

**THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ SỬ DỤNG ĐẦU ĐO NHẬP NHÁY TRONG CÁC TRẠM QUAN TRẮC MÔI TRƯỜNG Ở VIỆT NAM**

**Phạm Đình Khang**

Viện Nghiên cứu hạt nhân, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam

Email: phamdinhhkhang9@yahoo.com.vn

(Ngày nhận bài: 30/8/2024, ngày nhận bài chỉnh sửa: 9/9/2024, ngày duyệt đăng: 13/9/2024)

**TÓM TẮT**

*Thực tế cho thấy rằng các kết quả đo đặc phóng xạ trong môi trường bằng đầu đo nhấp nháy phụ thuộc vào nhiệt độ của đầu đo. Trong bài báo này, chúng tôi quan tâm tới vấn đề thiết kế, chế tạo và sử dụng đầu đo nhấp nháy làm công cụ đo bức xạ ngoài trời, đồng thời sự phụ thuộc nhiệt độ của kết quả được loại bỏ thành công. Vị trí đỉnh 662 keV thay đổi chưa đến 1% khi nhiệt độ đầu đo thay đổi từ 10<sup>0</sup>C đến 40<sup>0</sup>C.*

**Từ khóa:** Đầu đo nhấp nháy, sự phụ thuộc nhiệt độ, sự ổn định hệ số khuếch đại

**1. Mở đầu**

Có ba loại đầu đo thường được sử dụng để ghi đo bức xạ gamma là đầu đo bán dẫn, đầu đo nhấp nháy và ống đếm Geiger muller (GM). Các loại đầu đo này đều có những ưu nhược điểm riêng như: Đầu đo bán dẫn có độ phân giải năng lượng cao để phân tách các chuyển dời gamma từ các đồng vị khác nhau nhưng đắt tiền (không thể trang bị với số lượng lớn) và đòi hỏi sử dụng hệ làm lạnh bằng nitơ lỏng (chi phí vận hành cao). Các đầu đo nhấp nháy đòi hỏi chi phí thấp hơn nhưng các kết quả sử dụng lại bị thay đổi theo nhiệt độ của môi trường và nhiệt độ của hệ đo. Các ống đếm GM đơn giản và chi phí thấp, nhưng chỉ cho ra kết quả là phân bố số đếm theo thời gian để tính suất liều (với sai số lớn) và không cung cấp được các thông tin chi tiết hơn về môi trường bức xạ. Từ đánh giá tổng thể như vậy, rõ ràng là không thể trang bị các trạm quan trắc môi trường bằng các hệ đo sử dụng đầu đo bán dẫn. Điều này đã được chứng minh rằng trong thực tế, các trạm quan trắc môi trường và các cơ sở ứng dụng bức xạ trong hoạt động thường

ngày, số lượng các đầu đo nhấp nháy và các ống đếm GM chiếm tỉ lệ rất lớn. Do các ống đếm GM chỉ đếm được số lượng tia bức xạ đi đến ống đếm theo thời gian chứ không cho các kết quả về phổ năng lượng tia bức xạ nên định hướng sử dụng các đầu đo nhấp nháy đang dần được phát triển mạnh hơn.

Các lí do kết quả đo bằng đầu đo nhấp nháy không ổn định do các nguyên nhân từ môi trường chủ yếu như sau:

- Độ ra sáng (số lượng photon được tạo nên trên một MeV năng lượng của lượng tử gamma bị hấp thụ trong chất nhấp nháy) của tinh thể nhấp nháy phụ thuộc vào nhiệt độ.

- Hệ số phát xạ electron của quang âm cực và các đi nốt trong ống nhân quang điện cũng thay đổi theo nhiệt độ.

- Cao áp và các thông số của hệ điện tử như khuếch đại, hệ thống phân tích biên độ xung cũng chịu tác động của nhiệt độ môi trường.

Trong ba nguyên nhân trên thì hai nguyên nhân đầu là quan trọng nhất. Vì lí do đó, đã có nhiều biện pháp để ổn định

số liệu đo đã được thực hiện nhằm xử lý hai quá trình nói trên.

- Điều chỉnh hệ số khuếch đại bằng cách chia một đỉnh phổ ở vùng năng lượng cao thành hai phần và so sánh với nhau để tăng hoặc giảm hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại tùy theo mức độ và chiều hướng thay đổi của hai phần này. Đỉnh phổ này có thể do tia phóng xạ tự nhiên do môi trường phát ra như  $K^{40}$  hoặc bổ sung một đồng vị phóng xạ như  $Am^{241}$  vào lõi tinh thể nhấp nháy.

- Điều chỉnh hệ số khuếch đại bằng so sánh tương quan về vị trí một số đỉnh phổ thu được trong một khoảng thời gian nào đó. Các đỉnh phổ này do đồng vị phóng xạ phát ra hoặc phát chùm sáng laser/quang điốt có số photon ổn định vào ống nhân quang điện.

- Ổn định nhiệt độ cho tinh thể nhấp nháy và ống nhân quang điện bằng hệ làm mát hoặc chọn lựa nhấp nháy có độ ra sáng ổn định, ít thay đổi theo nhiệt độ. Ngoài ra, cũng có thể sử dụng các linh kiện chất lượng cao và/hoặc sơ đồ điện tử thích hợp để giảm thiểu tác động của nhiệt độ môi trường.

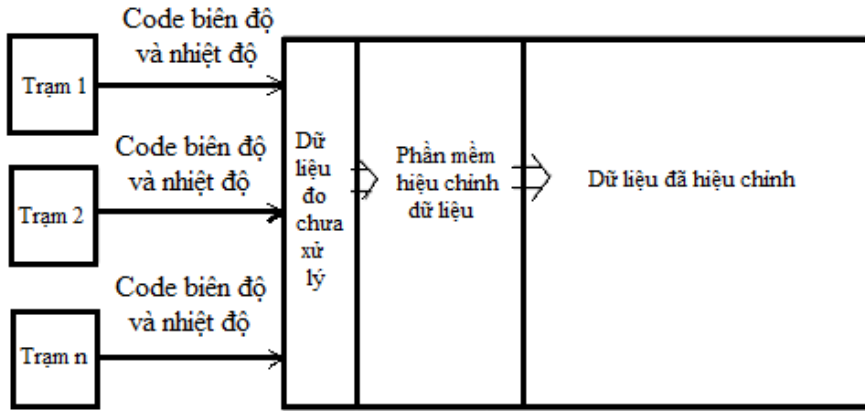
Các phương pháp trên đã được hãng Saint Gobain (và nhiều hãng chế tạo thiết bị ghi đo bức xạ) sử dụng trong chế tạo các đầu đo nhấp nháy với độ trôi vị trí đỉnh dưới 5% trong dải  $-20 \div 50^{\circ}\text{C}$ . Nhìn chung, các sơ đồ điện tử cho các hệ thống nói trên đều phức tạp, tăng số lượng và mật độ linh kiện của hệ đo và giá thành chế tạo thiết bị tăng lên một cách rõ rệt, khó bảo trì, bảo dưỡng hoặc sửa chữa.

## **2. Hướng giải quyết và kết quả thử nghiệm ở Việt Nam**

Tác giả bài viết đã bắt đầu những phác thảo để nghiên cứu, thiết kế và đẩy mạnh việc sử dụng đầu đo nhấp nháy vào quan trắc môi trường và các ứng dụng khác vào năm 2018 cùng với nghiên cứu sinh của mình. Các nghiên cứu này vẫn đang được tiếp tục với sự hợp tác với Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt và Viện Hóa học và Môi trường quân sự. Có hai kết quả nổi bật hoàn toàn độc lập với ba phương thức trên thế giới được nêu ở phần trên là: Bằng phương pháp ghi code biên độ đã hoàn thiện việc hiệu chỉnh phổ bức xạ ghi đo được và sử dụng linh kiện dân dụng quang điốt thác lữ S8664-1010 (và cả S8664-0505) làm hệ biến đổi quang điện thay thế các ống nhân quang điện PMT trong các đầu đo nhấp nháy.

### ***Phương pháp hiệu chỉnh phổ từ code biên độ xung thu được***

Việc thiết kế mô hình tổng thể được đưa ra ở hình 1. Từ yêu cầu chi phí trang bị hệ đo sử dụng đầu đo nhấp nháy với chi phí thấp, đã phác thảo hệ đo truyền code biên độ về trạm trung tâm mà không dựng phổ và truyền phổ về trạm trung tâm. Với phần mềm hiệu chỉnh code biên độ và máy tính ở trung tâm, dễ dàng và nhanh chóng dựng lại các phổ thể hiện số liệu đo bức xạ gamma ở các trạm hoặc trích xuất các thông tin khác tùy theo nhu cầu. Điều này cho phép tiết kiệm rất đáng kể chi phí để xây dựng mạng lưới quan trắc (các trạm chỉ cần truyền số liệu bức xạ và nhiệt độ hệ đo về trung tâm, không phải cải tiến, nâng cấp).



**Hình 1:** Sơ đồ thu thập số liệu và hiệu chỉnh phổ

Thuật toán hiệu chỉnh phổ như sau:

Kết quả ghi đo được thể hiện bằng ma trận một chiều với các phần tử ma trận là code biên độ (giá trị biên độ xung được ADC mã hóa sang số nguyên). Nếu thời gian đo dài mà nhiệt độ trong quá trình đo thay đổi, cần chia số liệu đo ra nhiều khoảng, đảm bảo sự thay đổi nhiệt độ trong các khoảng liên tiếp nhau thay đổi không quá 0,5°C. Năng lượng của tia bức xạ mà đầu đo đã ghi được tính theo công thức (1) sau với  $C_i$  là code biên độ ở đoạn phổ thứ  $i$ :

$$E(C_i) = a * C_i + b \quad (1)$$

Nếu như chọn một nhiệt độ tham chiếu  $T_0$  (thường chọn 25°C – điểm giữa của dải nhiệt độ ở Việt Nam trong các phép đo) thì phương trình trên viết lại là:

$$E(C_{i,o}) = a_o * C_{i,o} + b_o \quad (2)$$

Tất nhiên, các tham số  $a$  và  $b$  phụ thuộc nhiệt độ. Khi nhiệt độ  $T_0 \rightarrow T_k$ , vị trí kênh tương ứng với đỉnh năng lượng sẽ dịch chuyển  $C_{i,o} \rightarrow C_{i',k}$ .

$$\begin{aligned} E(C_{i',k}) &= a_k * C_{i',k} + b_k = \\ E(C_{i,o}) &= a_o * C_{i,o} + b_o \end{aligned} \quad (3)$$

(do năng lượng tia gamma không đổi mà chỉ có code biên độ thay đổi khi các hệ số  $a$  và  $b$  thay đổi theo nhiệt độ).

Từ phương trình (3) ta dễ dàng thiết lập được mối quan hệ giữa vị trí kênh tại nhiệt độ tham chiếu và vị trí kênh sau khi nhiệt độ thay đổi theo công thức (4):

$$\begin{aligned} C_{i,o} &= \frac{a_k * C_{i',k} + b_k - b_o}{a_o} \\ &= \frac{a_k}{a_o} C_{i',k} + \frac{b_k - b_o}{a_o} \end{aligned} \quad (4)$$

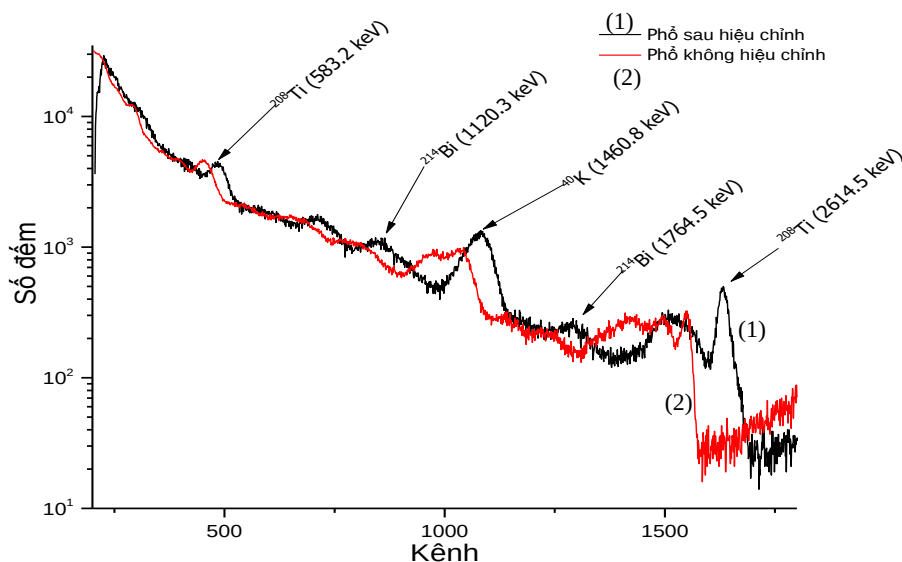
Các hệ số  $a_k, b_k, a_o$  và  $b_o$  chính là các hệ số của các đường chuẩn năng lượng của các đoạn số liệu ở từng nhiệt độ cụ thể  $T_k$  và  $T_0$ . Việc dựng lại phổ từ các code biên độ sau khi hiệu chỉnh về nhiệt độ tham chiếu  $T_0$  sẽ cho phổ bức xạ đo kéo dài như đo trong một khoảng thời gian ngắn (tức là đã loại trừ được sự trôi dịch phổ do nhiệt độ môi trường thay đổi). Kết quả việc hiệu chỉnh này được thể hiện trên hình 2.

Từ bộ code đo trong 24 giờ, đã chia thành 144 đoạn phổ (10 phút một đoạn) và tính lại code biên độ 143 đoạn theo 1 đoạn làm tham chiếu. Sau đó tích lũy thành phổ (đường (1)), còn đường (2) tương ứng với trường hợp tích lũy thành

phổ luôn, không qua bước hiệu chỉnh các đoạn phổ theo nhiệt độ.

Đường (2) ở hình 2 cho thấy rằng: Càng về phía năng lượng cao, đỉnh phổ càng tòe rộng và rõ ràng là độ phân giải của đỉnh và tòi đi rất nhiều – như đỉnh 1764,5 keV của  $\text{Bi}^{214}$  không hiện ra rõ ràng. Hoặc như đỉnh 1460,8 keV của  $\text{K}^{40}$

trên hình 2 có thể coi là sự chồng chập của hai đỉnh gamma ở gần nhau. Sau khi hiệu chỉnh số liệu đo được theo nhiệt độ theo phương án ở trên, đã thu được đường phổ (1). Các đỉnh phổ trở nên rõ ràng, có độ rộng hẹp đi và tỉ số độ cao đỉnh trên phông tăng lên.



**Hình 2:** Phổ gamma môi trường đo trong 24 giờ có hiệu chỉnh và không hiệu chỉnh nhiệt độ

Việc nhận diện các đỉnh chuyển dời gamma trên đường phổ (1) sau khi hiệu chỉnh dễ dàng và kết quả tính toán trở nên tốt hơn.

#### **Phương pháp điều chỉnh tự động của hệ đo**

Một số đánh giá các nghiên cứu nói trên tạo nên tiền đề để xây dựng phương pháp tự động điều chỉnh phổ của nghiên cứu này:

- Phương pháp ổn định phổ được Knoll (1989) đưa ra bằng cách chia đôi một đỉnh phổ để so sánh hai phần, dựa trên sự chênh lệch của hai phần phổ điều chỉnh hệ số khuếch đại để quay lại trạng thái cân bằng. Sự điều chỉnh này tốt hay xấu phụ thuộc vào độ chính xác thống kê

của hai phần nói trên, với các hệ đo môi trường do tốc độ đếm không cao (hoạt độ phóng xạ thấp) thì lại càng không tối ưu. Muốn tăng độ chính xác và kịp thời điều chỉnh hệ khuếch đại thì phải gắn thêm nguồn phóng xạ vào đầu đo và xem xét hai phần của đỉnh do nguồn gắn thêm tạo ra. Cách giải quyết này lại tăng thời gian chết của hệ đo và tăng nền phông trong phổ ghi được khi các lượng tử gamma tương tác với chất nhấp nháy theo cơ chế tán xạ Compton, chưa kể việc xin giấy phép trang bị và xử lý các đầu đo có gắn nguồn phóng xạ là câu chuyện phải tính đến. Hãng Saint Gobain xử lý bằng cách dùng tia alpha 5,49 MeV do  $\text{Am}^{241}$  (tạo đỉnh tương đương chuyển dời gamma

3,81 MeV) được nhồi vào giữa tinh thể nhấp nháy phát ra để điều chỉnh hệ số khuếch đại cũng là phương án khá thú vị. Việc tích lũy số đếm để đảm bảo đủ thống kê nhằm điều khiển hệ số khuếch đại chính xác cũng là một vấn đề cần lưu ý.

- Việc sử dụng nhiều đỉnh của phổ tia gamma của môi trường để thay đổi hệ số khuếch đại cũng vì lí do nói trên mà không hiệu quả (Ianakiev K., Alexandrov, B., Littlewood, P. & Browne, M., 2006).

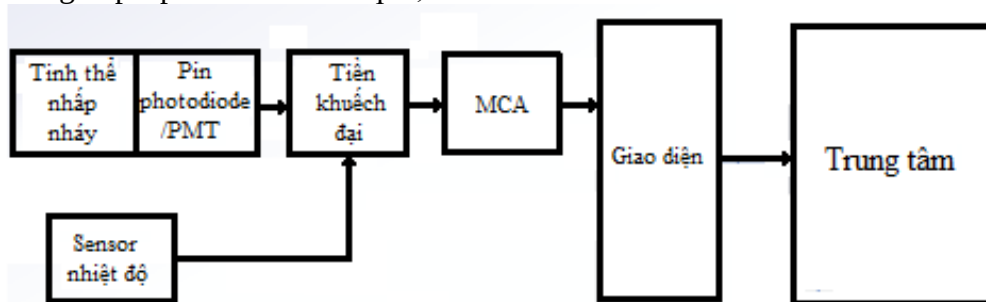
- Việc sử dụng các xung sáng laser cũng làm tăng thời gian chết của hệ đo và tệ hơn là số photon do đi ốt hệ laser cũng thay đổi theo nhiệt độ của đi ốt (tức là nhiệt độ của môi trường) (Moszynski, M., Nassalski, A., Syntfeld-Kazuch, A. & Szcześniak, T., Czarnacki, W., Wolski, D., Pausch, G. & Stein, J., 2006). Điều này dẫn tới vị trí đỉnh phổ do chùm laser phát ra cũng thay đổi theo nhiệt độ.

- Việc làm lạnh đầu đo và hệ đo không phải là giải pháp tối ưu về kinh phí, đơn

giản về kĩ thuật đối với các trạm quan trắc và hệ đo di động (Saucke, K., Pausch, G., Stein, J. & Ortlepp, H. G., 2005).

- Phương pháp hiệu chỉnh phổ được trình bày trong phần trên của bài báo này cần có kĩ sư ngành hạt nhân xử lí số liệu, nhất là khi số trạm quan trắc tăng lên thì bắt đầu xuất hiện khó khăn do dữ liệu có khối lượng lớn.

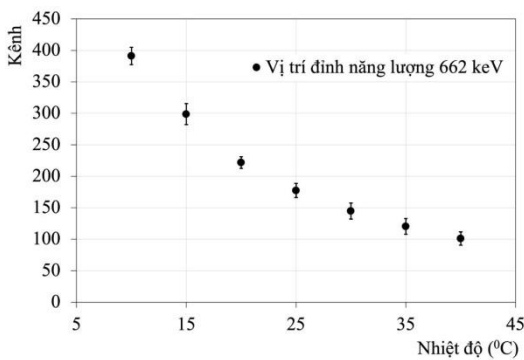
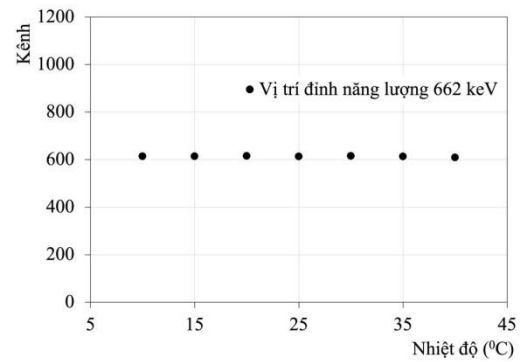
Tất cả các phương pháp nói trên đều đòi hỏi lượng kinh phí bổ sung lớn hoặc đòi hỏi người được đào tạo kĩ lưỡng. Đó là thực tế và tác giả bài báo đề xuất một phương pháp chi phí rất thấp (thấp hơn hàng ngàn lần so với các phương án đã nêu) và tốc độ phản ứng của hệ đo với nhiệt độ cao hơn hẳn, không phụ thuộc tốc độ đếm xung, không cần gắn thêm nguồn phóng xạ vào đầu đo để giải quyết các vấn đề nói trên. Theo phương án này, hoàn toàn có thể cải tạo các đầu đo nhấp nháy kiểu cũ thành đầu đo nhấp nháy có ổn định phổ, loại trừ ảnh hưởng của nhiệt độ tới kết quả đo đạc. Cấu trúc hệ đo như ở hình 3.



**Hình 3:** Sơ đồ cấu trúc hệ đo được đề xuất

Sensor đo nhiệt độ của đầu đo được ghép với tiền khuếch đại để điều khiển hệ số khuếch đại xung ra từ Pin photodiode hoặc PMT đảm bảo vị trí đỉnh luôn ổn định không thay đổi theo nhiệt độ trong dải từ 10 đến 40°C (và có thể mở rộng hơn). Chi phí cho hệ đo có ổn định phổ như vậy gần như không khác

các hệ đo không có ổn định phổ và hoàn toàn có thể cải tiến các hệ đo không có ổn định phổ thành hệ đo mà kết quả không thay đổi theo nhiệt độ. Việc thử nghiệm được tiến hành với nguồn đồng vị  $\text{Cs}^{137}$  và kết quả được thể hiện trên hình 4a, 4b:

**Hình 4a:** Không có hệ ổn định hệ số biến đổi**Hình 4b:** Có hệ ổn định hệ số biến đổi

Các số liệu thu thập được từ hệ thử nghiệm cho thấy khi không có hệ ổn định hệ số biến đổi, vị trí đỉnh 662 keV giảm từ kênh 391 xuống kênh 103 (giảm 4 lần) khi nhiệt độ đầu đo tăng từ 10 lên 40°C. Còn khi có hệ ổn định hệ số khuếch đại, vị trí đỉnh 662 keV giảm từ kênh 616 xuống kênh 610 (thay đổi cỡ 1%). Có thể kết luận rằng các thử nghiệm đã cho những kết quả rất đáng khích lệ về tính hiệu quả và kinh tế của phương pháp mới.

Knoll (1989) chỉ ra việc chia đỉnh phổ để điều khiển hệ số khuếch đại xử lý được một loạt các yếu tố tạo nên sự dịch đỉnh. Tuy nhiên, nhược điểm của cách làm này là chậm, không đạt chất lượng cao như mong muốn và phức tạp, chi phí cao, không hiệu quả khi tốc độ đếm thấp. Do đánh giá được vai trò các yếu tố tạo nên sự dịch phổ nên phương pháp đo nhiệt độ để điều chỉnh hệ số khuếch đại đã đạt được kết quả tốt hơn hẳn cho dù đây mới là những kết quả thử nghiệm ban đầu.

### 3. Việc xây dựng các trạm quan trắc phóng xạ ở Đồng Nai

Đồng Nai là một tỉnh phát triển mạnh về kinh tế bao gồm cả công nghiệp, nông nghiệp, giao thông vận tải

và an sinh xã hội. Đồng Nai đã được phê duyệt về chiến lược phát triển toàn diện kinh tế và xã hội thời kỳ 2021-2030 với tầm nhìn đến năm 2050. Về quan trắc môi trường khí, nước mặt, nước ngầm và đất, Đồng Nai dự kiến xây dựng trên 500 trạm quan trắc. Đó là những dự kiến rất tốt để phục vụ cho sự phát triển bền vững, lâu dài cho phát triển kinh tế và có môi trường xanh, an lành. Đi kèm theo đó cần phải có những khoản chi phí rất lớn nếu như mua sắm thiết bị từ nước ngoài. Để tối ưu, tiết kiệm chi phí cho công việc này, các nhà khoa học sinh sống, công tác ở Đồng Nai và Sở Khoa học và Công nghệ nên có những nghiên cứu và chế tạo, vận hành các thiết bị quan trắc – và quan trắc số liệu phóng xạ trong không khí, nước và vật liệu xây dựng là một phần công việc - để có phương án sử dụng tốt nhất. Nhất là khi Trung tâm khoa học công nghệ mới và sân bay Long Thành được xây dựng và đi vào hoạt động, các cảng, mỏ khoáng sản được khai thác ngày càng nhiều ở Đồng Nai.

Phương án sử dụng đầu đo nhấp nháy với những cải tiến theo các hướng thiết kế, chế tạo được cung cấp trong bài và việc số hóa thiết bị đo sẽ giúp giảm

chi phí mua sắm, có tuổi thọ kéo dài, đáp ứng tốt về các thông tin cần thiết, dễ vận hành và bảo dưỡng, sửa chữa khi cần thiết.

#### 4. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu trong bài báo có thể sẽ được áp dụng rất thành công trong tương lai với chi phí thấp, không đáng kể cho việc phát triển kỹ thuật ghi đo bức xạ và xây dựng các trạm quan trắc môi trường phóng xạ.

Phương pháp hiệu chỉnh phổ từ code biên độ đã được Cục Sở hữu trí tuệ Việt Nam công nhận là Giải pháp hữu ích và được công bố trên tạp chí Radiation Protection Dosimetry tháng 3/2020. Phương pháp điều chỉnh phổ tự động đang chờ Cục Sở hữu trí tuệ Việt Nam xét duyệt cấp bằng sáng chế. Hy vọng các nghiên cứu này sẽ được đón nhận và tiếp tục phát triển ở Đồng Nai.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ianakiev, K., Alexandrov, B., Littlewood, P. & Browne, M. (2006). Temperature behavior of NaI (Tl) scintillation detectors. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A Accelerators Spectrometers Detectors and Associated Equipment*, 607(2), 432-438. DOI:10.1016/j.nima.2009.02.019.
- Knoll, G. F. (1989). *Radiation Detection and Measurement*. Wiley.
- Moszynski, M., Nassalski, A., Syntfeld-Kazuch, A. & Szcześniak, T., Czarnacki, W., Wolski, D., Pausch, G. & Stein, J. (2006). Temperature dependences of LaBr<sub>3</sub>(Ce), LaCl<sub>3</sub>(Ce), and NaI(Tl) scintillators. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 568(2), 739-751. DOI: 10.1016/j.nima.2006.06.039.
- Saucke, K., Pausch, G., Stein, J. & Ortlepp, H. G. (2005). Stabilizing scintillation detector systems with pulsed LEDs: a method to derive the LED temperature from pulse height spectra. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 52(6), 3160-3165. DOI:10.1109/TNS.2005.862929.

#### DESIGN, MANUFACTURE, AND USE OF SCINTILLATION DETECTOR NaI(Tl) IN ENVIRONMENTAL MONITORING STATIONS IN VIETNAM

**Pham Dinh Khang**

Nuclear Research Institute, Vietnam Atomic Energy Institute

Email: phamdinhkhang9@yahoo.com.vn

(Received: 30/8/2024, Revised: 9/9/2024, Accepted for publication: 13/9/2024)

#### ABSTRACT

*In practice, the results of outdoor radioactive measurement by scintillation detector depend on the detector's temperature. In this paper, we are interested in the problem of designing, fabricating, and using scintillation detectors as outdoor radiation measurement tools, and their dependency on temperature was eradicated successfully. The position of the 662 keV peak changes about 1% between 10°C and +40°C.*

**Keywords:** Scintillation detector, temperature dependence, gain stabilization