

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP LỌC SÓNG HÀI PHÂN TÁN
TRONG CÔNG NGHIỆP**
**STUDY PASSIVE HARMONIC FILTER FOR INDUSTRIAL POWER
SYSTEMS**

Nguyễn Thái Hòa¹, Nguyễn Thị Mi Sa²
¹Công ty cổ phần dịch vụ dữ liệu CNTT Vi Na
²Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

TÓM TẮT

Với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, việc đưa vào ứng dụng các thiết bị điện – điện tử có hiệu quả cao, các thiết bị vi điều khiển, thiết bị điện tử công suất, ... ngày càng nhiều, đây cũng chính là những thiết bị nhạy cảm với các nhiễu loạn trong hệ thống điện. Những nhiễu loạn này là do các thành phần sóng hài gây ra, cần có các giải pháp để hạn chế những tác hại của sóng hài để nâng cao chất lượng điện năng. Trong bài báo này sử dụng các dữ liệu của nhà máy Sam Engineering and Trade dùng bộ lọc của MTE, sử dụng phần mềm Matlab để mô phỏng bộ lọc sóng hài bằng phương pháp lọc thụ động (Passive filter of Harmonic). Xây dựng các sơ đồ lọc khác nhau như: mạch lọc C, LC, CLC, LCL. Qua các kết quả mô phỏng và phân tích các bộ lọc bằng phần mềm Matlab, sơ đồ mạch lọc LCL là phù hợp nhất cho kết cấu biến tần, động cơ phân tán trong nhà máy đặt biệt là động cơ công suất lớn.

Từ khóa:

THD: Tổng méo điều hòa; TDD: Tổng méo nhu cầu; PCC: Điểm kết nối chung; ASD: Động cơ tốc độ điều chỉnh; VSI: Biến tần có nguồn là điện áp; CSI: Biến tần có nguồn là dòng điện.

ABSTRACT

With the development of science and technology, the use of high effective electric – electronics devices becomes more commonly. However, these devices are sensitive to a disturbance in power system. These unexpected disturbances are created by harmonic, solutions are needed to mitigate the harmful harmonic to improve the quality of power system. In this paper, we use the data of the Sam Engineering and Trade plant using the MTE filter. Matlab software is used to simulate the performance of passive filters with different filter types such as C, LC, CLC and LCL. From the simulation results, it can be concluded that, the LCL filter circuit is most suitable for the variable-frequency drive motor structure in the plant especially the large-capacity motor.

Keywords:

THD: Total harmonic distortion; TDD: Total demand distortion; PCC: Point of common coupling, ASD: Adjustable speed drives; VSI: Voltage source inverters; CSI: Current source inverters.

1. TỔNG QUAN VỀ SÓNG HÀI

Sóng hài có thể coi như là tổng của các dạng sóng sin mà tần số của nó là bội số nguyên của tần số cơ bản.

Sử dụng chuỗi Fourier với chu kỳ T - seconds và tần số cơ bản $f=1/T$ Hz, or $\omega=2\pi f$ rad/s, có thể biểu diễn một sóng hài $f(t)$ với biểu thức sau:

$$f(t) = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} U_n \cos(n\omega t + \theta_n) \quad (1)$$

Trong đó :

U_0 : là giá trị DC của hàm sóng hài $f(t)$

U_n : là giá trị đỉnh của thành phần hài bậc n và θ_n là giá trị góc pha.

Tổng độ biến dạng sóng hài điện áp (THD) là tỷ lệ giữa giá trị hiệu dụng của sóng hài điện áp với giá trị hiệu dụng của điện áp bậc cơ bản (theo đơn vị %), được tính theo công thức sau:

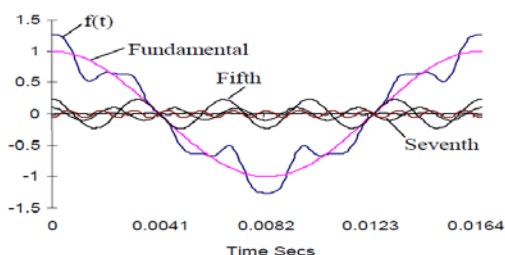
$$THD = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^N V_i^2}{V_1^2}} \times 100\% \quad (2)$$

Trong đó:

THD: Tổng độ biến dạng sóng hài điện áp.

Vi: Giá trị hiệu dụng của sóng hài điện áp bậc i và N là bậc cao nhất của sóng hài cần đánh giá.

V1: Giá trị hiệu dụng của của điện áp tại



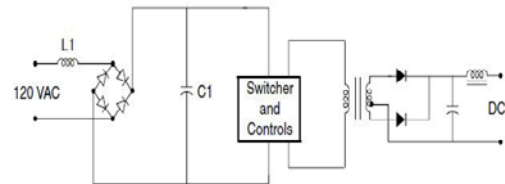
bậc cơ bản (tần số 50 Hz).

Hình 1: Thành phần cơ bản và các hài

2. NGUỒN SINH RA SÓNG HÀI BẬC CAO, TÁC HẠI CỦA SÓNG HÀI VÀ CÁC GIẢI PHÁP HẠN CHẾ SÓNG HÀI BẬC CAO

2.1 Nguồn sinh ra sóng hài

Nguồn sinh ra sóng hài chủ yếu từ các tải phi tuyến như là : thiết bị chỉnh lưu, các tải của biến tần, đèn huỳnh quang, lò hồ quang, bộ chuyển đổi năng lượng tái tạo và nhiều thứ khác.



Hình 2: Bộ chuyển đổi nguồn

2.2 Tác hại của sóng hài bậc cao

Một số tác hại của sóng hài bậc cao lên các thiết bị điện:

- Gây phát nóng và giảm tuổi thọ động cơ.
- Quá tải CB, quá nhiệt và gây cháy nổ máy biến áp.
- Máy cắt, Aptomat, cầu chì có thể bị tác động mà không rõ nguyên nhân.
- Giảm tuổi thọ tụ bù, thậm chí gây nổ tụ bù bất thường.
- Gây nhiễu ảnh hưởng đến các thiết bị viễn thông, hệ thống tự động hóa như PLC, Role,...
- Các thiết bị đo hoạt động không chính xác.

Tiêu chuẩn tham khảo IEEE-519

Đánh giá méo điều hòa ở hệ thống phân phối là việc xác định mức độ méo điều hòa có thể chấp nhận được đối với các hộ sử dụng. Tiêu chuẩn IEEE std 519-1992 đưa ra các số liệu giới hạn cụ thể.

Bảng 1: Tiêu chuẩn IEEE 519-1992 giới

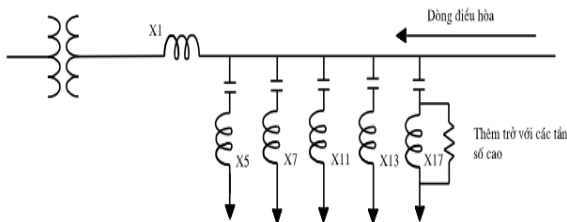
Giới hạn méo dạng điện áp		
Bus điện áp tại điểm kết nối chung (PCC)	Méo dạng điện áp riêng lẻ	Tổng méo điện áp THD(%)
Dưới 69kV	3.0	5.0
69kV – 161kV	1.5	2.5
161kV – trở lên	1.0	1.5

hạn méo dạng điện áp

2.3 Các giải pháp hạn chế sóng hài bậc cao

Thay thế các thiết bị hư hỏng mà nguyên nhân gây ra bởi sóng hài là giải pháp tốn kém, làm tăng kinh phí đầu tư và kinh phí vận hành nhưng vẫn không thể giảm được ảnh hưởng của sóng hài. Vì thế, cần lựa chọn những giải pháp ít tốn kém nhưng mang lại hiệu quả cao trong việc kiểm soát sóng hài.

Sử dụng các bộ lọc sóng hài trên lưới có thể được phân chia thành hai loại: lọc tích cực và lọc thụ động. Trong đó nguyên lý của bộ lọc tích cực là bơm vào trong hệ thống các sóng hài ngược pha với các sóng hài sinh ra do tải phi tuyến, từ đó triệt tiêu chúng. Bộ lọc tích cực được phân loại theo cách chúng được nối vào mạch: nối nối tiếp, nối song song rẽ nhánh, kết hợp giữa lọc tích cực và lọc thụ động. Ngược lại bộ lọc thụ động hoạt động theo nguyên lý mạch cộng hưởng nối tiếp, bao gồm các cuộn kháng nối tiếp với các tụ điện và có thể được chỉnh định để có được tần số lọc mong muốn.



Hình 3: Nhiều bộ lọc điều chỉnh nối tiếp mắc song song để bẫy các bậc hài

Tác dụng của các bộ lọc nối song song này là tạo những đường dẫn trở kháng thấp cho những sóng hài nhất định. Một bộ lọc hài 3 pha trong thực tế có thể kết hợp bản tự 3 pha nối tam giác với các cuộn kháng một pha.

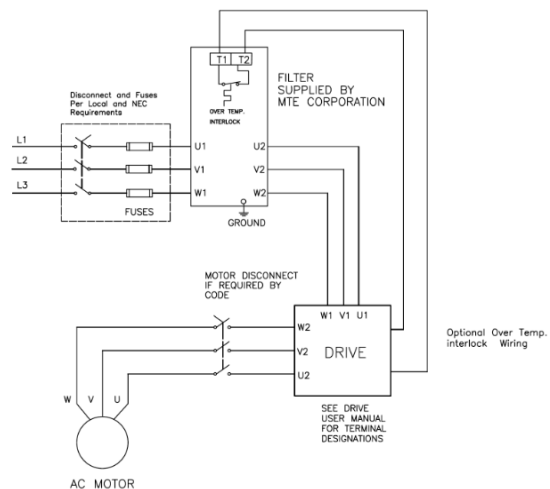
Thiết kế cuối cùng của một bộ lọc vẫn phải đảm bảo độ dự trữ khi tính đến dung sai của các thành phần trong mạch và sự thay đổi của hệ thống điện. Ví dụ giá trị của tụ điện và cuộn kháng có thể thay đổi trong khoảng $\pm 5\%$ giá trị định mức, cũng như vậy phải tính đến cả thay đổi do nhiệt độ và các điều kiện làm việc khác

3. GIỚI THIỆU THIẾT BỊ LỌC SÓNG

HÀI DẠNG THỤ ĐỘNG - MATRIX AP HARMONIC FILTER (MTE)

3.1 Đặt tính kỹ thuật của bộ lọc thụ động Matrix AP Harmonic Filter

- Sử dụng công nghệ lọc thụ động giảm sóng hài để hạn chế biến dạng của dòng điện đầy tải xuống dưới 5% THID và 8% ở 30% tải.
- Lọc sóng hài kết hợp với điều chỉnh tần số biến tần đáp ứng tất cả các yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn IEEE 519 cho riêng lẻ và tổng méo hài điện áp và dòng điện.
- Không gây cộng hưởng hài với hệ thống phân phối và hấp thụ hài từ các nguồn khác.
- Phù hợp để sử dụng với tải đơn phi tuyến hoặc nhiều tải phi tuyến.
- Hoạt động tốt hơn với biến tần đa xung và hài thấp.



Hình 4: Sơ đồ lắp đặt Matrix AP harmonic filter (MTE)

3.2 Dùng bộ lọc Matrix AP harmonic filter vào nhà máy Sam Engineering and Trade

Mục đích sử dụng bộ lọc này là để giảm sóng hài bậc cao phát sinh từ bơm nước biển trong nhà máy. Với hệ thống bơm dùng truyền động biến tần cho động cơ, đây là thiết bị sinh ra nhiều sóng hài. Vì vậy, nhà máy này có nhiều sóng hài bậc cao vượt quá

tiêu chuẩn cho phép của IEEE-519.

Kết quả vận hành của nhà máy đạt được khi chưa sử dụng lọc và sau khi sử dụng bộ

Thông số	Chưa lọc	Đã được lọc
KW	1603	1703
KVA	2134	1722
% Tải MBA	141.9	114.5
%TDD	73.34	3.32
%THD _v	31.09	2.30
PF	0.751	0.989

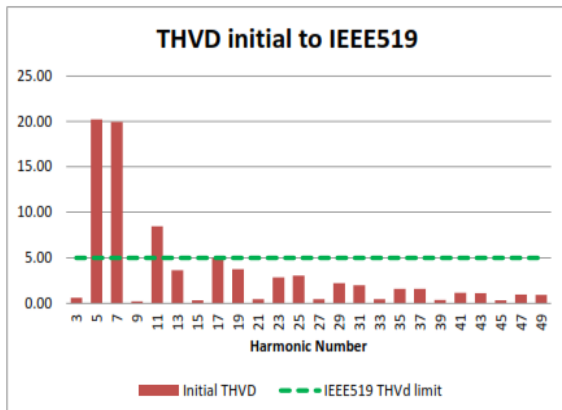
lọc Matrix AP harmonic filter như sau:

Bảng 2: Kết quả tính toán thứ cấp máy biến áp

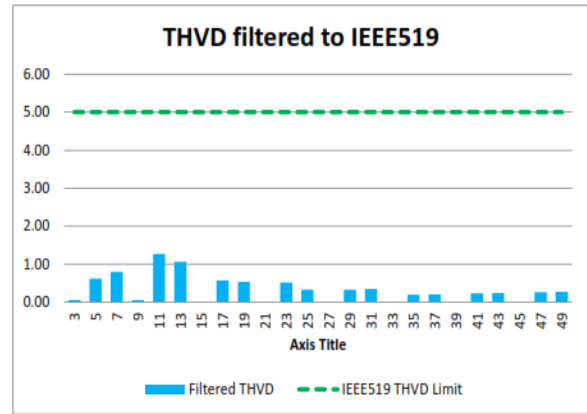
Kết quả này cho ta thấy, khi sử dụng lọc Matrix AP harmonic filter thì:

- TDD đạt được 3.32% (< 5%)
- THVD đạt được 2.30% (< 8%)
- PF đạt được 0.989 (≥ 0.95)

Như vậy kết quả có được đều đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn IEEE-519. Hình 5 và hình 6 thể hiện phổ của sóng hài điện áp khi chưa sử dụng lọc và sau khi sử dụng lọc Matrix AP harmonic filter:



Hình 5: Tổng độ biến dạng sóng hài điện áp khi chưa sử dụng lọc

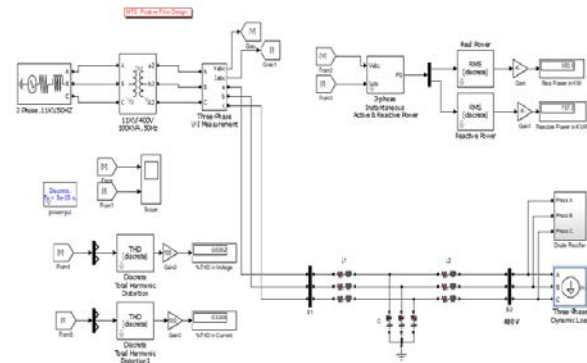


Hình 6: Tổng độ biến dạng sóng hài điện áp khi sử dụng lọc

4. MÔ PHỎNG THIẾT BỊ LỌC BẰNG PHẦN MỀM MATLAB

4.1 Sơ đồ kết nối mô phỏng bằng phần mềm Matlab

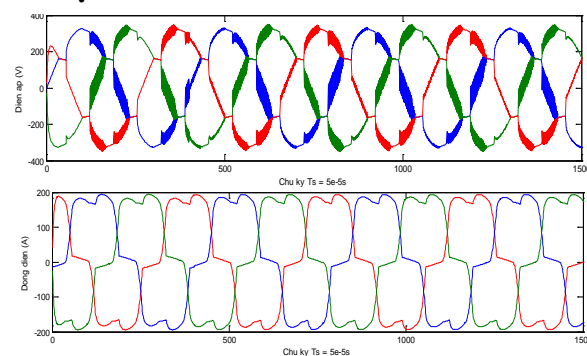
Sơ đồ mạch được kết nối như sau: Nguồn cấp ba pha, mạch lọc, thiết bị chỉnh lưu và động cơ.



Hình 7: Mạch lọc LCL

4.2 Các kết quả mô phỏng

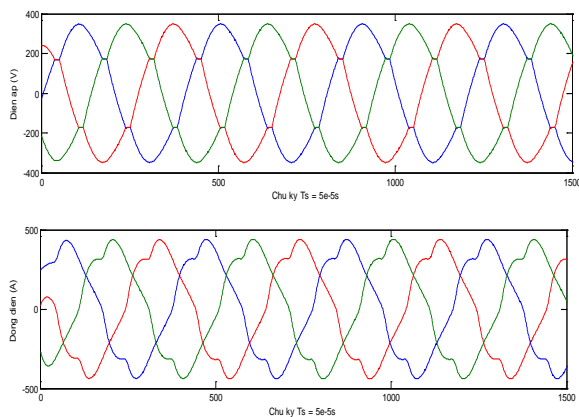
- **Kết quả mô phỏng khi chưa sử dụng lọc**



Hình 8: Kết quả mô phỏng khi chưa sử dụng lọc

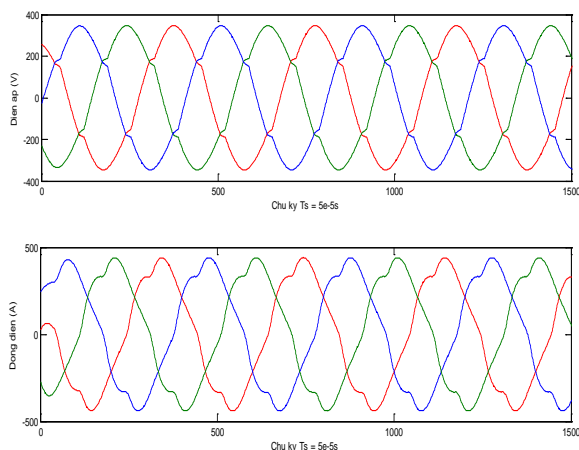
Khi chưa sử dụng bộ lọc ta thấy biên độ của dạng sóng điện áp và dòng điện bị méo dạng rất nhiều. Để đánh giá ảnh hưởng của các giải pháp bù bằng bộ bù thụ động, các kết quả mô phỏng sau được thực hiện bằng cách chọn 4 loại lọc như sau:

➤ Kết quả mô phỏng khi sử dụng lọc C:



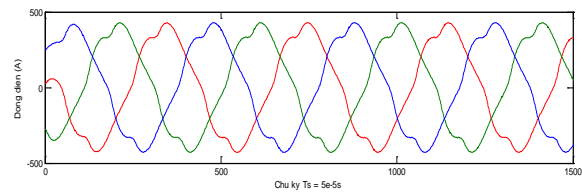
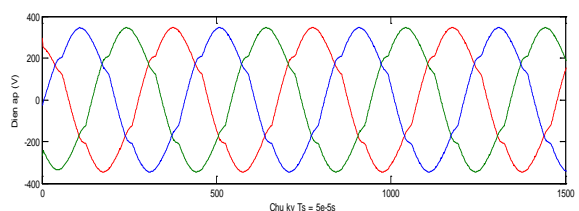
Hình 9: Kết quả mô phỏng khi sử dụng lọc C

➤ Kết quả mô phỏng khi sử dụng lọc LC:



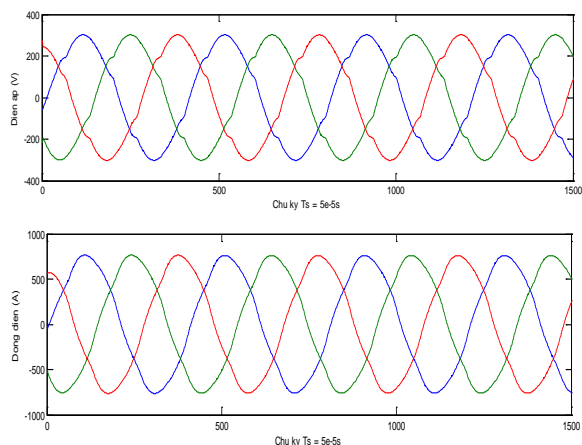
Hình 10: Kết quả mô phỏng khi sử dụng lọc LC

➤ Kết quả mô phỏng khi sử dụng lọc CLC:



Hình 11: Kết quả mô phỏng khi sử dụng lọc CLC

➤ Kết quả mô phỏng khi sử dụng lọc LCL:



Hình 12: Kết quả mô phỏng khi sử dụng lọc LCL

Kết quả đo %THD_v và %THD_i lúc chưa lọc và sau khi sử dụng các bộ lọc C, LC, CLC, LCL.

Bảng 3: Kết quả đo THD

STT	Loại bù	%THD _v	%THD _i
1	Không có bù	15.4	22.2
2	C	6.7	9.5
3	LC	5.7	8.1
4	CLC	5.4	3.3
5	LCL	4.4	2.9

Từ các kết quả mô phỏng được trình bày trong các hình 9 đến hình 12 tương ứng với các trường hợp bộ lọc là tụ điện C, bộ lọc LC, CLC và LCL ta thấy biên độ sóng hài cả về điện áp và dòng điện càng giảm. Bảng 3 trình bày kết quả đo THD chi tiết cho các trường hợp này, trong đó bộ lọc LCL là loại tốt nhất.

KẾT LUẬN

Bài báo này đã trình bày các giải pháp lọc sóng hài bằng phương pháp thụ động phân tán cho hệ thống biến tần và động cơ đề nâng cao hiệu quả sử dụng bằng cách giảm sóng hài sinh ra do bộ biến tần. Các kết quả khảo sát được thực hiện trên phần mềm Matlab được trình bày dựa trên dạng sóng của dòng điện và điện áp. Các kết quả phân tích THDi, THDv cho từng trường hợp cụ thể của các mạch lọc như C, LC, CLC và LCL cũng được nêu ra và so sánh.

Từ các kết quả mô phỏng và phân tích trên ta thấy rằng bộ lọc thụ động LCL là giải pháp phù hợp nhất cho cấu trúc biến tần, động cơ phân tán trong nhà máy đặc biệt là các động cơ lớn.

Bài báo vẫn còn những vấn đề tồn tại chưa giải quyết, và các vấn đề này cũng sẽ là hướng phát triển của đề tài trong tương lai:

- Tính toán tối ưu thông số bộ lọc dựa vào các ràng buộc về kinh tế kỹ thuật để từ đó đề xuất chọn vật liệu cho phù hợp.
- Có thể sử dụng các bộ lọc cho các tải phi tuyến khác ngoài động cơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. *Trần Mạnh Hiếu* “Thiết kế bộ lọc sóng hài thông thấp băng rộng”, *trường Đại học Thái Nguyên*.
- [2]. *Phạm Hùng* ” Nghiên cứu hệ thống biến tần động cơ khi làm việc ở các tần số khác định mức của động cơ”, *trường đại học Bách khoa Hà nội*.
- [3]. *TS. Đinh Hoàng Bách* “Họa tần bậc cao trong hệ thống điện và phương pháp lọc tích cực”, *trường Đại học Tôn Đức Thắng*.
- [3]. B Anirudh Acharya ; Vinod John, “Design of output dv/dt filter for motor drives”, International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS), 2010
- [4]. V. Dzhankhotov and J. Pyrhönen, “Passive LC Filter Design Considerations for Motor Applications”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 60, Issue 10, Oct. 2013, pp. 4253 – 4259.
- [5] Harmonic Mitigation in Variable Frequency Drives: 6-Pulse Drive with MTE Matrix AP Harmonic Filter vs. 18-Pulse Drive.
- [6] IEEE 519-1992 IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, IEEE Industry Applications Society/ Power Engineering Society, Published by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, American National Standards Institute.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên: Nguyễn Thái Hòa

Đơn vị: Công ty cổ phần dịch vụ dữ liệu CNTT Vi Na

Điện thoại: 0935456179

Email: thaihoa2202@gmail.com

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SĨ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn



Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.