

# THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG LẤY MẪU VÀ PHÂN TÍCH PHÓNG XẠ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

TÁC GIẢ: NGUYỄN XUÂN VINH

*Cơ quan: Trung tâm chiếu xạ Hà Nội*

*Địa chỉ: Km12, đường 32, Minh Khai, Bắc Từ Liêm, Hà Nội*

*Email: [nguyentuanvinh20083187@gmail.com](mailto:nguyentuanvinh20083187@gmail.com)*

## Tóm tắt:

Thiết bị hút mẫu bụi khí môi trường nằm trong đề tài “Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường - KC.05.16/11-15”. Thiết bị có chức năng thu gom mẫu bụi không khí từ đó xác định suất liều môi trường và nhận diện đồng vị phóng xạ có trong bụi không khí. Yêu cầu đặt ra cho thiết bị là có thể điều khiển theo thể tích khí hút hoặc thời gian hút khí và tự động chuyển mẫu khí đã hút sang hệ phân tích và chuyển mẫu mới vào để tiếp tục quá trình hút sau. Với mục tiêu đặt ra là thiết kế chế tạo hệ điều khiển hút khí và chuyển mẫu tự động, hoạt động ổn định, chính xác theo yêu cầu người sử dụng, nội dung nghiên cứu gồm: Thiết kế và chế tạo hệ điện tử, thiết kế chế tạo hệ cơ khí và thiết kế phần mềm. Kết quả đạt được cho thấy thiết bị hoạt động chính xác theo yêu cầu đặt từ trung tâm điều khiển.

**Từ khóa:** *Hút mẫu bụi khí, thu gom mẫu bụi khí, bụi khí môi trường, phóng xạ môi trường, nhiễm xạ không khí...*

## I: MỞ ĐẦU

Quan trắc ô nhiễm môi trường không khí nói chung, quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường không khí nói riêng là nhiệm vụ quan trọng đối với mỗi quốc gia, đặc biệt là các nước có phát triển và ứng dụng năng lượng hạt nhân. Tiềm năng mà năng lượng hạt nhân mang lại (kinh tế, xã hội, chính trị, an ninh năng lượng...) là hết sức to lớn, nhưng đi đôi với đó là vấn đề đảm bảo an toàn, an ninh hạt nhân. Có nhiều sự cố ô nhiễm phóng xạ đã xảy ra và thuộc nhiều dạng ô nhiễm khác nhau, một trong số đó là ô nhiễm phóng xạ môi trường không khí. Như khi xảy ra các sự cố hạt nhân tại nhà máy điện nguyên tử các chất phóng xạ và kim loại nặng độc hại bị phát tán vào bầu không khí, bám vào các hạt bụi, phát tán đi các nơi cách xa hàng nghìn kilomet từ nơi xảy ra sự cố, rơi lắng xuống lớp không khí gần mặt đất, thấm vào đất, nước, cây cối,... làm ảnh hưởng đến môi trường sinh thái và sức khỏe con người trong một thời gian dài. Do đó, cần phải quan trắc kịp thời để phát hiện, xử lý và cảnh báo cho dân cư.

Hệ thiết bị hút mẫu phân tích phóng xạ không khí có vai trò nhận biết, đánh giá mức độ ô nhiễm phóng xạ, phát hiện các đồng vị phóng xạ có trong không khí. Từ đó sẽ có những cảnh báo cho dân cư khi cần thiết. Trên thế giới, thiết bị này được chế tạo đa dạng tùy thuộc vào từng yêu cầu thu thập mẫu và quan trắc cụ thể. Thiết bị được sử dụng phổ biến hiện nay đó là thiết bị lấy mẫu hạt bụi khí sử dụng bơm hút thể tích lớn.

Hệ thiết bị hút mẫu phân tích phóng xạ không khí có thể được lắp đặt trên những thiết bị di động nhằm đáp ứng tính cơ động, dễ dàng di chuyển tới những vùng cần đánh giá, hoặc lắp đặt cố định tại các vị trí xung quanh các nhà máy điện hạt nhân, các cơ sở nghiên cứu và ứng dụng năng lượng hạt nhân. Tại Việt Nam, đã có một số đơn vị nghiên cứu được trang bị hệ thiết bị này, tất cả đều được tài trợ và chưa có cơ sở nào thực hiện việc chế tạo ra chúng.

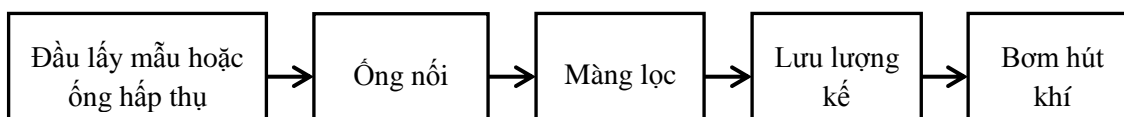
Nội dung của báo cáo này là một phần trong đề tài “Nghiên cứu chế tạo thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường - KC.05.16/11-15”. Mục tiêu là chế tạo thiết bị hút mẫu khí quan trắc phóng xạ phù hợp với điều kiện Việt Nam, đồng thời tự động hóa hoàn toàn các quá trình hút mẫu, chuyển mẫu, phân tích mẫu, và truyền số liệu về trung tâm điều khiển của hệ thiết bị.

## II: TỔNG QUAN

### 2.1 Nguyên tắc chung của thiết bị lấy mẫu bụi khí

Nguyên tắc chung của kỹ thuật lấy mẫu không khí xung quanh (gồm khí ô nhiễm và bụi): Không khí đi vào thiết bị qua đầu lấy mẫu là dụng cụ lưu giữ các chất ô nhiễm (bằng tấm lọc xốp đối với bụi hoặc dụng dịch hấp thụ đối với khí ô nhiễm), lực hút được tạo ra nhờ bơm hút khí với lưu lượng được điều chỉnh ổn định nhờ lưu lượng kế và thể tích mẫu được xác định qua thời gian thu mẫu.

#### Sơ đồ khối hệ lấy mẫu bụi khí:



Sơ đồ khối hệ lấy mẫu bụi khí môi trường

### 2.1 Thiết bị lấy mẫu bụi khí sử dụng bơm hút thể tích lớn TE – 5170

Hiện nay trên thị trường có khá nhiều loại thiết bị lấy mẫu bụi khí thể tích lớn, có cấu hình thiết bị khác nhau. Thiết bị lấy mẫu hạt bụi khí TE-5170 là loại thiết bị bơm hút khí thể tích lớn sử dụng trong việc thu thập các hạt bụi lơ lửng, có thiết kế vật lý dựa trên nguyên lý khí động học, với mục đích thu thập các hạt bụi trong không khí có kích thước  $\geq 10 \mu\text{m}$ . Thiết bị lấy mẫu hạt bụi khí này thích hợp cho việc bắt các hạt bụi như các kim loại nặng và các hạt nhân phóng xạ.

#### Các tính năng, thông số kỹ thuật chính:

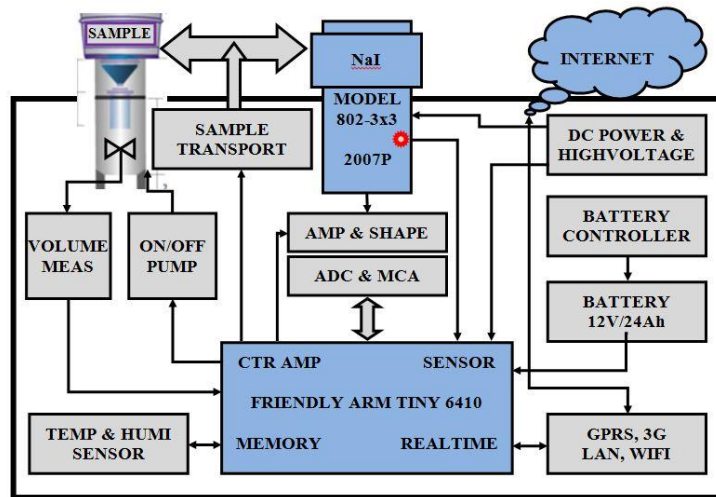
- Kích thước hạt: Hạt lơ lửng toàn phần  $\leq 10 \mu\text{m}$
- Điều khiển lưu lượng: Mass Flow Controller (TE-300-310)
- Tốc độ : 1.09 - 1.68 m<sup>3</sup>/phút
- Mô tơ : Kiểu chổi quét (Brush Style TE-5005)
- Ghi đo áp suất theo sơ đồ 24 giờ (TE-5009)
- Bộ ghi thời gian làm việc: Cơ Mechanical (TE-5012)
- Bộ đếm thời gian: Cơ khí 7 ngày (TE-5007)
- Điện áp: 220VAC/4A/50Hz
- Vỏ bảo vệ: nhôm anode hóa
- Giá đỡ fin lọc: thép không gỉ : 8'' x 10''
- Kích thước: rộng 28'' : dài 28'' , cao 61''
- Cân nặng: 75 pound  $\approx$  34 kg



Hình 2. Thiết bị lấy mẫu hạt bụi khí thể tích lớn TE-5170

## III: NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO HỆ ĐIỆN TỬ ĐIỀU KHIỂN VÀ PHÂN TÍCH

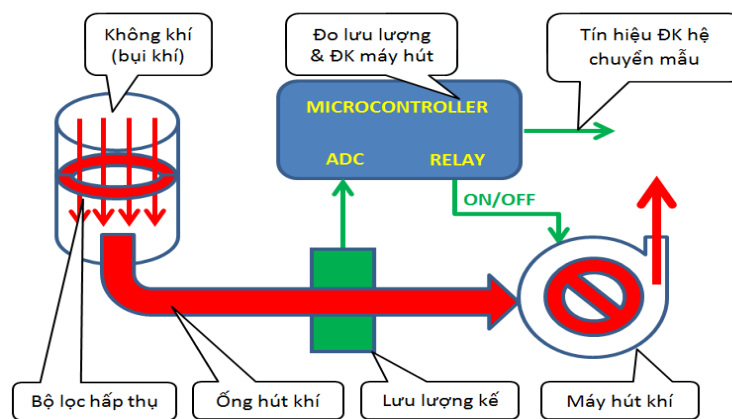
TE-5170 - thiết bị lấy mẫu hạt bụi lơ lửng trong môi trường không khí xung quanh (total suspended particulate, TSP) với tính năng điều khiển lưu lượng cho việc thu thập mẫu hạt chính xác và phù hợp. Bộ điều khiển lưu lượng điều chỉnh tốc độ mô tơ để duy trì tốc độ dòng khí đi qua trong toàn bộ thời gian lấy mẫu. Quá trình điều khiển lưu lượng khí, xác định thể tích khí được thực hiện bằng tay và không có hệ thống phân tích mẫu tự động. Để thực hiện các quá trình này hoàn toàn tự động yêu cầu phải thiết kế, chế tạo khối điện tử điều khiển, chế tạo khối cơ khí chuyên mẫu, cơ khí đầu đo cho hệ đo. Đồng thời là khối hệ điện tử phân tích (khối khuếch đại, khối MCA, ADC, vi xử lý) và hệ nguồn nuôi cho thiết bị



Sơ đồ khối của toàn thiết bị

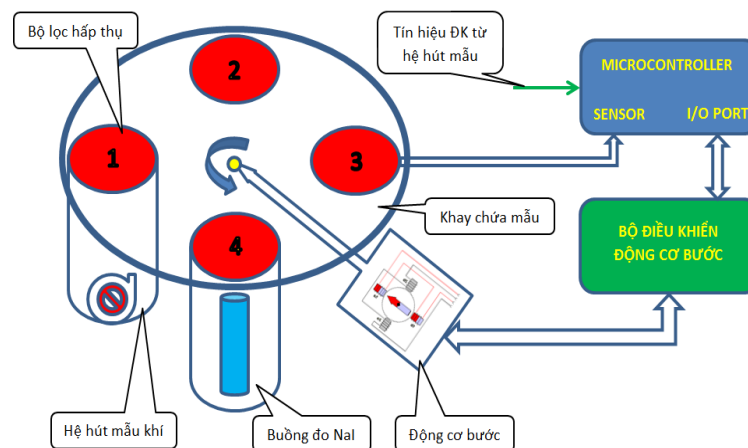
## 2.1 Khối điều khiển hút khí và chuyển mẫu tự động

**Khối điều khiển hút khí tự động:** Khối có chức năng điều khiển hút khí một cách tự động theo lưu lượng được đặt từ trung tâm điều khiển. Lưu lượng khí này cần đủ lớn để có thể phát hiện và phân tích các chất ô nhiễm trên màng lọc khí của hệ phân tích.



Sơ đồ khối hệ thống hút khí tự động

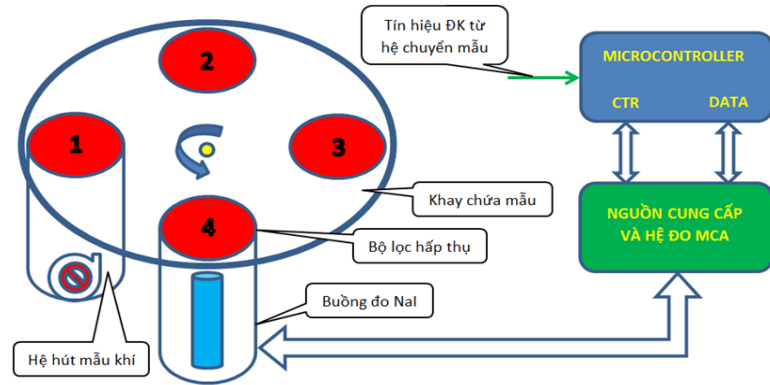
**Khối điện tử điều khiển chuyển mẫu:** Khối có chức năng điều khiển chuyển mẫu từ vị trí bơm hút sang vị trí đầu đo sau khi đã bơm hút xong, đồng thời chuyển mẫu mới vào vị trí sẵn sàng cho quá trình bơm hút sau.



Sơ đồ khối hệ thống chuyển mẫu tự động

## 2.2 Khối điện tử phân tích

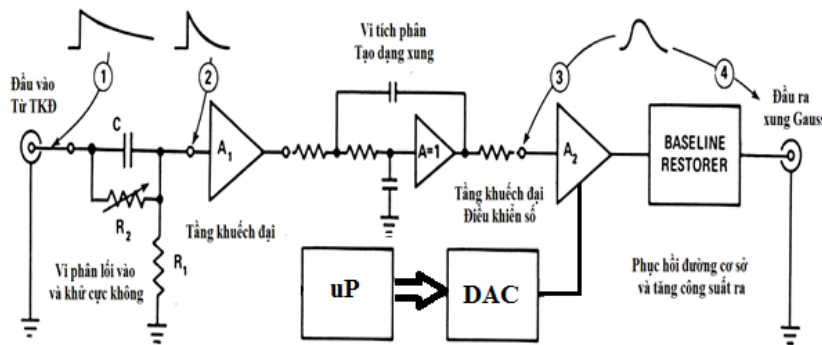
Khối điện tử phân tích là một hệ phân tích đa kênh MCA với đầu đo nhập nháy NaI. Mẫu khí sau khi được hút xong sẽ tự động chuyển sang hệ phân tích này để đo phổ năng lượng. Một hệ phân tích đa kênh gồm có bộ khuếch đại phổ và bộ biến đổi tương tự-số. Tín hiệu vào hệ phân tích đa kênh MCA là xung hạt nhân, tín hiệu ra là tín hiệu số.



Sơ đồ khối hệ điện tử phân tích

### Bộ khuếch đại phổ:

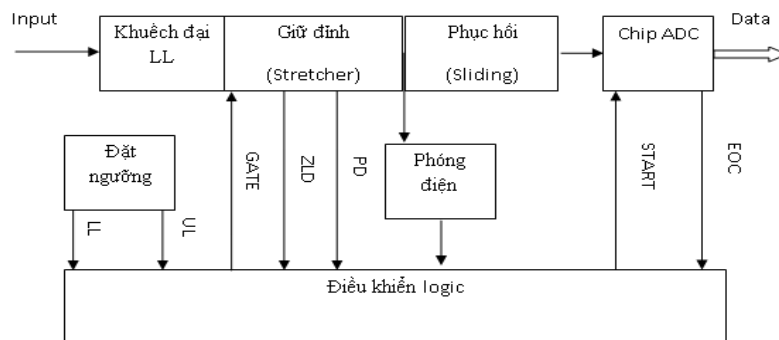
Biên độ tín hiệu tại lối ra của các tiền khuếch đại còn rất nhỏ cỡ mili Vôn, biên độ tín hiệu xử lý tốt nhất cho bộ biến đổi tương tự sang số là từ vôn đến chục vôn, vì vậy cần khuếch đại thêm tín hiệu ra từ tiền khuếch đại. Yêu cầu thông số của bộ khuếch đại là khuếch đại tín hiệu xung từ vài trăm minivon thành dạng xung Gauss độ rộng 6 $\mu$ s biên độ từ 0 đến 10V



Sơ đồ khối của bộ khuếch đại phổ

### Bộ biến đổi tương tự-số:

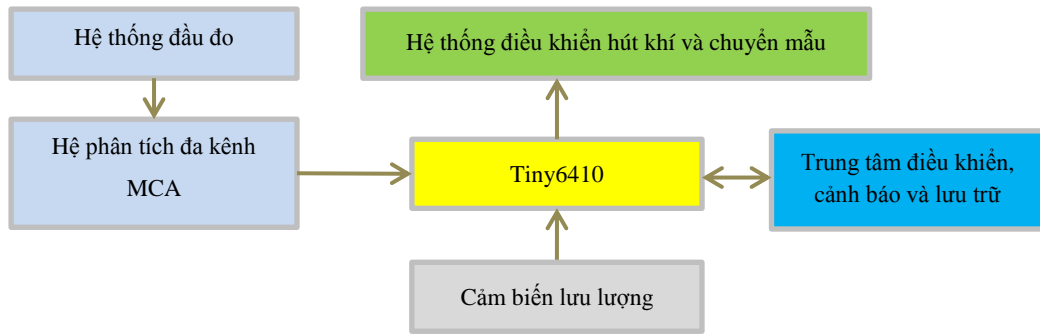
Tín hiệu xung sau khi qua khối khuếch đại phổ được đưa vào khối biến đổi tương tự - số, biến đổi thành tín hiệu số.



Sơ đồ khối bộ biến đổi tương tự số

### 2.3 Khối vi xử lý

Khối xử lý trung tâm có vai trò điều hành toàn bộ hoạt động của cả thiết bị, nhận thông tin về thể tích khối khí cần hút, điều khiển hệ bơm hút, điều khiển hệ chuyển mẫu để phân tích, nhận thông tin từ MCA, phân tích tính toán giá trị suất liều, nhận diện đồng vị và cuối cùng là truyền số liệu về trung tâm. Với yêu cầu thiết bị hoạt động ổn định, chính xác, tiêu thụ ít năng lượng chúng tôi đã lựa chọn modul vi xử lý Tiny6410 cho quá trình thiết kế. Đây là một bản mạch xử lý có hiệu năng cao, được thiết kế dựa trên kiến trúc ARM với những thông số kỹ thuật hiện đại và tiên tiến.

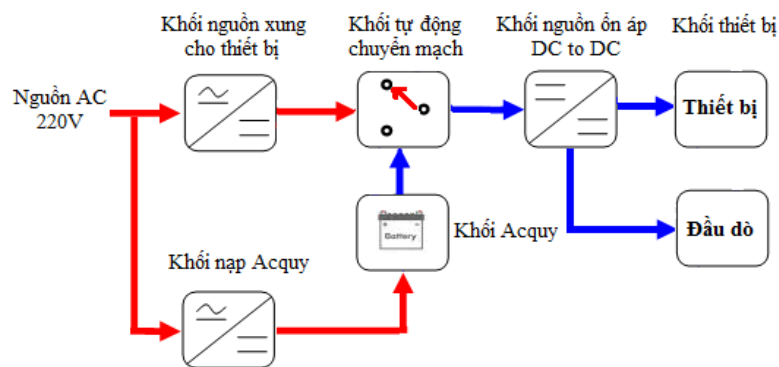


Sơ đồ khối thiết bị với module vi xử lý Tiny6410

### 2.4 Khối nguồn nuôi cho thiết bị

Yêu cầu thiết kế là bộ nguồn nuôi ổn áp cung cấp cho thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ với lối vào là nguồn điện lưới xoay chiều 220V và đầu ra là các thể ổn áp  $\pm 12V$ ,  $\pm 5V$ ,  $3.3 V$  với dòng cung cấp 1A.

Bộ nguồn nuôi phải duy trì cho thiết bị hoạt động thông suốt ngay cả khi mất điện. Do vậy ngoài nguồn điện lưới cung cấp cho thiết bị thì cần phải có một nguồn dự phòng và nguồn này phải tự động được kích hoạt khi nguồn điện lưới bị mất.



Sơ đồ khối nguồn nuôi cho thiết bị

Nguồn AC - 220V đi vào bộ nguồn xung, ở đầu ra ta được nguồn ỏ áp một chiều 12V với dòng 3A. Điện áp một chiều 12V này sẽ đưa tới bộ ỏ áp và chuyển đổi DC – DC để tạo ra các điện áp một chiều ổn áp  $\pm 12V$ ,  $\pm 5V$ ,  $3.3 V$ .

Nguồn AC – 220V cũng đồng thời đi vào nạp cho Ac quy 12V/450mA. Khi bị mất điện lưới, chuyển mạch tự động sẽ tự động lấy nguồn từ Ac quy cung cấp cho thiết bị và đầu dò.

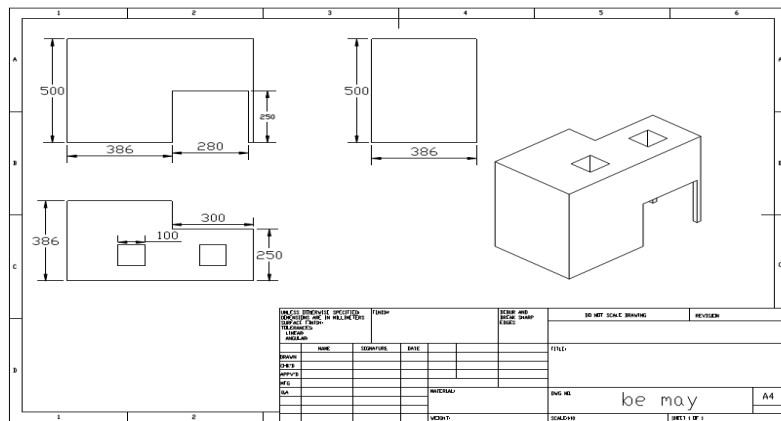
Với đầu dò NaI cần cung cấp một cao áp, trong thiết kế này đã sử dụng một bộ cao áp của hãng HAMAMATSU Model C4900. Điện áp cung cấp là  $+12V \pm 0,5V$ , điện áp đầu ra là từ 0 đến  $+1250V/0,5mA$ .

### III: THIẾT KẾ CƠ KHÍ HỆ BƠM HÚT MẪU KHÍ

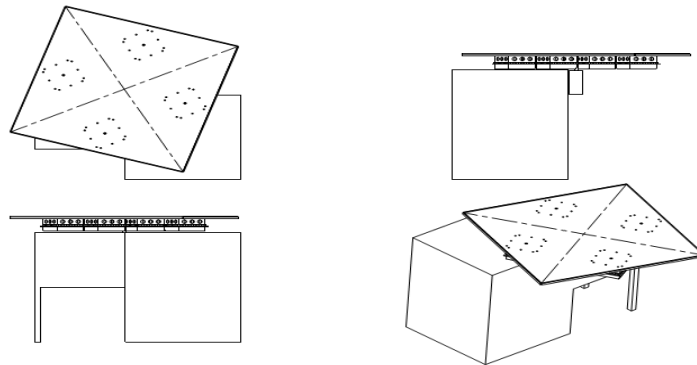
Như đã trình bày ở trên, với thiết bị lấy mẫu TE5170 ban đầu, các thao tác như đặt lưu lượng khí cần hút, đặt thời gian hút, lấy mẫu phân tích hay đặt mẫu mới đều được thực hiện bằng tay và thao tác trực tiếp trên thiết bị. Do vậy, bên cạnh hệ điện tử điều khiển, cần có thêm hệ cơ khí phục vụ đi kèm. Các kết cấu cơ khí cần thiết kế bao gồm:

- Cơ khí nắp đậy
- Cơ khí giá đỡ và chuyển mẫu tự động vào buồng đo
- Cơ khí hộp đựng mẫu
- Cơ khí hệ đầu đo và giảm phong

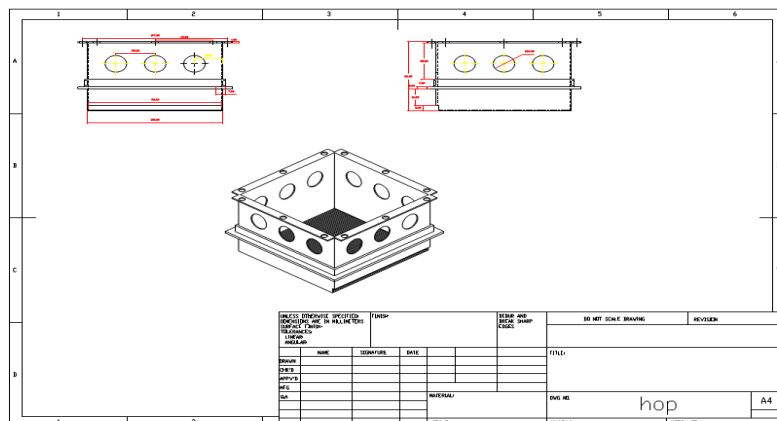
Với yêu cầu đặt ra là hệ cơ khí đảm bảo tính ổn định, chắc chắn, thiết kế có tính thẩm mỹ. Các kết cấu cơ khí được làm từ Inox có khả năng chống oxy hóa.



*Bản vẽ thiết kế cơ khí cho nắp đậy và hệ đầu đo*



*Bản vẽ thiết kế hệ chuyển mẫu*



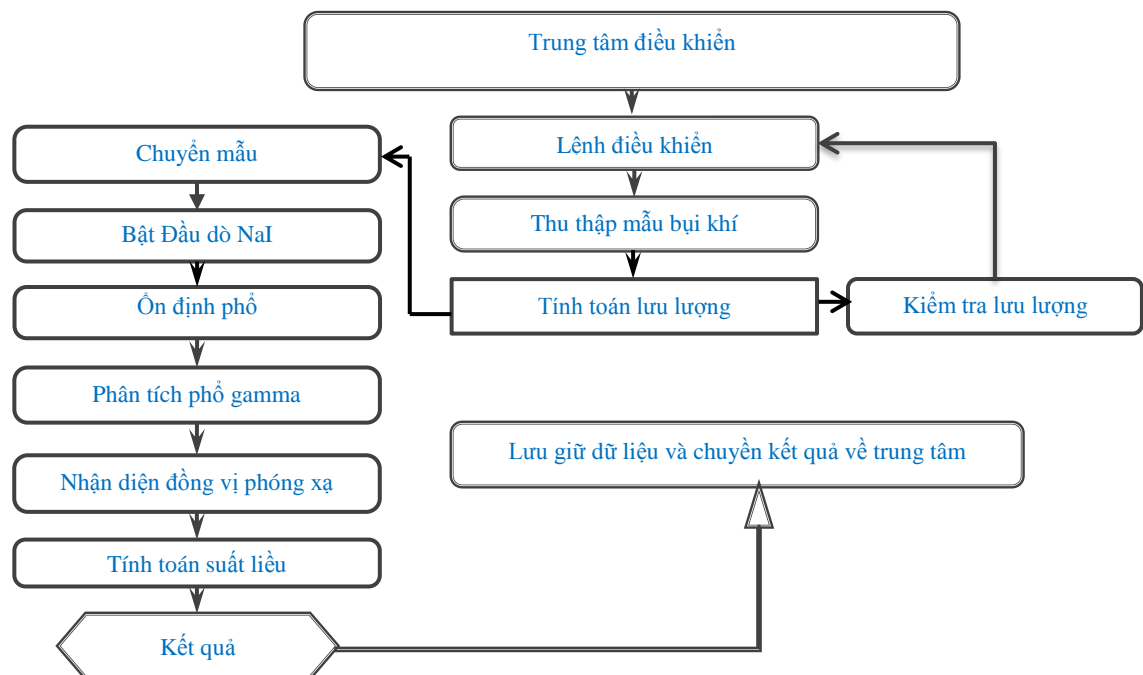
*Bản vẽ thiết kế cho hộp đựng mẫu*

#### IV: THIẾT KẾ PHẦN MỀM

Các phần mềm trên thiết bị được hoạt động độc lập và được quản lý bởi một chương trình quản lý tiến trình. Các phần mềm thì được thiết lập độ ưu tiên hoạt động là khác nhau. Chương trình quản lý các tiến trình sẽ kiểm tra sự hoạt động của các phần mềm, nếu phần mềm nào không hoạt động sẽ ghi lại và truyền về Trung tâm. Một số phần mềm phục vụ hoạt động của thiết bị như:

- Phần mềm thu nhận và xử lý số liệu từ MCA
- Phần mềm quản lý các tiến
- Phần mềm điều khiển hệ thống tự động thu thập mẫu bụi
- Phần mềm chuyển mẫu tự động:
- Phần mềm đo và tính toán lưu lượng mẫu bụi
- Chuyển phổ ghi được thành liều bức xạ cho đầu đo NaI (3"x 3")...

Chương trình chính được trình bày trong lưu đồ dưới đây.

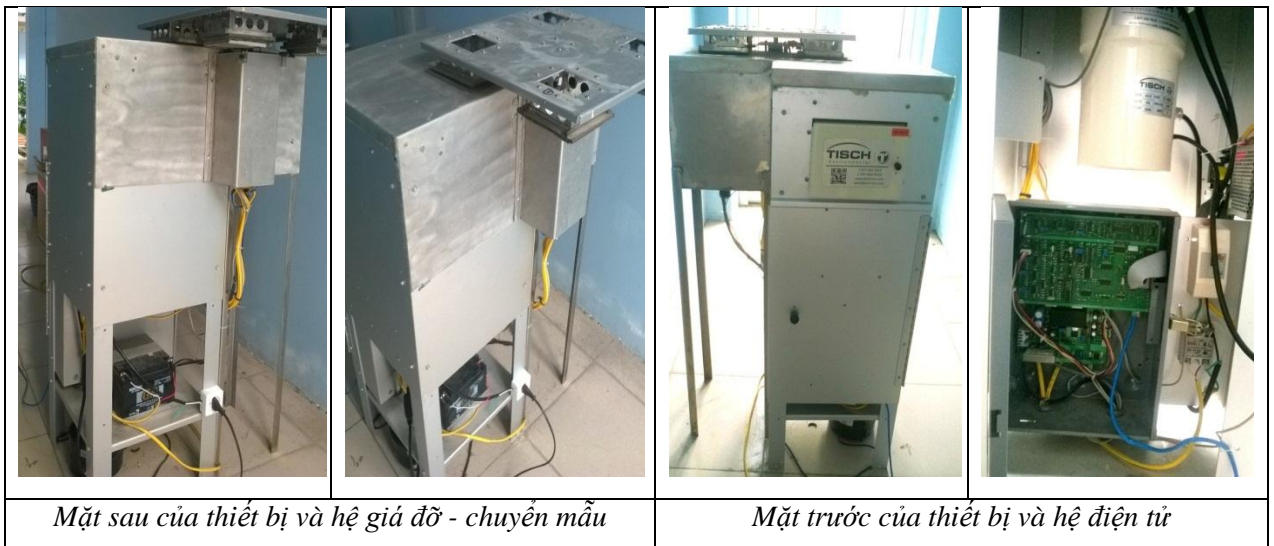


Lưu đồ thuật toán điều khiển hoạt động thiết bị

#### III: KẾT QUẢ

Sau khi hoàn thành quá trình thiết kế và chế tạo, chúng tôi đi hoàn thiện lắp ghép, kết nối các khối thành thiết bị quan trắc phóng xạ tự động thu thập mẫu bụi khí môi trường hoàn chỉnh. Đồng thời tiến hành chạy thử nghiệm, hiệu chuẩn và kết quả cho thấy thiết bị hoạt động ổn định, xác định tốt mức phóng xạ môi trường. Các quy trình tính toán thể tích khí, điều khiển bơm hút, chuyển mẫu và phân tích hoàn toàn tự động theo yêu cầu từ trung tâm điều khiển.

Dưới đây là các kết quả đo được ghi nhận bằng phần mềm ERMS KC05 với 4 mẫu phin lọc được đặt sẵn trên hệ chuyển mẫu. Các kết quả đo cũng cho thấy không có bất thường về ô nhiễm phóng xạ trong không khí tại vị trí đánh giá. (Trung tâm chiếu xạ Hà Nội)

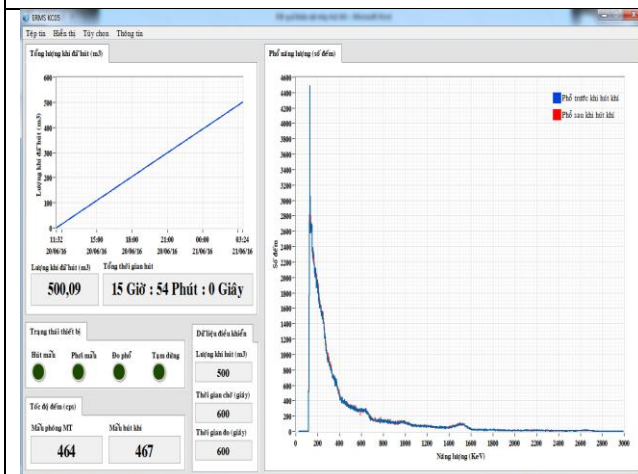


Mặt sau của thiết bị và hệ giá đỡ - chuyển mẫu

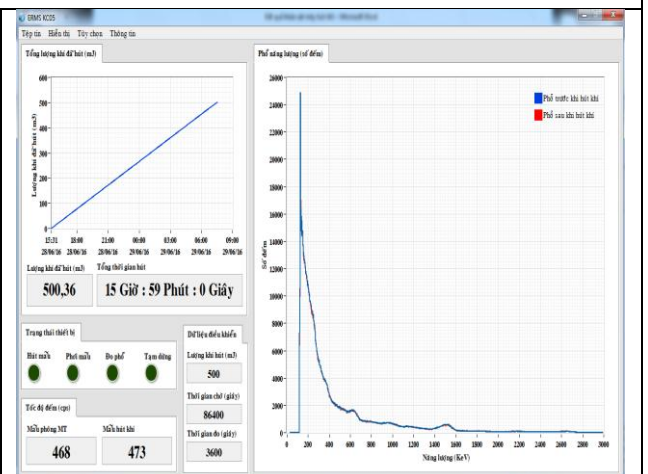
Mặt trước của thiết bị và hệ điện tử

**Bảng tổng hợp kết quả thiết bị hút mẫu khí tự động**

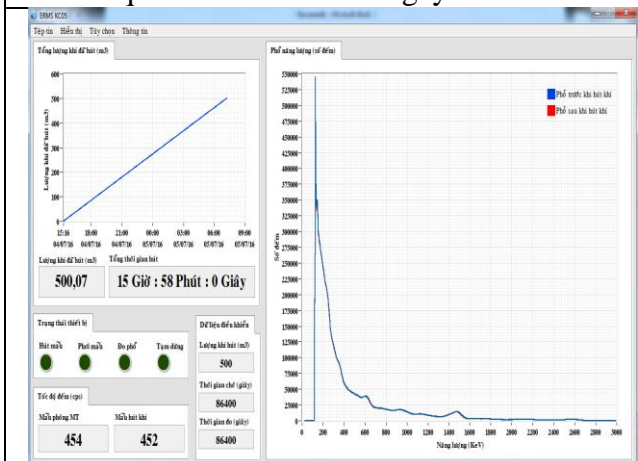
Thời gian	Khối lượng khí hút (m <sup>3</sup> )	Thời gian phơi mẫu	Thời gian đo	Tốc độ đếm (CPS)		Chênh lệch tốc độ đếm (CPS)
				Trước khi hút	Sau khi hút	
20/06/2016	500	20 phút	10 phút	464	467	3
28/06/2016	500	25 giờ	1 giờ	468	473	5
04/07/2016	500	2 ngày	1 ngày	454	452	2
11/07/2016	600	2 ngày	1 ngày	455	451	4



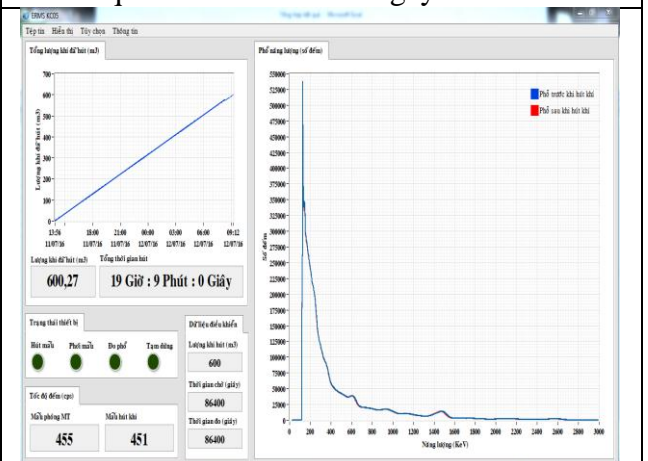
Kết quả khảo sát 500 m<sup>3</sup> ngày 20/06/2016



Kết quả khảo sát 500 m<sup>3</sup> ngày 28/06/2016



Kết quả khảo sát 500 m<sup>3</sup> ngày 04/07/2016



Kết quả khảo sát 600 m<sup>3</sup> ngày 11/07/2016



#### **IV: KẾT LUẬN**

Nhóm thực hiện nghiên cứu đã chế tạo thành công thiết kế thiết bị quan trắc phóng xạ có hệ thống chuyển mẫu tự động. Thiết bị hoạt động với chức năng quan trắc ô nhiễm phóng xạ không khí, phát hiện đồng vị phóng xạ trong không khí. Được kết nối với trung tâm qua mạng internet ADSL/cáp quang hoặc mạng viễn thông 2,5G/3G. Các lệnh điều khiển được gửi từ trung tâm và thiết bị hoạt động hoàn tự động (bơm hút khí, chuyển mẫu, phân tích, lưu trữ số liệu và truyền về trung tâm). Khi cả 4 mẫu trên hệ được sử dụng hết thiết bị sẽ báo cho người điều hành đến để thay mẫu mới.

Dữ liệu sau khi phân tích xong được lưu vào bộ nhớ của modul vi xử lý và truyền về trung tâm điều khiển. Thiết bị đảm bảo hoạt động 24h nếu xảy ra sự cố mất điện lưới.

Các kết quả đạt được là rất khả thi. Đây là tiền đề hướng tới mục tiêu thương mại hóa sản phẩm. Góp phần hoàn thiện mạng lưới quan trắc và cảnh báo phóng xạ quốc gia.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. *TE-5170 Total Suspended Particulate MFC High Volume Air Sampler.*
2. *Operations manual, Tisch Environmental, Inc, USA.*
3. *Tiny6410 User Manual - FriendlyARM Co., Ltd*
4. *Franklyn Clikeman; Nuclear Detectors.*
5. *J.Pahor, Slovenia; Nucleonics - Analog – Experiments.*
6. *Dušan Ponikvar ; Digital electronics, Slovenia, 2001*
7. *ARM-SoC Architecture – Steve Furber – Addison Wesley Publishing*
8. *ARM Development Suite – Assembler Guide – ARM Limited*
9. *Switching power supply; Prentice Hall 1998.*