạp lại trung bình nhanh hơn so với accu, mỗi lần khởi động động cơ điện áp bộ siêu tụ giảm trung bình 0,7 V; sản phẩm của siêu tụ thân thiện môi trường. Với những kết quả đạt được khi thử nghiệm thì siêu tụ điện ứng dụng để thay thế cho accu xe gắn máy là hoàn toàn khả thi. Tuy nhiên cần phải có nhiều thử nghiệm nhiều hơn về thời gian tự phóng của siêu tụ trên mạch điện, thời gian làm việc liên tục của xe với các chế độ tải khác nhau, khảo nghiệm thêm về thời gian nạp lại ở nhiều chế độ và tải khác nhau để có kết quả xác thực hơn, các nhà nghiên cứu cũng cần cải thiện hơn tính năng của siêu tụ, giảm giá thành sản phẩm nhằm thương mại hóa đến người tiêu dùng lựa chọn siêu tụ thay thế cho accu để giảm tác hại đến môi trường.

Bảng 5. Kết quả thực nghiệm khi dùng siêu tụ so với accu

Siêu tụ điện	Accu
Thời gian nạp từ 10 đến 15 phút	Thời gian nạp từ 8 đến 10 giờ
Thời gian xả 291,5 s	Thời gian xả 5 Ah
Dung lượng 58, F	Dung lượng 12 V – 5 Ah
Điện áp làm việc 12 V	Điện áp làm việc 12 V
Dòng điện khởi động từ 5 đến 7 A	Dòng điện khởi động từ 18 đến 20 A
Sản phẩm thân thiện môi trường	Chì và axit không thân thiện với môi trường
Năng lượng riêng 5,9 Wh/kg	Năng lượng riêng 30 Wh/kg
Thời gian làm việc 10 năm	Thời gian làm việc 3 năm
Trọng lượng 0,46 kg	Trọng lượng 2,6 kg

TÀI LIỆU THAM KHẢO(REFERENCES)

Aliasghar, M., Samira, S., Mohadeseh, P., Mohammad, K., Saber, A., Ghazal, M., & Mahmoud, B. (2022). The Effects of Toxic Heavy Metals Lead, Cadmium and Copper on the Epidemiology of Male and Female Infertility. *JBRA Assisted Reproduction*, 26(4), 627-630. <https://doi.org/10.5935/1518-0557.20220013>

Group of reporters. (2024). *International Workshop "Motorcycle Safety: Best practices and challenges"*. <https://www.baogiaothong.vn/truc-tiep-hoi-thao-an-toan-giao-thong-xe-may-nhung-thach-thuc-va-bai-hoc-kinh-nghiem-192241104062650228.htm>

Tran, K. V., & An, A. T. H. T. (2024). An energy management control strategy for supercapacitor energy storage systems according to load demand on urban railway lines. *Transport and Communications Science Journal*, 75(3), 1374-1388. (in Vietnamese). <https://doi.org/10.47869/tcsj.75.3.5>

Vo, Q. T. T., & Nguyen, N. C. (2017). Research and application of super-capacitors. *Can Tho University Journal of Science*, 49(A), 66-72 (in Vietnamese). <https://doi.org/10.22144/jvn.2017.009>

Bui, H. V., Trinh, C. T., & Quach, C. D. (2023). Research and simulation of a hybrid supercapacitor-lithium battery energy storage system for solar energy. *TNU Journal of Science and Technology*, 228(14), 214-221 (in

4. KẾT LUẬN

Phương án dùng siêu tụ điện thay thế cho accu để khởi động xe gắn máy không làm thay đổi kết cấu cũng như hình dáng của xe, cải tạo hộp đựng siêu tụ đơn giản, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật, làm việc ổn định, giảm tác hại đến môi trường. Trong bài viết, bộ siêu tụ đã được nghiên cứu, thiết kế, chế tạo, lắp đặt và thử nghiệm thành công việc chuyển đổi dùng siêu tụ điện thay thế cho accu đã đạt được các kết quả: thời gian nạp nhanh hơn 50 lần so với accu, số lần khởi động động cơ đạt 5 đến 10 lần (mỗi lần 3 giây), trọng lượng nhẹ hơn 5,6 lần so với accu. Đây là giải pháp khả thi để ứng dụng trên xe gắn máy. Tuy nhiên cần có thêm nhiều nghiên cứu, đánh giá, thử nghiệm toàn bộ hệ thống điện trên xe gắn máy, nghiên cứu thêm hệ thống tự ngắt nguồn nạp khi siêu tụ nạp đầy nhằm kéo dài tuổi thọ của siêu tụ.

(Vietnamese). <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.8852>

Niraj, K., Su, B. K., Seul, Y. L. & Soo-Jin, P. (2022). Recent Advanced Supercapacitor: A review of Storage Mechanisms, Electrode Materials, Modification, and Perspectives. *Nanomaterials*, 12, 3708. <https://doi.org/10.3390/nano12203708>

Huynh, N. L. T., Le, T. N. T., & Nguyen, T. T. T. (2023). Synthesis and electrical properties of TiO₂@CNTs nanoparticles. *Ho Chi Minh city University of Education Journal of Science*, 20(2), 180-191 (in Vietnamese).

Huynh, N. C., To, D. M., Huynh, N. L. T., Nguyen, H. T., & Nguyen, T. T. T. (2023). Synthesis and investigation of the electrical characteristics and desalination potential of composite TiO₂/Carbon aerogel materials using capacity technology. *Ho Chi Minh city University of Education Journal of Science*, 21(2), 199-209 (in Vietnamese).

Mustafa, E. S., Rrede B., & Ariya S. (2022). A Comprehensive Review on Supercapacitor Applications and Developments. *Energies*, 15, 674. <https://doi.org/10.3390/en15030674>

Hon Da Viet Nam CO. (2007). *Super Dream vehicle technical training materials*. Hon Da Motor CO., Ltd, Maxwell Technologies. https://maxwell.com/wp-content/uploads/2021/08/2.7V-350F_ds_3002974-EN.3_20200908.pdf