



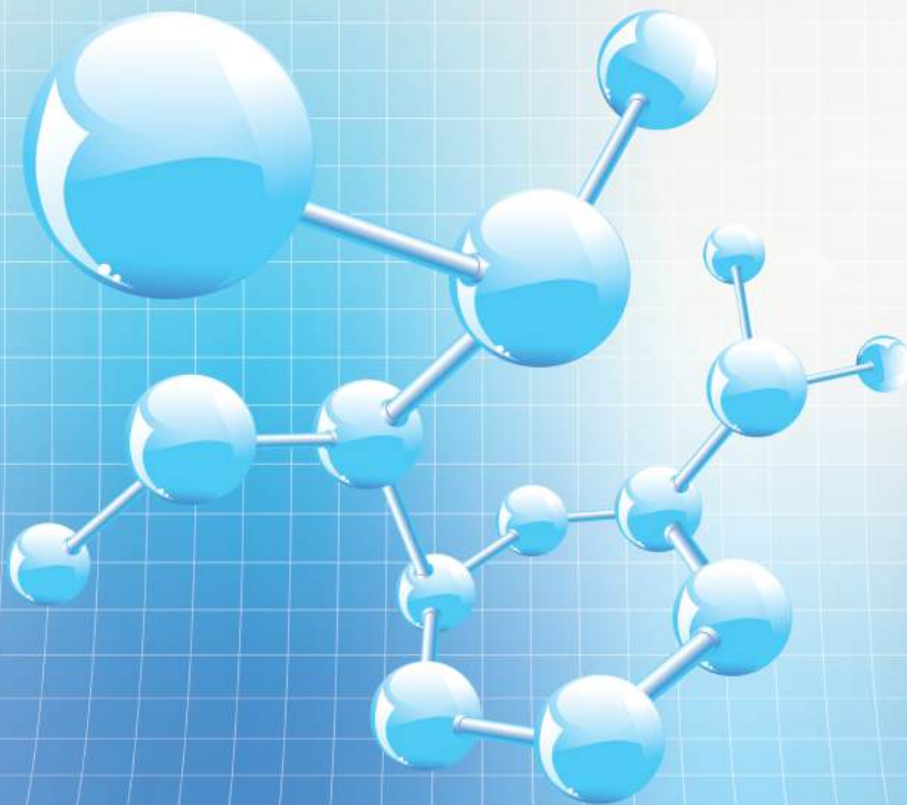
Tạp chí

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

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



Số 1 (93)

2026

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

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đỉnh

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Văn Liên

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. Banh Tien 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

Nghiên cứu sử dụng các bộ lọc thụ động cho lưới điện PV nhằm giảm sóng hài	5	Tạ Thị Mai
Phân tích các đặc tính chính của máy điện từ kháng hai khối làm việc ở chế độ động cơ - máy phát	12	Phạm Công Tảo Phạm Thị Hoan
Mô phỏng tán xạ sóng điện từ 2D sử dụng lớp hấp thụ hoàn hảo	19	Mạc Thị Nguyên
Ứng dụng học sâu (Deep Learning) trong bài toán dự báo công suất tiêu thụ của phụ tải điện công nghiệp	25	Phạm Văn Tài
Phương pháp điều khiển giám sát hệ thống sự kiện rời rạc trên PLC	32	Nguyễn Thị Quyên Vũ Bảo Tạo

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến hình dạng mối hàn khi hàn thép SS400 bằng công nghệ hàn MAG tự động	38	Nguyễn Hữu Chấn
Ảnh hưởng của tốc độ làm việc đến khả năng tự hồi phục mòn của phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn	44	Nguyễn Đình Cường
Ứng dụng lý thuyết phiếm hàm mật độ trong tính toán tối ưu cấu trúc và đặc tính cơ - lý của vật liệu 2D	51	Trần Thế Quang Phạm Thị Thanh Giang Dương Thị Loan Vũ Khắc Hưng Vũ Văn Tản
Ảnh hưởng của loại dầu ATF và điều kiện vận hành đến quá trình phát nhiệt của biến mô thủy lực GM 258 mm	57	Nguyễn Lương Căn Lê Đức Thắng Đỗ Tiến Quyết
Mô phỏng quá trình thấm - tôi Carbonitriding và sự hình thành ứng suất dư trên bánh răng thép C20	63	Mạc Văn Giang Đào Văn Kiên Ngô Hữu Mạnh

NGÀNH KINH TẾ

- Lợi thế so sánh và tăng trưởng kinh tế vùng của Việt Nam giai đoạn 2025-2030 70 Nguyễn Minh Tuấn
Phạm Thị Hồng Hoa
- Các nhân tố ảnh hưởng đến phát triển năng lực số của đội ngũ quản lý cấp trung tại các công ty, đơn vị thuộc Tập đoàn công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) 77 Trần Xuân Chiến
- Phát triển kỹ năng số của lực lượng lao động Việt Nam trong thời đại số: thực trạng và hàm ý chính sách 84 Vũ Thị Lý
Nguyễn Thị Quỳnh
- Tác động của chuyển đổi số tới hoạt động của các doanh nghiệp bán lẻ tại Việt Nam: Cơ hội và thách thức 90 Vũ Thị Thanh Thủy
- Hoàn thiện công tác kế toán thuế trong điều kiện các chính sách thuế thay đổi theo hướng chuyển đổi số tại một số doanh nghiệp nhỏ và vừa trên địa bàn phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng 96 Nguyễn Thị Quỳnh
Đinh Thị Kim Thiết
Vũ Thị Lý
Hoàng Thị Bích Ngọc
Đoàn Thị Thu Hằng

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

- Đổi mới phương pháp giảng dạy các môn khoa học Mác - Lênin trong thời đại số 102 Nguyễn Thị Nhan
- Quan điểm của chủ nghĩa Mác - Lênin về con người và sự vận dụng của quan điểm đó ở Việt Nam hiện nay 108 Trần Thị Hồng Nhung
Nguyễn Chí Dũng
Nguyễn Vinh Diện
Trần Thị Hiền
- Tư tưởng của Lênin về sử dụng các chuyên gia tư sản và sự vận dụng của Đảng ta trong xây dựng, phát triển đội ngũ trí thức Việt Nam hiện nay 113 Phạm Văn Dự
Vũ Thị Quyên
Nguyễn Thị Diễm
Đương Thị Thanh
- Vai trò của triết học đối với sự hình thành tư duy phản biện cho sinh viên đại học hiện nay 118 Trần Thị Hồng Nhung
Vũ Văn Đông
Nguyễn Vinh Diện
- Tư tưởng Hồ Chí Minh về con người với việc phát huy vai trò của giảng viên đại học trước tác động của ChatGPT hiện nay 124 Trần Mai Ước
Nguyễn Thị Kim Nguyên

TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION

Research on the use of passive filters for PV grids to reduce harmonics	5	Ta Thi Mai
Analysis of the main characteristics of the two - package switched reluctance machine operating in motor - generator mode	12	Pham Cong Tao Pham Thi Hoan
Simulation of 2D electromagnetic wave scattering using perfectly matched layer	19	Mac Thi Nguyen
Application of deep learning in the problem of forecasting power consumption of industrial electricity loads	25	Pham Van Tai
A supervisory control method for discrete event system on PLC	32	Nguyen Thi Quyen Vu Bao Tao

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

Study on factors affecting weld bead geometry in automatic MAG welding of SS400 steel	38	Nguyen Huu Chan
Effect of sliding speed on the self-repairing behavior of TiC nanoparticle additives in lubricating oil	44	Nguyen Dinh Cuong
Application of density functional theory in structural optimization and mechanical-physical property calculations of 2D materials	51	Tran The Quang Pham Thi Thanh Giang Duong Thi Loan Vu Khắc Hưng Vu Van Tan
Effect of ATF type and operating conditions on heat generation in the GM 258 mm torque converter	57	Nguyen Luong Can Le Duc Thang Do Tien Quyet
Simulation of the carbonitriding quenching process and residual stress formation in C20 steel gears	63	Mac Van Giang Dao Van Kien Ngo Huu Manh

TITLE FOR ECONOMICS

- Vietnam's comparative advantages and regional economic growth during the period 2025-2030 70 Nguyen Minh Tuan
Pham Thi Hong Hoa
- Factors affecting the development of digital competence of middle management teams in companies and units under Vietnam national Coal - Mineral industries holding corporation limited (TKV) 77 Tran Xuan Chien
- Developing digital skills of Vietnam's workforce in the digital age: Current situation and policy implications 84 Vu Thi Ly
Nguyen Thi Quynh
- The impact of digital transformation on retail businesses in Vietnam: Opportunities and challenges 90 Vu Thi Thanh Thuy
- Improving tax accounting practices under the digital transformation of tax policies in small and medium-sized enterprises in Chu Van An ward, Hai Phong city 96 Nguyen Thi Quynh
Dinh Thi Kim Thiet
Vu Thi Ly
Hoang Thi Bich Ngoc
Doan Thi Thu Hang

TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE

- Innovation in teaching methods Marxist-Leninist political theory in the digital age 102 Nguyen Thi Nhan
- The Marxist - Leninist view on humans and the application of that perspective in Vietnam today 108 Tran Thi Hong Nhung
Nguyen Chi Dung
Nguyen Vinh Dien
Tran Thi Hien
- V.I. Lenin's thoughts on utilizing bourgeois experts and the Party's application of them in training, nurturing and attracting the current intellectual team 113 Pham Van Du
Vu Thi Quyen
Nguyen Thi Diem
Duong Thi Thanh
- The role of philosophy in the formation of critical thinking for today's university students 118 Tran Thi Hong Nhung
Vu Van Dong
Nguyen Vinh Dien
- Ho Chi Minh's thought on people with promoting the role of university lecturers in the face of the impact of ChatGPT today 124 Tran Mai Uoc
Nguyen Thi Kim Nguyen

Research on the use of passive filters for PV grids to reduce harmonics

Nghiên cứu sử dụng các bộ lọc thụ động cho lưới điện PV nhằm giảm sóng hài

Ta Thi Mai

Corresponding author: maidth@gmail.com

Sao Do University

Received date: 08/7/2025

Accepted date: 10/01/2026

Published date: 26/02/2026

Abstract

Energy generated by photovoltaic (PV) systems is increasingly seen as an alternative to increasingly scarce fossil fuels. However, renewable energy systems pose many challenges and have many parameters that need to be connected to the grid. An LCL filter will help the system filter out high harmonics optimally, but it is disadvantaged by the filter's own resonant frequency. Confronting these challenges, this paper presents "research on the use of passive filters for PV grids to reduce harmonics" system using passive LCL dampers in series and parallel. The system is modeled using Matlab Simulink, and any radiation intensity and temperature of 25°C always gives stable power. The results show that the LCL resonator with parallel passive damping, combined with the virtual resistor active damping filter circuit applied to the system, achieves the best results for harmonic filtering for grid-connected renewable energy systems.

Keywords: *Passive damping; LCL filter; solar photovoltaic (PV); Proportional-Resonant Controllers (PR).*

Tóm tắt

Nguồn năng lượng tạo ra từ hệ thống pin năng lượng mặt trời (PV) ngày càng được coi là một trong những giải pháp thay thế cho các nhiên liệu hóa thạch ngày càng khan hiếm. Tuy nhiên, hệ thống năng lượng tái tạo đặt ra nhiều thách thức và có nhiều tham số cần để kết nối với lưới. Một bộ lọc LCL sẽ giúp hệ thống lọc các sóng hài bậc cao một cách tối ưu, song nó lại gặp bất lợi ở tần số cộng hưởng của chính bộ lọc này. Trước những vấn đề đó bài báo này trình bày "Nghiên cứu sử dụng bộ lọc thụ động cho lưới điện PV để giảm sóng hài" sử dụng bộ lọc thụ động LCL nối tiếp và song song. Hệ thống được mô hình hóa bằng Matlab Simulink với cường độ bức xạ bất kỳ và nhiệt độ luôn cho công suất ổn định. Điều này cho thấy bộ cộng hưởng LCL có giảm chấn thụ động song song áp dụng cho hệ thống đạt kết quả tốt nhất để lọc sóng hài cho các hệ thống năng lượng tái tạo nối lưới.

Từ khóa: *Giảm chấn thụ động; bộ lọc LCL; nguồn năng lượng mặt trời; bộ cộng hưởng tỉ lệ (PR).*

1. INTRODUCTION

As renewable energy adoption accelerates, grid-connected photovoltaic (PV) and storage systems have become essential for improving energy efficiency, reducing carbon emissions and enhancing grid stability. To ensure high power quality, LCL filters are commonly employed in inverter interfaces to suppress high-frequency harmonics and mitigate grid interference. However, their multi-order structure introduces resonance issues that can cause current distortion, control instability and significant phase shifts [1-3]. Addressing resonance issues in LCL filters has become a major research focus in PV grid integration. Various damping strategies passive, active, and hybrid have been proposed to mitigate resonance effects. However, several challenges remain unresolved. First, although many studies have analyzed the resonance behavior of LCL filters, comprehensive investigations into resonance point identification and its impact on

system stability, particularly under the influence of a 180° phase shift, are still limited. The dynamic response of these filters under real operating conditions, such as varying grid strength and inverter control strategies, also requires further study. Second, while passive damping methods using series or parallel resistors have been explored, rigorous comparisons of their effectiveness under different conditions are lacking. The trade-offs between resonance suppression, system efficiency, and power loss remain open research questions that demand both theoretical and experimental evaluation [6-9]. Moreover, external factors including climate conditions, solar irradiance, grid loads, and state-of-charge variations can affect filter performance, especially in weak-grid environments [4-6]. This study proposes an optimal passive damping strategy using series or parallel designed for grid-connected photovoltaic (PV) storage systems. The method is developed through a rigorous theoretical framework to determine the optimal damping parameters, achieving superior resonance suppression with minimal performance loss.

Reviewers: 1. Prof.Dr. Than Ngoc Hoan
2. Dr. Ha Minh Tuan

2. PASSIVE FILTER LCL [7]

2.1. LCL filter

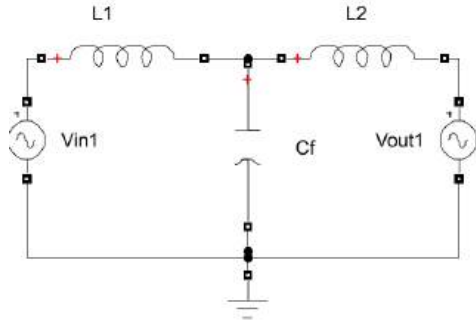


Figure 1. LCL filter

Compared with the first-order L-filter and the second-order LC (L) filter, the LCL filter (Figure 1) has a better filtering ability between the filter and the grid. On the other hand, the LCL circuit will achieve a signal attenuation of -168dB/dec at the switching frequency, and the grid impedance reflected back to the converter is very small. Therefore, if the resonance is excited, its oscillation can persist forever, affecting the entire system. This resonance effect can make the system current or voltage unstable around the resonance frequency.

The LC filter transfer function of grid voltage and inverter input voltage in grid-connected operation is shown in equation (1); the Bode plot is given in Figure 2.

Transfer function of the LCL filter:

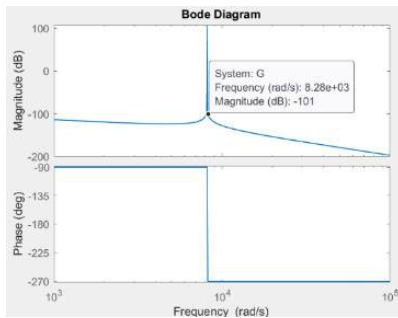


Figure 2. The Bode diagram of the LCL filter

$$H_{LCL}(s) = \frac{V_{out1}}{V_{in1}} = \frac{1}{s^3 L_1 L_2 C + (L_1 + L_2)s} \quad (1)$$

From the transfer function and Bode diagram of the LCL filter, it can be seen that at the resonance frequency, there is an infinite gain, which may lead to anomalies in the grid current or voltage and cause instability to the system. The simple solution is to add a resistor in series with the inductor or in series or parallel with the capacitor, because the capacitor current has the greatest influence on the resonance of the LCL filter circuit. In the article, the author proposes two passive dot reduction methods.

2.2. LCL filter with series passive damping

Applying Kirchoff's law, the filter model in the s-plane has the following equations:

$$v_i - v_c = i_i(sL_i + R_i) \quad (2)$$

$$v_c - v_g = i_g(sL_g + R_g) \quad (3)$$

$$v_c = i_c \left(\frac{1}{sC_f} + R_i \right) \quad (4)$$

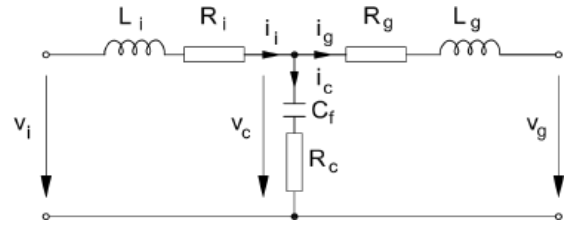


Figure 3. LCL filter with series passive damping

Transfer function of the LCL filter with series passive damping:

$$H_{LCL}(s) = \frac{i_g(s)}{v_i(s)} \quad (5)$$

From equations (3) and (4), the following relation can be written:

$$i_g(sL_g + R_g) = i_c \left(\frac{1}{sC_f} + R_c \right) \quad (6)$$

$$\Rightarrow i_c = i_g \frac{s^2 C_f L_g + s C_f R_g}{s C_f R_c + 1} \quad (7)$$

Equation (2) can be written as:

$$v_i = v_c + i_i(sL_i + R_i) \quad (8)$$

$$v_i = i_g(sL_g + R_g) + (i_g + i_c)(sL_i + R_i) \quad (8)$$

$$v_i = i_g \left(sL_g + R_g \right) + \left(i_g + i_g \frac{s^2 C_f L_g + s C_f R_g}{s C_f R_c + 1} \right) (sL_i + R_i) \quad (9)$$

$$v_i = i_g \left(sL_g + R_g + sL_i + R_i + \frac{(sL_i + R_i)(s^2 C_f L_g + s C_f R_g)}{s C_f R_c + 1} \right)$$

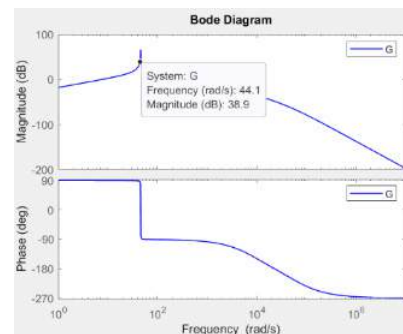


Figure 4. The Bode diagram of LCL filter with series passive damping

$$H_{LCL}(s) = \frac{X}{Y} \quad (10)$$

Where:

$$X = sR_c C_f + 1$$

$$Y = s^3 L_i L_g C_f + s^2 C_f (L_g (R_c + R_i) + L_i (R_c + R_g)) + (L_i + L_g + C_f (R_c R_g + R_c R_i + R_g R_i))s + R_i + R_g$$

The Bode plot is shown in Figure 4. As shown in Figure 4, by increasing the series resistor value in equation (10), the damping effect suppresses the peak resonance better. The gain at the resonance frequency is significantly reduced.

2.3. LCL filter with parallels passive damping

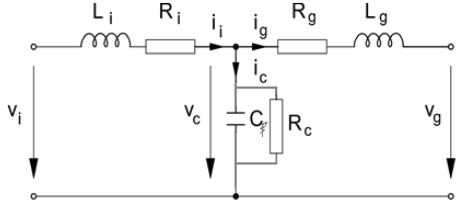


Figure 5. LCL filter with parallels passive damping

Similar to the calculation of the series damped LCL circuit, we have the transfer function of the parallel damped LCL circuit:

$$H_{LCL}(s) = \frac{A(s)}{B(s)} \tag{11}$$

Where:

$$A(s) = 1$$

$$B(s) = s^3 L_i L_g C_f + s^2 (C_f L_g R_c + C_f R_c L_i + C_f R_g L_i + R_c L_i L_g + L_g R_i C_f) + s (R_c R_g C_f + R_c R_i C_f + R_c R_g L_i + R_c R_i L_g + R_g R_i C_f) + R_c R_g R_i$$

Equation (11) is the current frequency response of the capacitor, which basically carries a small resonant component; the switching attenuation is also smaller than that of the LCL circuit, as shown in the Bode diagram in Figure 6. As shown in Figure 6, we can see that with the same parameter value of the LCL filter circuit as the series resonant circuit, the parallel resonant circuit gives a more stable gain at the resonant frequency, and the damping effect of the peak resonance is better.

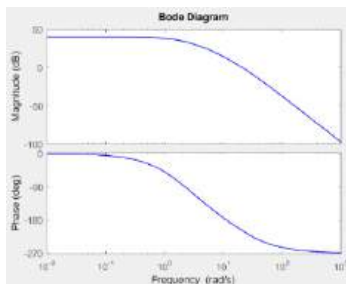


Figure 6. The Bode diagram of LCL filter with parallels passive damping

Table 1. Quantitative passive harmonic filter comparison [2, 5, 6].

Filter Type	THD _i at inverter output	THD _i at grid	High-frequency attenuation (dB/dec)
L	35-45%	10-15%	-20 dB/dec
LC	20-30%	5-8%	-40 dB/dec
Trap	15-25%	3-6%	-40 dB/dec

Filter Type	THD _i at inverter output	THD _i at grid	High-frequency attenuation (dB/dec)
LCL (Series damping)	3-4%	1.5-2.5%	-60 dB/dec
LCL (Parallel damping)	2-3%	1-2%	-60 dB/dec

3. THREE-PHASE SYSTEM CONNECTED GRID

3.1. Block diagram of the system

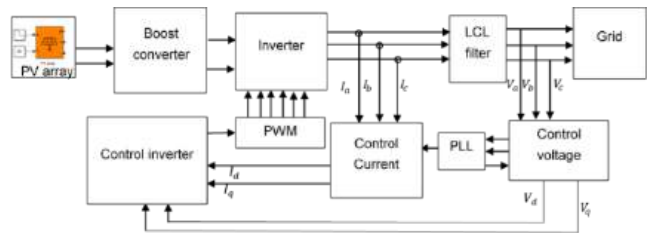


Figure 7. Block diagram of three-phase grid-connected system[8]

PV array

Photovoltaic modules are used to convert solar energy into electricity and series and parallel connections of modules form a PV string. The solar panel array, with varying irradiance and temperature of 25°C. There are I-V, P-V characteristic curves as shown in Figure 8.

As shown in Figure 8, the output voltage of the solar panel is maximum when the circuit is open. As the output current of the solar panel increases, the output voltage of the solar panel decreases non-linearly. As the solar radiation increases, the characteristic curves change from green to red. The open circuit voltage and short circuit current that create the maximum output power increase. Because the output current and voltage of the solar panel change non-linearly, the output power curve of the solar panel will change in a “hill” shape when the load changes, Figure 8b.

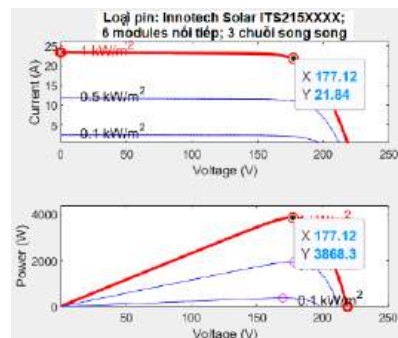


Figure 8. a. I-V characteristic of PV; b. P-V characteristic of PV

Boost converter

The boost converter takes the PV output current and voltage signals and sends them to the Maximum Power Point Tracker (MPPT) to generate a reference signal. The reference voltage generated is compared with the actual voltage generated by the PV to generate an error voltage. This error voltage is sent to the PI to

generate the reference voltage. The reference signal is sent to the PWM generator to generate the control signal for the converter.

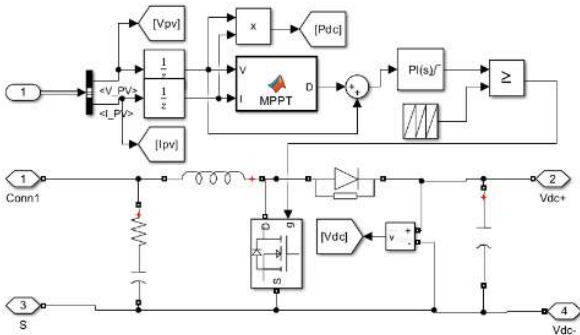


Figure 9. Boost converter

MPPT and P&O algorithm

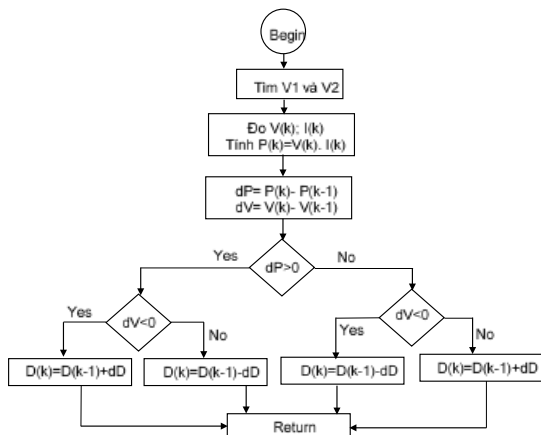


Figure 10. P&O algorithm

To improve the efficiency of solar panels, the author added an MPPT controller to control the optimal power from the solar panels. This controller helps the system to collect the highest amount of energy from the solar panels. To achieve this requirement, the author uses the P&O algorithm, with the control diagram shown in Figure 10.

Based on the current $I(k)$ and voltage $V(k)$ at the k th time, calculate the power $P(k)$. Then compare with the power at the previous time $k-1$, we have $\Delta P = P(k) - P(k-1)$. If $\Delta P = 0$, then $\Delta V = 0$, then keep the impulse the same. If $\Delta P > 0$ and $\Delta V < 0$, then increase the impulse by ΔD . Conversely, if $\Delta P > 0$ and $\Delta V > 0$, then reduce the impulse by ΔD . If $\Delta P < 0$ and $\Delta V < 0$, then reduce the impulse by ΔD . Conversely, if $\Delta P < 0$ and $\Delta V > 0$, then increase the impulse by ΔD .

Voltage controller

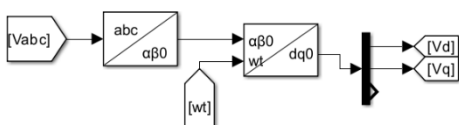


Figure 11. Voltage controller

In Figure 11, the three-phase voltage V_{abc} is converted to the two-phase voltage alpha beta by the Park transformation. This voltage, through the Clark

transformation, forms the voltage d_q ; this voltage, through the demultiplexer, creates $V_q; V_d$.

Current controller

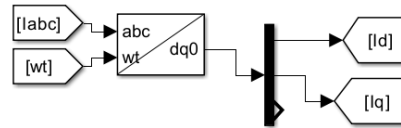


Figure 12. Current controller

In Figure 12, three-phase current I_{abc} is converted to alpha beta current, converting alpha beta current to current I_q, I_d .

Phase-Locked-Loop (PLL)

The PLL block in Figure 13 is responsible for generating a reference signal for the current controller in the grid-connected inverter. PLL generates a signal that is 90° degrees out of phase with the actual voltage. The three-phase voltage V_{abc} is converted to alpha beta voltage, then converted to dq voltage in Figures 11 and 13.

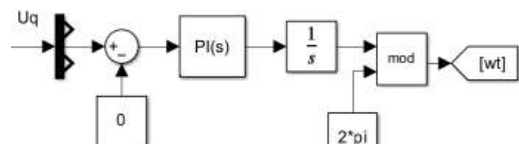


Figure 13. Diagram of PLL

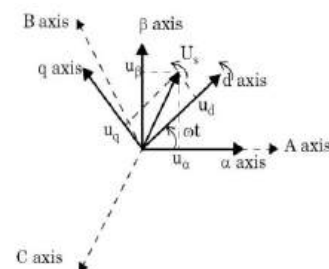


Figure 14. Synchronous reference frame graph of phase current

In Figure 14, adjust the reference voltage $u_{qref} = 0$, the phase diagram will adjust u_d to coincide with the d axis, ωt is the phase angle between alpha and the d axis. The voltage u_q and u_{qref} are sent to the adder, and to the PI; the output signal is sent to the integrator to generate ωt . This signal is used to generate the active and reactive components.

Control inverter

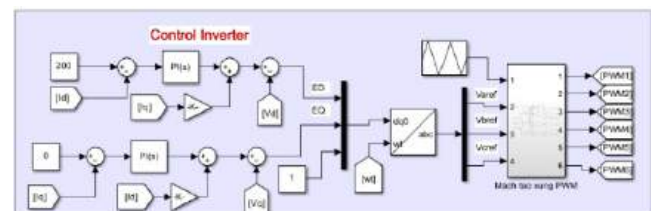


Figure 15. Control inverter

The active current i_d and reactive current i_q generated from the current controller are fed to the subtractor with

the reference current i_{dref} , i_{qref} to find the error. The error is fed to the PI controller to find the voltages u_d and u_q . Then, u_d is added with $E_d + L\omega i_q$ to get v_d , where ω is the grid frequency and L is the filter inductor.

Similarly, u_q is added to $E_d - L\omega i_d$ to get v_q . For the sinusoidal PWM modulation scheme, the relationship between the modulation index and the inverter voltage is given by $v_{q1} = m_q \cdot \frac{V_{dc}}{2}$ and $v_{q2} = m_q \cdot \frac{V_{dc}}{2}$. Therefore, multiply v_d and v_q by $\frac{V_{dc}}{2}$ to get E_d and E_q . Then, it is converted to V_{abc} voltage to get the reference for PWM generation.

PWM generator block

Uses a sinusoidal PWM scheme with unipolar switching to generate pulse signals PWM1 to PWM6 to control the inverter.

3.2. Simulation diagram on Matlab/Simulink

In Figure 16 is a simulation diagram using Matlab Simulink of a three-phase grid-connected photovoltaic system using a passive damping LCL filter circuit with the following selected parameters:

Irradiances: [2000 1800 1000 750], temperature: 25°C.

Boost converter: $f_{sw} = 5\text{KHz}$, $L = 1.45\text{ mH}$, $C = 3227\text{ }\mu\text{F}$.

LCL filter: To generate nominal power is 100 KVA, $f_{sw} = 10\text{ KHz}$, $f_{grid} = 50\text{ Hz}$. Choose the parameters of the LCL filter change. $L_f = 500\text{ }\mu\text{H}$, $L_g = 150\text{ }\mu\text{H}$; $C_f = 100\text{ }\mu\text{F}$, R_f, R_g, R_c change.

Inverter: $f_{sw} = 10\text{KHz}$.

Grid: $V_{rms} = 400\text{V}$, $f = 50\text{Hz}$, $R_{grid} = 0.00001\text{e-}3\text{ }\Omega$, $L_{grid} = 0.0001\text{e-}9\text{H}$.

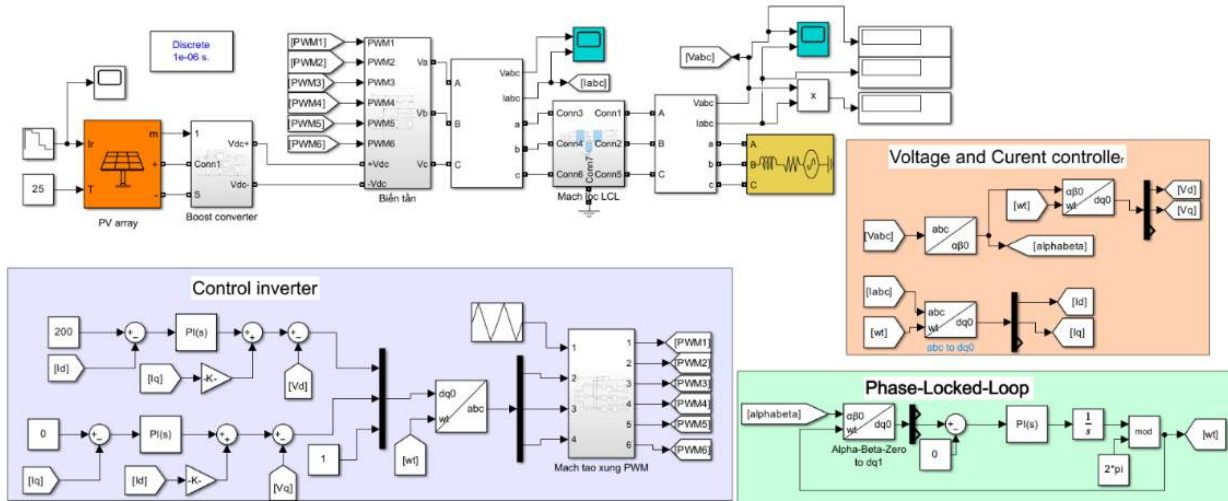


Figure 16. Simulation diagram on Matlab/Simulink [8]

4. SIMULATION RESULTS, ANALYSIS

4.1. Simulation results

Results 1: LCL filter with parallels passive damping.

+ Case 1: $R_f = R_g = R_c = 10^{-3}\Omega$

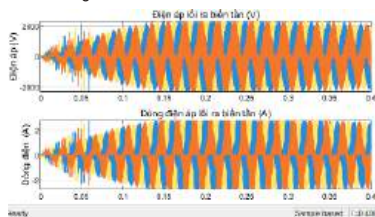


Figure 17. Voltage, current signal on the inverter

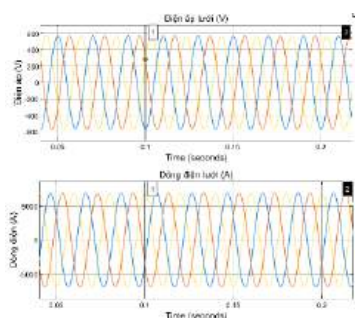


Figure 18. Voltage and current signal on the grid

+ Case 2: $R_f = R_g = R_c = 10^{-1}\Omega$

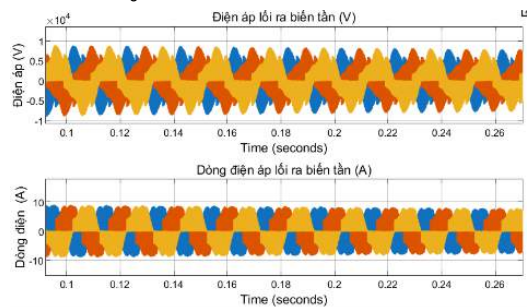


Figure 19. Voltage, current signal on the inverter

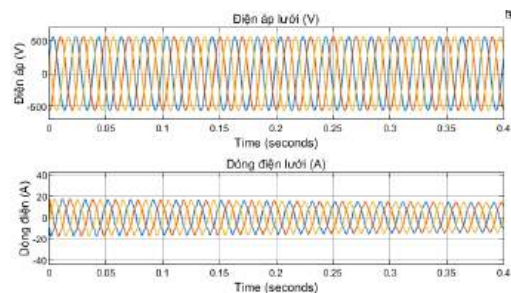


Figure 20. Voltage and current signal on the grid

Results 2: LCL filter with series passive damping.

+ Case 1: $R_i=R_g=R_c=10^{-3}\Omega$.

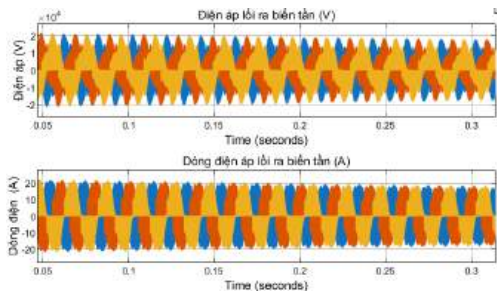


Figure 21. Voltage, current signal on the inverter

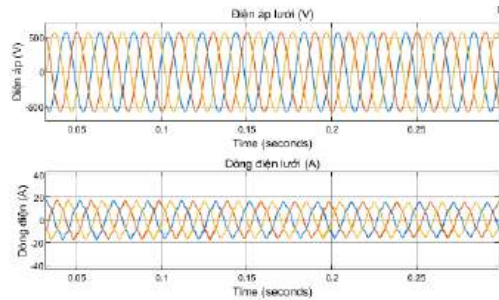


Figure 22. Voltage and current signal on the grid

+ Case 2: $R_i=R_g=R_c=10^{-1}\Omega$

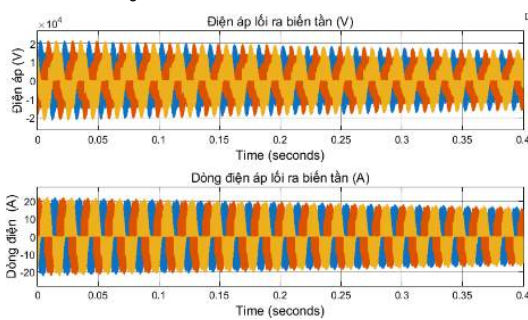


Figure 23. Voltage, current signal on the inverter

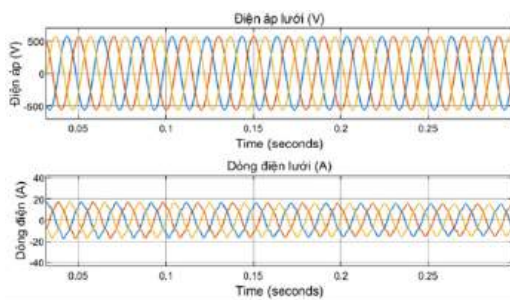


Figure 24. Voltage and current signal on the grid

Table 2. Voltage, current and grid power values when parallel damping resistance changes

No	Parameters of LCL when R_c in parallel with C_f	V_{grid} (V)	I_{grid} (A)	P_{grid} (W)
1	$R_i=R_g=R_c=10^{-3}\Omega$	282,8	6918	$1,957 \cdot 10^6$
2	$R_i=R_g=R_c=10^{-2}\Omega$	282,8	5873	$1,661 \cdot 10^6$
3	$R_i=R_g=R_c=10^{-1}\Omega$	282,8	362,3	$1,025 \cdot 10^5$
4	$R_i=R_g=R_c=1\Omega$	282,8	0,9753	275.8
5	$R_i=R_g=10^{-3}\Omega, R_c=1e-4$	282,8	6927	$1,959 \cdot 10^6$
6	$R_i=R_g=10^{-3}\Omega, R_c=1\Omega$	282,8	3.914	1107
7	$R_i=R_g=10^{-3}\Omega, R_c=10\Omega$	282,8	-11,91	-3369
8	$R_i=R_g=10^{-3}\Omega, R_c=5\Omega$	282,8	-11,34	3208

Results 3: LCL filter circuit damping at resonance frequency. The resonance frequency of LCL filter is:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_f L_p}} \text{ with } L_p = \frac{L_i L_g}{L_i + L_g}$$

When $L_i = 500 \mu\text{H}$, $L_g = 150 \mu\text{H}$; $C_f = 100 \mu\text{H}$ the resonance frequency is $f_{res} = 1481.651886\text{Hz}$.

Select grid frequency by resonant frequency is $f = 1481.651886\text{Hz}$; and voltage is $V_{rms} = 20\text{V}$.

Signal on the grid when C_f, R_c series and $R_i = R_g = R_c = 10^{-3}\Omega$.

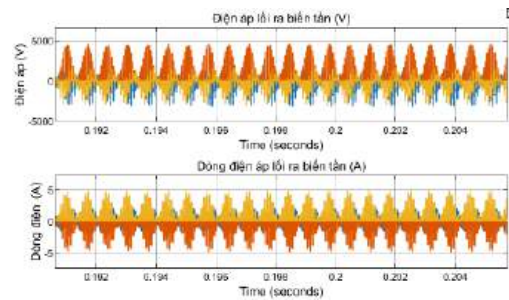


Figure 25. Voltage, current signal on the inverter

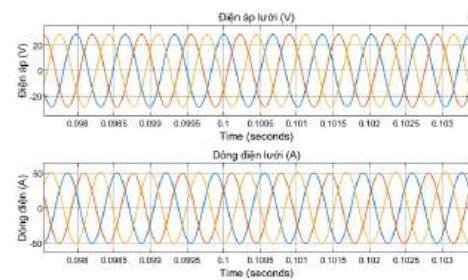


Figure 26. Voltage and current signal on the grid

Signal on the grid when C_f, R_c parallels and $R_i=R_g=R_c=10^{-3}\Omega$.

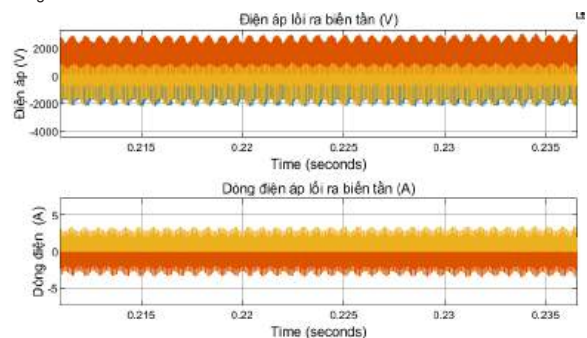


Figure 27. Voltage, current signal on the inverter

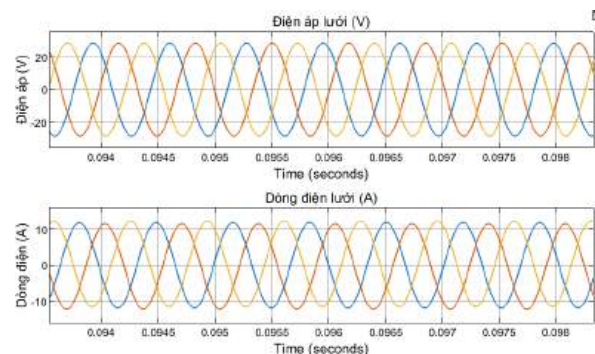


Figure 28. Voltage and current signal on the grid

4.2. Analysis

Results 1 and 2: Figures 17-20 show inverter and grid signals, with the inverter output containing high-order harmonics. The LCL filter removes these harmonics, producing smooth sinusoidal grid voltage and current. Figures 10 and 20 indicate that different damping resistances cause different grid currents, while grid voltage remains stable. Figures 21-24 show that the series-damping LCL filter provides strong high-frequency attenuation. The resulting grid signals are smooth sine waves. Its noise-filtering performance is comparable to the parallel-damping LCL filter. However, the series-damping filter yields lower output current and thus lower grid power.

Results 3: Figures 25-28 show that at the resonant frequency, both series and parallel passive-damped LCL filters provide excellent filtering, producing smooth and undistorted voltage and current signals. This confirms that the LCL filter achieves highly optimal filtering quality for three-phase systems.

Results 4: Table 2 shows that varying the parallel damping resistor changes grid current, phase, and power. Since $P = \sqrt{3}VI_{grid}\cos\varphi$, the value of the resistor branch RC directly affects the total grid current magnitude and phase, thereby altering grid power. Grid current and power are inversely proportional to the damping resistor value. Just by changing R, $\cos\varphi$ can change sign, leading to a positive or negative power.

5. CONCLUSIONS

In the article, the author has researched, simulated, and proposed a model for connecting a photovoltaic system to a three-phase grid using passive LCL dampers. The simulation results have given the following three conclusions: first, the three-phase signal on the grid has a smooth sinusoidal form, with no noise in both current and voltage signals when using an LCL filter with series or parallel dampers. Second, the author also gave a comparison result on the optimization of the parallel damper compared to the series damper, which is to give larger output power and current with the same value compared to the series LCL filter. Third, with different damping resistance values, different load currents, and different grid powers will be obtained. From the above three conclusions and during the research process, it can be concluded that the LCL filter with parallel dampers provides optimal filtering quality and large, simple capacity. However, this filter circuit also has the disadvantage of increasing heat loss, leading to high cost due to the design of the heat

dissipation system. To overcome this disadvantage, active dampers can be used and this is also the author's next development direction.

REFERENCES

- [1]. Ma, K.; Tang, W.; Cheng, R.; Song, Y (2020), *Modeling of interconnected voltage and current controlled converters with coupled LC-LCL filters*, IEEE Trans. Power Electron, 36, 3995-4005. [CrossRef].
- [2]. Jackson, R.; Zulkifli, S.A.; Salimin, S (2020), *A Sequence-Rule Analysis of Active and Passive LCL Filters for Three-Phase Inverter-Grid Connection for Damping Stability Consideration*, Int. J. Renew. Energy Res, 10, 1545-1553.
- [3]. Yao, W.; Yang, Y.; Xu, Y.; Blaabjerg, F.; Liu, S.; Wilson, G (2019), *Phase reshaping via all-pass filters for robust LCL-filter active damping*. IEEE Trans. Power Electron, 35, 3114-3126. [CrossRef].
- [4]. Ma, G.; Xie, C.; Li, C.; Zou, J.; Guerrero, J.M (2023), *Passivity-based design of passive damping for LCL-type grid-connected inverters to achieve full-frequency passive output admittance*, IEEE Trans. Power Electron. 38, 16048-16060. [CrossRef].
- [5]. Cengiz, M.; Duman, T (2024), *Design and analysis of L and LCL filters for grid-connected HNPC inverters used in renewable energy systems*. Balk. J. Electr. Comput. Eng, 12, 53-61. [CrossRef].
- [6]. Rajamallaiyah, A.; Karri, S.P.K.; Alghaythi, M.L.; Alshammari, M.S (2024), *Deep reinforcement learning based control of a grid connected inverter with LCL-filter for renewable solar applications*, IEEE Access, 12, 22278-22295. [CrossRef].
- [7]. Mehmet Canver (2018), *Design and implementation of a three phase grid connected SIC solar inverter, master's thesis in 2018*.
- [8]. Anugula Rajamallaiyah, Sri Phani Krishna Karri, Mamdouh L. Alghaythi, Meshari S. Alshammari (2024), *Deep Reinforcement Learning Based Control of a Grid Connected Inverter with LCL-Filter for Renewable Solar Applications*, IEEE Access, 3364058 [CrossRef].

THÔNG TIN TÁC GIẢ

Tạ Thị Mai

Tác giả liên hệ: maidtth@gmail.com

Trường Đại học Sao Đỏ.

THẺ 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

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ, Số 1 (93) 2026



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 1 (93)
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.