

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ THIẾT BỊ ĐO SÓNG HÀI ĐIỆN ÁP VÀ DÒNG ĐIỆN BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH FOURIER VÀ GIÁM SÁT THỜI GIAN THỰC QUA MÁY CHỦ TÍNH TOÁN HIỆU NĂNG CAO

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE HARMONICS DISTORTION MONITORING DEVICE BASED ON FAST FOURIER TRANSFORM METHOD AND REALTIME MONITORING WITH HIGH PERFORMANCE COMPUTER

Phan Thanh Hòa<sup>1</sup>, Đặng Hoàng Anh<sup>2,\*</sup>,  
Phạm Việt Anh<sup>1</sup>, Nguyễn Mạnh Quân<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Diệu Linh<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.008>

## TÓM TẮT

Hiện nay, năng lượng đóng vai trò quan trọng trong việc tăng trưởng nền kinh tế, nhu cầu sử dụng năng lượng ngày càng gia tăng đi cùng với tốc độ công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước. Vì thế kéo theo vấn đề chất lượng điện năng càng trở nên quan trọng không chỉ trên phương diện của đơn vị điện lực mà cần thiết với cả khách hàng tiêu thụ điện. Những năm gần đây, hiện trạng mức độ ô nhiễm sóng hài ở Việt Nam đã vượt quá tiêu chuẩn và có xu hướng gia tăng. Điều này gây ảnh hưởng rất nhiều tới lưới điện cũng như các thiết bị hoạt động trong hệ thống. Từ đó dẫn tới nhu cầu phải giám sát liên tục phổ sóng hài nhằm đảm bảo chất lượng cấp điện. Tuy nhiên, các giải pháp giám sát sóng hài hiện nay được đưa ra thường có kỹ thuật phức tạp cũng như nhiều hạn chế về mặt thời gian và chi phí thực hiện. Trong bài báo này, nội dung nghiên cứu sẽ đưa ra phương pháp chế tạo thiết bị phân tích phổ sóng hài điện áp và dòng điện theo thời gian thực bằng phương pháp chuyển đổi Fourier và gửi dữ liệu thông qua mạng không dây với chi phí thấp mà không làm thay đổi hiện trạng của công trình.

**Từ khóa:** Chất lượng điện năng, phân tích phổ sóng hài, tổng méo sóng hài.

## ABSTRACT

Nowaday, energy becomes a key factor in the growth of the economy and the demand energy is increasing along with industrialization and modernization of the country. Therefore, power quality becomes more and more important not only power supplier but also electricity consumers. In recent years, harmonic pollution in electrical exceeds standard and have a increase trend. This problem has a huge effect on power grid as well as the operation of loads. Thereby, it leads to the requirement to continuously monitor the harmonic distortion to ensure power quality. However, current harmonic distortion monitoring methods usually has complex technicals and a lot of cost constraints. In this paper, research content will be provide a method to fabricate real-time voltage and current harmonic distortion analyzer device base on fast fourier trasform method and wireless connection technology with low cost and without changing current constructions.

**Keywords:** Power quality, harmonic analysis, total harmonic distortion.

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Điện - Điện tử, Đại học Bách khoa Hà Nội

\*Email: anh.danghoang@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 19/7/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 22/12/2022

Ngày chấp nhận đăng: 24/02/2023

## CHỮ VIẾT TẮT

THD	Total Harmonics Distortion
DFT	Discrete Fourier Transform
FFT	Fast Fourier Transform
IoT	Internet of Things
VXL	Vi xử lý

## 1. GIỚI THIỆU

### 1.1. Hiện trạng sóng hài trong hệ thống điện hiện nay

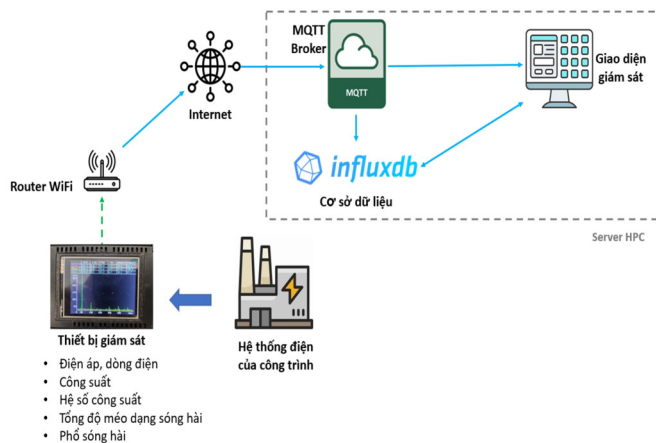
Trong những năm qua, Việt Nam là một trong những nền kinh tế phát triển năng động, với nhịp độ phát triển khá cao so với các nước trong khu vực và trên thế giới. Năng lượng đóng vai trò then chốt trong việc thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội của đất nước. Thực tế cho thấy, năng lượng là đầu vào của rất nhiều ngành sản xuất và là một trong những mặt hàng thiết yếu của các doanh nghiệp. Cùng với sự phát triển mạnh các loại phụ tải điện hiệu năng cao và để đáp ứng yêu cầu ngày càng khắt khe đối với tiêu chuẩn cung cấp điện, vấn đề chất lượng điện năng càng trở nên quan trọng không chỉ trên phương diện nhà cung cấp (sản xuất, truyền tải và phân phối điện năng) mà còn xét tới cả khách hàng tiêu thụ điện [1].

Sóng hài trong hệ thống điện là các dạng điện áp và dòng điện

thuần sin nhưng lại có tần số bằng bội nguyên lần tần số cơ sở (tại Việt Nam tần số cơ sở là 50Hz). Sóng hài gây ra hiện tượng méo dạng sóng điện áp nguồn và dòng điện tải. Bên cạnh đó, còn tồn tại những loại méo dạng sóng khác không phải là bội nguyên lần của tần số cơ sở càng làm cho vấn đề sóng hài ngày càng được quan tâm chú ý nhiều hơn [2]. Nguyên nhân phát sinh sóng hài phần lớn do các tải phi tuyến được sử dụng trong công nghiệp (lò hồ quang, máy hàn...) và dân dụng (biến tần, thiết bị văn phòng...). Việc xuất hiện thêm các tần số khác mẫu như vậy dẫn đến sóng sin điện áp hoặc dòng điện tổng bị méo không phải sóng sin chuẩn (Distorted Waveform) [3]. Thông thường, các sóng hài bậc lẻ (bậc 3, bậc 5,...) tồn tại nhiều hơn trong hệ thống điện 3 pha so với sóng hài bậc chẵn [4]. Sóng hài gây ra rất nhiều các vấn đề tổn hại đến phụ tải như quá nhiệt, phá hỏng cách điện của dây và cáp dẫn điện; quá nhiệt động cơ hoặc gây tiếng ồn và sự dao động của momen xoắn trên rotor dẫn tới sự cộng hưởng cơ khí và gây rung; tụ điện quá nhiệt và có thể dẫn tới phá hủy chất điện môi; gây nhiều các thiết bị hiển thị sử dụng điện và đèn chiếu sáng có thể bị chập chờn, các thiết bị bảo vệ có thể ngắt điện, lỗi mạng kết nối và thiết bị đo cho kết quả sai... Mức độ ảnh hưởng phụ thuộc vào mức độ nhạy cảm với sóng hài của từng thiết bị [5].

Các phương pháp phân tích hiện nay ở Việt Nam mới dừng ở cấp độ lọc thông mà chưa khai thác được phương pháp phân tích phổ Fourier hiện đang được sử dụng trong nhiều thiết bị đo lường công nghiệp, cho phép phân tích sóng hài ở các bậc khác nhau. Ngoài ra các hướng nghiên cứu này hiện vẫn đang tập trung chế tạo các thiết bị đo lường phục vụ kiểm toán chứ chưa nhiều nghiên cứu đi vào tầm nhìn về hệ thống theo dõi lắp đặt số lượng lớn và thường xuyên tại các đối tượng cần theo dõi.

**1.2. Tổng quan tính năng của thiết bị**



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống đo và theo dõi sóng hài

Trong nghiên cứu này, giải pháp theo dõi phổ sóng hài điện áp và dòng điện, giám sát theo thời gian thực dựa trên nền tảng Internet vạn vật được đưa vào nghiên cứu và phát triển. Kết quả hướng đến thiết bị có khả năng đo và phân tích phổ sóng hài. Thiết bị được thiết kế để hoạt động và đo đạc cho hệ thống điện 3 pha với các thông số đo được như

điện áp (Urms), dòng điện (Irms), công suất (P), hệ số công suất (cosφ)... Ngoài ra, thiết bị còn có thể phân tích được phổ sóng hài và đưa ra các giá trị THDu và THDi. Chương trình phần mềm giám sát được lập trình sẵn trên máy chủ hiệu năng cao HPC (High Performance Computer) sẽ tiếp nhận thông tin được gửi về từ thiết bị theo thời gian thực. Các thông số sẽ được lưu vào cơ sở dữ liệu và hiển thị lên giao diện người dùng cũng với các cảnh báo vượt ngưỡng về chất lượng điện của hệ thống. Hình 1 chỉ ra sơ đồ ghép nối thiết bị theo dõi phổ sóng hài trong hệ thống giám sát, vận hành điện công trình.

**2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

**2.1. Phương pháp chuyển đổi Fourier từ miền thời gian sang miền tần số**

Một trong những thuật toán quan trọng nhất của xử lý tín hiệu số và phân tích dữ liệu được sử dụng nhiều trong lĩnh vực thông tin chính là phép biến đổi Fourier nhanh (Fast Fourier Transform - FFT). Bản chất FFT là các thuật toán để thực hiện phép biến đổi Fourier rời rạc (Discrete Fourier Transform - DFT) nhằm phân tích tín hiệu rời rạc theo thời gian trong miền tần số hiệu quả nhờ sự cải thiện rất đáng kể về tốc độ và tính toán đơn giản [6, 7].

Thuật toán DFT tính cho N-1 điểm được định nghĩa như trong công thức:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{kn} \quad (0 \leq k \leq N - 1) \quad (1)$$

Trong đó: x(n) là dữ liệu ngõ vào ở miền liên tục thời gian

X(k) là giá trị ngõ ra ở miền tần số

$W_N^{kn}$  là trọng số nhân được tính theo công thức:

$$W_N^{kn} = e^{-j\frac{2\pi kn}{N}} \quad (2)$$

Việc tính toán trực tiếp từ DFT mang đến những bất lợi khi khối lượng phép tính lớn dẫn đến độ phức tạp cao  $O(N^2)$ . Thay vào đó, thuật toán FFT giảm độ phức tạp xuống còn  $O(N \cdot \log(N))$ . FFT lần đầu tiên được đưa ra bởi Carl Friedrich Gauss vào thế kỷ thứ XVIII và do Cooley và Tukey để xuất lại vào năm 1965.

Thuật toán phân chia dựa trên việc phân chia dãy x(n) thành các dãy nhỏ hơn gọi là thuật toán phân chia theo thời gian, do chỉ số n thường được gắn với thời gian. Nguyên tắc của thuật toán này được minh họa rõ rệt nhất khi ta xem xét trường hợp N lấy các giá trị đặc biệt: N là lũy thừa của 2 (do đó nó còn có tên là FFT cơ số 2 hoặc Radix-2 FFT). Xét  $N = 2^V$ , chia x(n) thành hai dãy chỉ số chẵn x(2m) và chỉ số lẻ x(2m + 1). Như vậy, từ công thức (1) được chuyển về công thức (3):

$$X\left(k + \frac{N}{2}\right) = F_1(k) - W_N^k F_2(k) \quad (3)$$

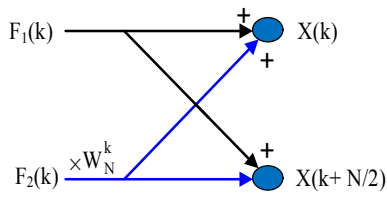
$$X(k) = F_1(k) + W_N^k F_2(k)$$

Với  $k = 0, 1, \dots, N/2$

$$F_1(k) = \sum_{m=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2m)W_{\frac{N}{2}}^{km} \quad \text{là phần chẵn}$$

$$F_2(k) = \sum_{m=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2m+1)W_N^{km} \text{ là phần lẻ}$$

Sơ đồ biểu diễn hai phương trình (3) dạng cánh bướm "Butterfly" như sau:



Hình 2. Sơ đồ cánh bướm tổng quát

Như vậy, việc thực hiện DFT bằng thuật toán FFT tạo thành cơ sở của các hệ thống phân tích sóng hài và phổ hiện đại nhất. Công cụ này giúp ước lượng gần đúng giá trị biên độ cơ bản và sóng hài [8].

### 2.2. Xây dựng phần cứng



Hình 3. Các linh kiện thực hiện nguyên lý đo điện áp và dòng điện

Nguyên liệu đầu vào của việc đo các thông số và phân tích sóng hài là các tín hiệu điện áp và dòng điện tức thời. Thông qua các khối biến đổi sử dụng bộ biến đổi điện áp ZMPT101B và biến dòng kim PCZT-2, vi xử lý sẽ được lập trình để thực hiện đọc các tín hiệu với tốc độ và độ phân giải cao. Các giá trị sẽ được lưu lại thành các mảng tín hiệu rời rạc nhằm mục đích lấy được dạng sóng của tín hiệu. Sau đó, các thông số như  $U_{rms}$ ,  $I_{rms}$ ,  $P$ ,  $\cos\phi$ , THD, phổ sóng hài... sẽ được vi xử lý thực hiện tính toán và phân tích. Để tiện cho việc theo dõi tại chỗ, thiết bị thiết kế thêm 1 màn hình TFT 3,2" hiển thị kết quả đo đạc và phân tích. Ngoài ra, sau khi phân tích công suất tiêu thụ của các thành phần trong mạch, thiết bị nguồn cấp là nguồn AC-DC Hi-link 3,3V 5W. Khối chức năng bao gồm phần kết nối mạch nạp với thiết bị, các nút bấm chức năng như nút reset cho toàn thiết bị, đèn báo thể hiện trạng thái.

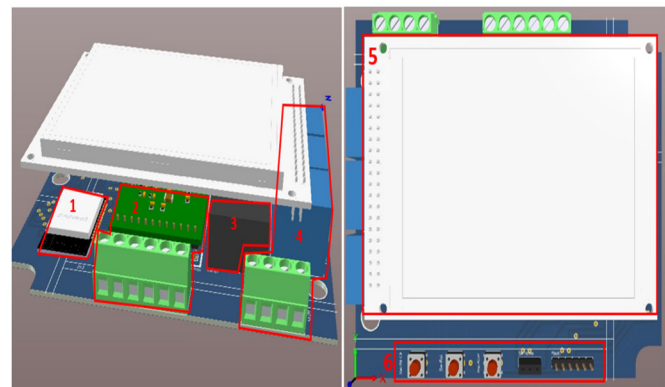
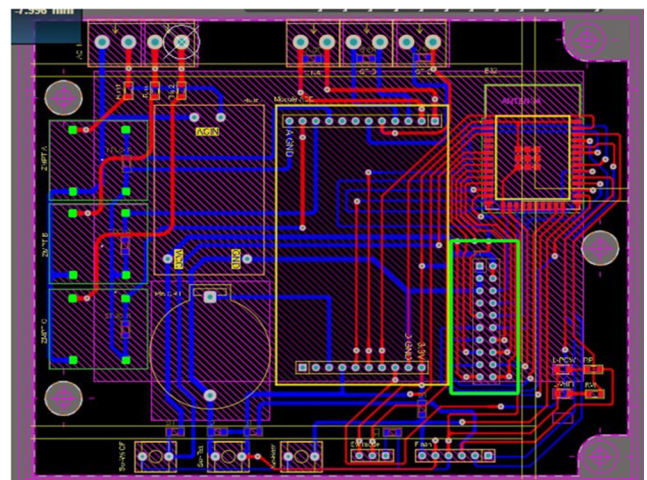
### 2.3. Thiết kế mạch

**Tín hiệu điện áp:** Các giá trị tức thời của tín hiệu điện áp xoay chiều được đọc và ghi lại với tần số lấy mẫu cao để lấy được dạng sóng của điện áp dưới dạng chuỗi các giá trị rời rạc đưa vào phân tích FFT. Với mức tần số cơ bản là 50Hz và yêu cầu bài toán có thể phân tích được phổ sóng hài tối thiểu là bậc 5 (250Hz) nên tần số lấy mẫu của thiết bị cần đáp ứng tối thiểu là 500Hz (định lý Nyquist-Shannon) [9]. Trên thực tế, tần số lấy mẫu của thiết bị lên đến 2000Hz.

Các tín hiệu tức thời điện áp được trích ra từ nguồn sẽ được đưa vào bộ biến đổi và hạ áp xuống phạm vi đọc được của vi xử lý. Thực tế, giá trị điện áp tạo ra sẽ dao động quanh gốc 0 khiến vi xử lý không thể đọc được phần tín

hiệu điện áp âm. Do đó, cần phải cộng vào cho tín hiệu một mức điện áp offset để đưa toàn bộ tín hiệu về khoảng đọc được của vi xử lý. Sau đó, vi xử lý thực hiện đọc các chuỗi tín hiệu rời rạc để lấy ra được đặc trưng cho dạng sóng điện áp, từ đó tính toán đưa ra các thông số theo yêu cầu.

**Tín hiệu dòng điện:** Khi hoạt động, biến dòng sẽ đưa ra được một dòng điện cảm ứng có tỷ lệ tương ứng với dòng điện thực tế được đo thông qua nguyên lý cảm ứng điện từ. Tuy nhiên, vi xử lý không thể đọc trực tiếp được dạng tín hiệu dòng điện nên cần dẫn dòng điện qua một điện trở (burden) để đưa tín hiệu về dạng điện áp. Sau đó tín hiệu được cộng thêm điện áp offset tương tự như tín hiệu điện áp. Cuối cùng vi xử lý thực hiện đọc giá trị theo dạng analog với tần số lấy mẫu lên đến 2000Hz và xử lý tính toán để đưa ra kết quả.



Hình 4. PCB mạch đo sóng hài điện áp và dòng điện

Hình 4 cho thấy mạch PCB của thiết bị được thiết kế in 2 lớp và đơn giản hóa phần kết nối màn hình bằng dây cáp. Phân bố vị trí các khối trên hình như sau:

- 1: Vi xử lý
- 2: Khối đọc tín hiệu dòng điện
- 3: Khối nguồn AC-DC
- 4: Khối đọc tín hiệu điện áp
- 5: Khối hiển thị
- 6: Khối chức năng

Trong thiết kế PCB hướng tới cho phép lựa chọn xem phổ điện áp hoặc dòng điện trên màn hình hiển thị thông qua nút gạt. Ngoài ra ở khối chức năng có các nút bấm để cấu hình kết nối WiFi, nạp firmware hoặc reset cho thiết bị.

### 2.4. Lập trình tính năng

Sau khi tiếp nhận tín hiệu điện áp, dòng điện đã biến đổi, chip vi xử lý ESP-WROOM-32 thực hiện 2 tác vụ riêng biệt chạy độc lập trên 2 lõi CPU.

**Thuật toán đo đạc và xử lý dữ liệu:** (1) Phần khai báo: Thực hiện thao tác nhập các bộ thư viện giao tiếp, khai báo biến cho chương trình như các biến giá trị tính toán, lưu trữ dạng sóng của tín hiệu,... (2) Hàm setup (cấu hình): Hàm chỉ chạy một lần duy nhất kể từ lúc vi xử lý được khởi động. Tại đây các chân của vi xử lý được cấu hình các chế độ INPUT, OUTPUT, chế độ đọc Analog cho thiết bị. (3) Vòng loop: Hàm thực hiện chạy liên tục và lặp đi lặp lại từ đầu chương trình đến khi vi xử lý dừng hoạt động, thực hiện các trình tự như sau: Cấu hình chế độ đọc, tốc độ để bắt đầu quá trình đọc lấy mẫu dạng sóng các tín hiệu điện 3 pha bao gồm 3 pha điện áp và dòng điện; Đọc và tính toán ra các giá trị tức thời của điện áp và dòng điện, sau đó các giá trị được ghi liên tục vào mảng lấy mẫu dạng sóng; Tính toán ra các giá trị hiệu dụng như  $U_{rms}$ ,  $I_{rms}$ , P, Hệ số công suất,...; Cũng từ mảng giá trị lấy mẫu dạng sóng, vi xử lý thực hiện phân tích FFT cho dạng sóng của tín hiệu thu thập được, kết quả nhận được bao gồm dãy phổ phân tích được và các giá trị THD; Hết chu kỳ nhiệm vụ, quay lại từ đầu vòng loop thực hiện tuần tự các công việc như trên.

#### Thuật toán kết nối, gửi thông tin qua WiFi và hiển thị:

(1) Phần khai báo: Thực hiện thao tác nhập các bộ thư viện giao tiếp và khai báo các biến kết nối, truyền gửi thông tin và hiển thị thông số lên màn hình. (2) Hàm setup (cấu hình): Hàm chỉ chạy một lần duy nhất kể từ lúc vi xử lý khởi động. Vi xử lý thực hiện khởi tạo kết nối đến WiFi, sau đó thực hiện kết nối đến máy chủ. (3) Vòng loop (chương trình chính): Hàm thực hiện chạy liên tục và lặp đi lặp lại từ đầu chương trình đến khi vi xử lý dừng hoạt động, thực hiện các trình tự như sau: Kiểm tra và duy trì kết nối với WiFi và máy chủ; Kiểm tra hoạt động đọc của lõi xử lý đầu tiên, khi công việc đọc và tính toán hoàn thành, vi xử lý gửi các thông số về máy chủ; Hiển thị các dữ liệu tính toán ra được và dãy phổ lên màn hình thiết bị giám sát. Hết chu kỳ nhiệm vụ, quay lại từ đầu vòng loop thực hiện tuần tự các công việc như trên.

### 3. KẾT QUẢ TRIỂN KHAI THỬ NGHIỆM VÀ ĐO KIỂM

#### 3.1. Lắp đặt và vận hành thử nghiệm

Mục tiêu của quá trình này là đánh giá hoạt động ổn định thiết bị phần cứng cũng như chương trình phần mềm khi hoạt động liên tục, dài ngày. Kết quả thử nghiệm làm căn cứ để có thể hoàn thiện thiết bị trước khi đưa vào ứng dụng thực tế.

Trước khi lắp đặt và vận hành thử nghiệm, thiết bị được đưa vào đo và hiệu chỉnh các hệ số đo bằng các tải giả bao gồm các tải đặc trưng như bóng đèn sợi đốt, động cơ điện và một số tải lớn như ấm đun nước, bình nước nóng. Thiết bị được hiệu chỉnh cùng với đồng hồ công tơ điện, đồng hồ đa năng và Oscilloscope nhằm đạt được độ chính xác cao nhất.

Thiết bị được vận hành thử nghiệm tại một công trình phức hợp 4 tầng tại quận Cầu Giấy- Hà Nội bao gồm nhà ở,

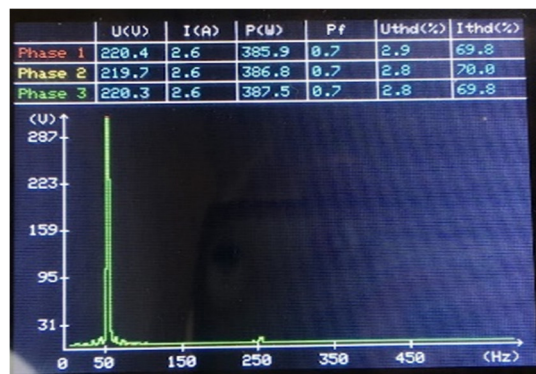
văn phòng, nhà xưởng gia công. Trong đó tầng 1 và 2 của công trình được sử dụng làm văn phòng kết hợp và nhà xưởng gia công chế tạo. Các thiết bị của hai tầng này có các tải đặc trưng của một văn phòng như máy tính, ấm nước nóng, điều hoà không khí cùng một số tải đặc trưng cho cơ sở gia công chế tạo nhỏ như máy cắt, máy khoan,... Các tầng còn lại của công trình được sử dụng làm nơi sinh hoạt của gia đình với các tải được sử dụng bao gồm tivi, tủ lạnh, bếp điện, điều hoà không khí,... Toàn bộ công trình được cấp điện một pha thông qua một cầu dao tổng, nguồn điện được chia về bảng điện cho nhà xưởng, văn phòng và các bảng điện của các tầng còn lại.

Thiết bị được triển khai đo tại cầu dao tổng của toà nhà được thể hiện trên hình 5. Các thông số đo đạc và phân tích được được hiển thị lên màn hình được thiết kế trên thiết bị. Ngoài ra, thiết bị được kết nối với mạng WiFi tại địa điểm lắp đặt. Qua đó, các thông số được gửi về chương trình theo dõi và cảnh báo đã được xây dựng trên máy chủ HPC.

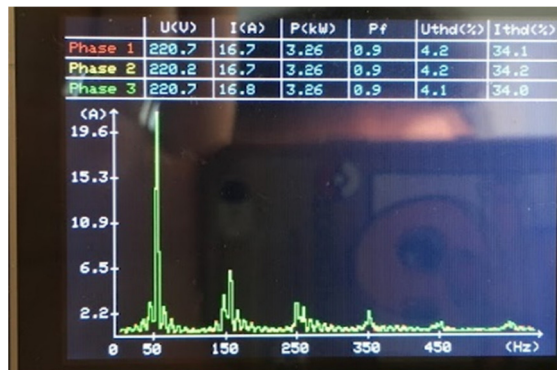


Hình 5. Lắp đặt thiết bị đo và phân tích sóng hài tại cầu dao tổng của công trình

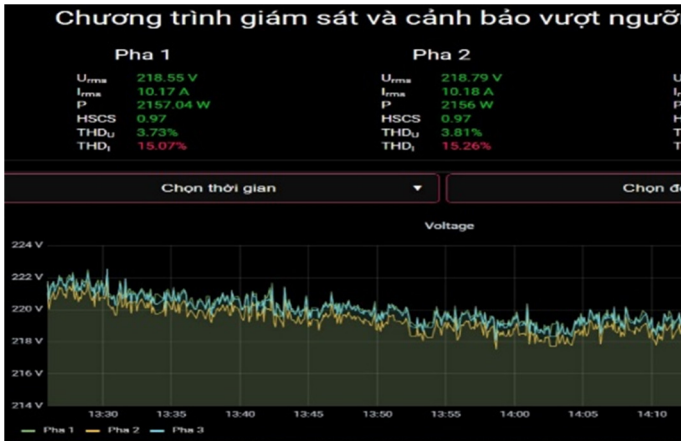
1. Thiết bị đo và phân tích phổ sóng hài;
2. Cầu dao tổng của công trình;
3. Biến dòng được kết nối với cầu dao tổng



(a)



(b)



(c)

Hình 6. Kết quả phân tích phổ sóng hài điện áp (a), dòng điện (b) hiển thị trên màn hình thiết bị và trên giao diện giám sát máy chủ HPC (c)

Dãy phổ điện áp phân tích được cho thấy ngoài tần số chủ đạo 50Hz còn tồn tại sóng hài có biên độ nhỏ ở tần số 250Hz (bậc 5), tương ứng với giá trị THD<sub>u</sub> là 2,9%. Dây phổ dòng điện được đo tại công trình trùng thời điểm văn phòng bắt đầu vào làm việc, sau thời điểm này, thiết bị đo được mức độ tiêu thụ của công trình tăng lên đáng kể với dòng tiêu thụ lên đến 16A. Do văn phòng dùng khá nhiều tải hỗn hợp nên khi phân tích phổ sóng hài dòng điện, dãy phổ cho thấy ngoài biên độ sóng cơ bản 50Hz, tồn tại nhiều sóng hài bậc lẻ khác như bậc 3, bậc 5, bậc 7 với biên độ đáng kể. Ngoài ra tồn tại các sóng hài bậc lẻ cao hơn như bậc 9, bậc 11 với biên độ nhỏ. Thông số THD<sub>i</sub> tương ứng nằm ở mức 34%.

Kết quả từ thiết bị được gửi về máy chủ thông qua kết nối WiFi và giao thức MQTT. Thông số THD được cảnh báo vượt ngưỡng bằng phương thức đổi màu hiển thị. Ngoài ra, máy chủ HPC thực hiện lưu dữ liệu đo được từ thiết bị về cơ sở dữ liệu; phần mềm có nhiệm vụ truy vấn, đồng bộ lên giao diện dạng đồ thị phổ tín hiệu để thuận tiện theo dõi.

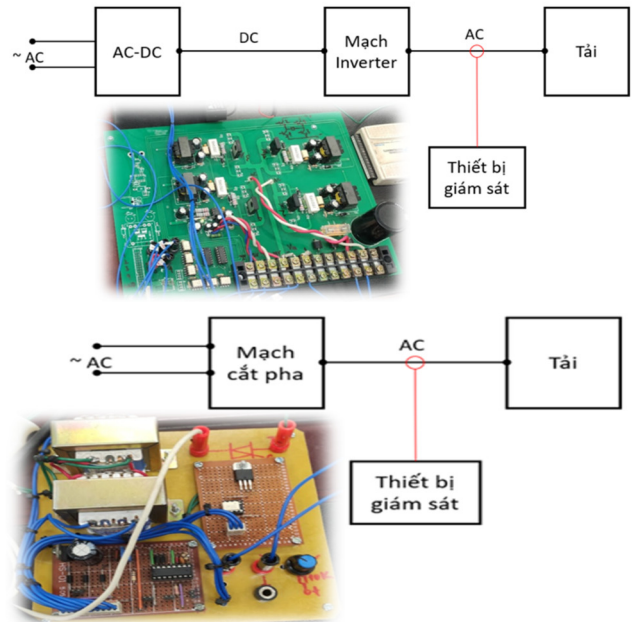
Sau khi lắp đặt, thiết bị và phần mềm đều cho hoạt động ổn định từ khi triển khai lắp đặt. Dữ liệu được đồng nhất giữa màn hình thiết bị và trên giao diện giám sát máy chủ HPC với tốc độ truyền tải thông tin nhanh chóng, liên tục. Quá trình lắp đặt không làm ảnh hưởng đến thẩm mỹ cũng như hiện trạng hệ thống điện của địa điểm lắp đặt

**3.2. Đo kiểm với thiết bị mẫu**

Quá trình này thực hiện sau khi đánh giá mức độ hoạt động ổn định của thiết bị. Mục đích để đánh giá độ tin cậy, xác định các sai số thông qua so sánh kết quả đo với một bộ thiết bị đo chuẩn tại phòng thí nghiệm Đại học Bách khoa Hà Nội.

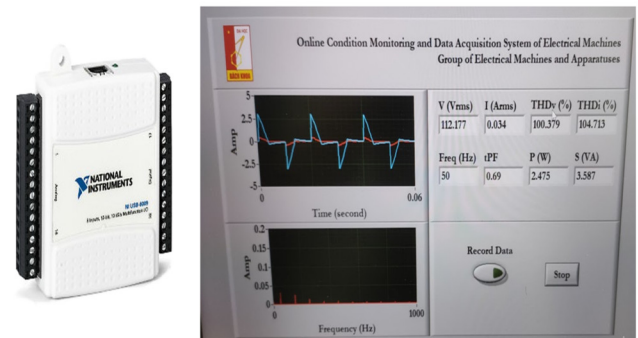
Các trường hợp thử nghiệm được thiết lập với mạch thí nghiệm inverter và mạch cắt pha có sẵn tại phòng thí nghiệm. Thông qua các mạch chỉnh lưu, van bán dẫn có trong các dụng cụ trên, sóng hài sẽ được sinh ra và gây ra méo dạng sóng sin của nguồn điện. Các thiết bị trên sẽ được cho hoạt động ở các chế độ khác nhau và thiết bị giám sát sẽ thực hiện giám sát liên song song cùng với bộ

thiết bị đo chuẩn có tại phòng thí nghiệm nhằm đối chiếu kết quả. Hai loại tải tiêu thụ được sử dụng trong trường hợp thí nghiệm là tải thuần trở (bóng đèn sợi đốt) và tải có tính chất cảm kháng (động cơ điện xoay chiều).

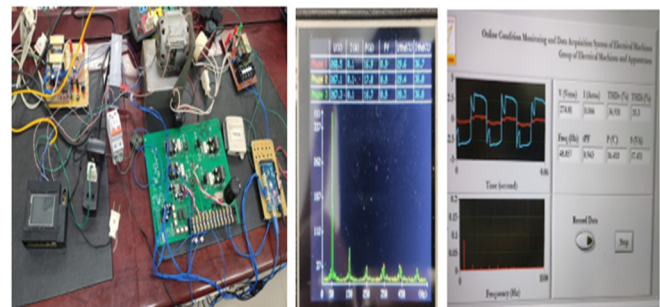


Hình 7. Mạch inverter và mạch cắt pha được thí nghiệm

Bộ dụng cụ đo chuẩn bao gồm một thiết bị thu thập dữ liệu đa năng NI USB-6008 của hãng National Instruments, có khả năng thu thập dữ liệu 8 kênh analog 12bit với tần số lấy mẫu có thể lên đến 10ks/s. Thiết bị thu thập dữ liệu được kết nối với máy tính được cài sẵn chương trình thu thập và phân tích sóng hài của phòng thí nghiệm.



Hình 8. Bộ thu thập dữ liệu đa năng và phần mềm phân tích sóng hài



Hình 9. Thử nghiệm đo phổ sóng hài điện áp mạch inverter tải bóng đèn sợi đốt

Hình 9 cho thấy phép đo phổ sóng hài điện áp mạch inverter trường hợp sử dụng tải bóng đèn. Kết quả thiết bị phát hiện chính xác loại sóng hài, các thông số sai số nhỏ so với phần mềm kiểm định. Điều này cho thấy mức độ tin cậy cao và tính ứng dụng thực tế của sản phẩm.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu tổng quan về vấn đề chất lượng điện năng, những ảnh hưởng của chất lượng điện năng, đặc biệt là ảnh hưởng của sóng hài bậc cao đến hiệu quả làm việc của các thiết bị điện nói chung và động cơ điện nói riêng. Hiện trạng ở Việt Nam, vấn đề sóng hài xảy ra ngày càng thường xuyên và nghiêm trọng hơn. Tuy nhiên các nghiên cứu đảm bảo chất lượng điện năng hiện nay chỉ tập trung chế tạo các thiết bị đo lường kiểm toán và hạn chế về phạm vi ứng dụng.

Nội dung bài báo đã đưa ra phương pháp chế tạo thiết bị giám sát và phân tích phổ sóng hài điện áp và dòng điện bằng phương pháp chuyển đổi Fourier nhanh. Kết quả thử nghiệm cho thấy thiết bị theo dõi phổ sóng hài điện áp và dòng điện đã hoạt động ổn định. Đây là thiết bị mới nhưng đã cho thấy hiệu quả rõ ràng trong việc giám sát hoạt động hệ thống, nâng cao hiệu quả năng lượng, góp phần phát triển định hướng về nhà máy thông minh và thành phố thông minh. Với tính chính xác cao, tiện lợi, dễ dàng sử dụng đặc biệt là chi phí sản xuất, vận hành thấp, hoàn toàn có thể đưa sản phẩm này vào sản xuất quy mô lớn.

Để phát triển sản phẩm này, hướng nghiên cứu tiếp theo bao gồm cập nhật thiết kế phần cứng nhằm nâng cao độ chính xác của thiết bị; nâng cấp tính năng đo thêm các thông số điện trong hệ thống; nâng khả năng tương thích của thiết bị như bổ sung các chuẩn giao tiếp thông dụng như MODBUS,..; chương trình phần mềm có thêm các tính năng nâng cao như chủ động gửi cảnh báo, thông báo cho người quản lý thông qua tin nhắn, cuộc gọi; lập báo cáo tự động và dự báo sự cố...

#### LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn trường Đại học Công nghiệp Hà Nội đã hỗ trợ kinh phí nghiên cứu thông qua đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường năm 2021.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. N. M. Hien, 2019. *Nang luong Viet Nam: Hien trang va trien vong phat trien*. Vietnam Energy Review.
- [2]. Tran Dinh Long, Nguyen Sy Chuong, Le Van Doanh, Bach Quoc Khanh, Hoang Huu Than, Phung Anh Tuan, Dinh Thanh Viet, 2013. *Tra cuu ve chat luong dien nang*. Bach Khoa Publishing House - Hanoi.
- [3]. Mietek Glinkowski, Pamela Lembke, Lynn Simmons, David Loucks, Dusty Becker, Ian Bitterlin, Bill Campbell, Harry Handli, Tom Earp, Darrin LeRoy, Andrew Lynch, Stephen McCluer, Jim Spitaels, 2013. *Data center power system harmonics: An overview of effects on data center efficiency and reliability*. The green grid.

[4]. R. Fehr, 2004. *Harmonics Made Simple*. Available: <http://ecmweb.com/archive/harmonics-made-simple>.

[5]. Deepark C. Bhonsle, Ramesh B. kelkar, 2016. *Performance evaluation of composite filter for power quality improvement of electric arc furnace distribution network*. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, tập 79, pp. 53-65.

[6]. M. H. J. Bollen, I. Y. H. Gu, 2006. *Signal Processing of Power Quality Disturbances*. A John Wiley and Sons, Book in IEEE press series on power engineering.

[7]. G. T. Heydt, P. S. Fjeld, C. C. Liu, D. Pierce, L. Tu, G. Hensley, 1999. *Applications of the Windowed FFT to Electric Power Quality Assessment*. trong IEEE Trans. On Power Delivery, 14, pp. 1411-1416.

[8]. I. Rajesh, 2014. *Harmonic Analysis Using FFT and STFT*. International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 7, pp. 345-362.

[9]. A. Jerri, 1997. *The Shannon sampling theorem—Its various extensions and applications: A tutorial review*. trong Proceedings of the IEEE ( Volume: 65, Issue: 11, Nov. 1977).

[10]. Circular No. 39/2015/TT-BCT dated November 18, 2015 regulating Electricity Distribution System.

#### AUTHORS INFORMATION

**Phan Thanh Hoa<sup>1</sup>, Dang Hoang Anh<sup>2</sup>, Pham Viet Anh<sup>1</sup>,  
Nguyen Manh Quan<sup>1</sup>, Nguyen Thi Dieu Linh<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Hanoi University of Industry

<sup>2</sup>School of Electrical and Electronic Engineering, Hanoi University of Science and Technology