

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP THIẾT KẾ HỆ THỐNG TRÌNH SÁT VÀ CHẾ ÁP NGÒI NỔ VÔ TUYẾN HOẠT ĐỘNG THEO NGUYÊN LÝ DOPPLER

Đặng Đình Tiếp*, Nguyễn Văn Khôi, Trần Ngọc Lâm,
Đỗ Doanh Điện, Dư Thị Quỳnh Trang

Tóm tắt: Bài báo trình bày nghiên cứu phát triển hệ thống trình sát và chế áp đồng thời nhiều ngòi nổ vô tuyến (NNVT) hoạt động theo nguyên lý Doppler. Việc này đòi hỏi thời gian và bộ trình sát phải hoạt động ở tốc độ cao, đặc biệt trong trường hợp có nhiều quả đạn pháo đồng thời cần phải tiến hành chế áp, bài toán xử lý trở nên phức tạp. Để giải quyết vấn đề này, tác giả đã tiến hành nghiên cứu và phát triển một hệ thống trình sát và chế áp dựa trên phương án trình sát thời gian thực và chế áp đồng thời tới các quả đạn. Các kết quả thử nghiệm thực tế đã cho thấy khả năng trình sát và chế áp của hệ thống làm việc tốt khi cùng một lúc có thể chế áp kích nổ được 3 NNVT có tần số làm việc khác nhau.

Từ khóa: Radio Proximity Fuse; Chebyshev bandpass filter; RF Amplifier.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với sự phát triển của công nghệ hiện đại, các vũ khí cũng trở nên thông minh hơn với việc tích hợp các hệ điện tử và cảm biến vào trong hệ cơ khí của của các loại đạn pháo, bom mìn hay tên lửa. Bom, đạn chủ động hoạt động dựa trên các ngòi nổ vô tuyến đã được nghiên cứu sử dụng trong các loại đạn pháo với các mục đích khác nhau nhằm tăng khả năng sát thương hoặc tăng hiệu quả tiêu diệt mục tiêu [1-3]. Các NNVT hoạt động dựa trên nguyên lý phát và thu sóng vô tuyến để xác định thời điểm kích nổ của quả đạn [4]. Nhằm chế áp được các loại ngòi nổ vô tuyến này, bài toán thu và phân tích tín hiệu vô tuyến cần được tiến hành nhằm phát đi tín hiệu giả chế áp gây nổ sớm quả đạn đã được các nghiên cứu tiến hành [5]. Tuy nhiên, với dải tần số chế áp rộng và việc phải chế áp đồng thời nhiều quả đạn hoạt động ở nhiều tần số khác nhau nên đòi hỏi việc xử lý phức tạp do giới hạn về thời gian đáp ứng. Bài báo nghiên cứu giải pháp sử dụng trực tiếp tín hiệu thu được từ các quả đạn vào việc tạo tín hiệu chế áp. Tín hiệu thu các quả đạn sẽ được khuếch đại lên đủ mức công suất để đóng vai trò tín hiệu LO (Local Oscillator) cho bộ trộn tần tạo tín hiệu chế áp. Các bộ lọc thông dải được sử dụng để loại bỏ các tần số không nằm trong vùng tín hiệu của NNVT trước khi đi vào bộ trộn tần.

2. NNVT VÀ HỆ THỐNG TRÌNH SÁT, CHẾ ÁP NNVT

Ngòi nổ vô tuyến hiện đại M514 của Mỹ, nó bao gồm đầy đủ tính năng, dùng cho pháo mặt đất. Khi ngòi nổ vô tuyến làm việc, nó sẽ kích nổ, khi đầu nổ cách mặt đất một khoảng từ 4m đến 8m. Bằng cách tính toán độ lệch tần số giữa tín hiệu phát ra và tín hiệu thu được (tần số Doppler) để xác định khoảng cách tới mục tiêu, NNVT có thể đưa ra quyết định có gây nổ hay không. Mục tiêu cần trình sát là ngòi nổ vô tuyến có tốc độ di chuyển rất nhanh, kích thước nhỏ, sử dụng nguyên lý Doppler và phát sóng CW(Continuous Wave) liên tục. Do đó, thời gian đáp ứng của hệ thống trình sát cũng như đưa ra tín hiệu chế áp là rất nhỏ (cỡ ms), đặc biệt trong trường hợp phải tiến hành chế áp nhiều NNVT tại cùng một thời điểm.

3. NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP THIẾT KẾ BỘ TRÌNH SÁT VÀ CHẾ ÁP NNVT ĐA MỤC TIÊU

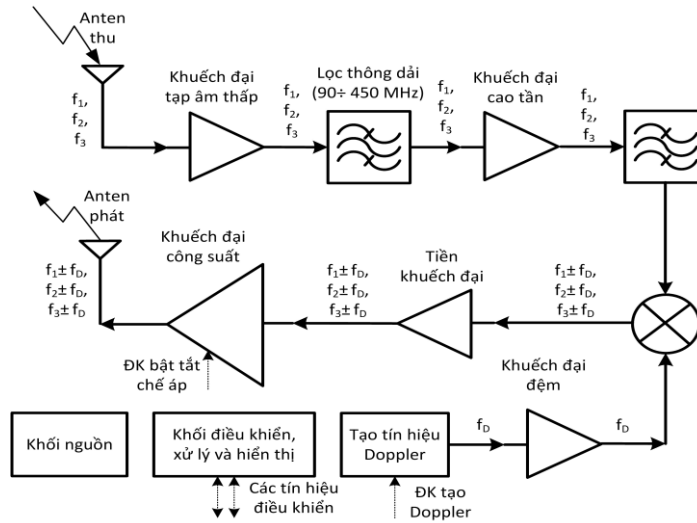
Hình 1 mô tả sơ đồ nguyên lý thiết kế của bộ trình sát và chế áp NNVT đa mục tiêu. Giả sử tại một thời điểm có ba NNVT cùng tiến về phía mục tiêu mặt đất nơi đặt bộ chế áp. Trong trường hợp NNVT là ba loại khác nhau thì sẽ có ba tín hiệu có tần số khác nhau tương ứng là f_1, f_2, f_3 . Tín hiệu từ NNVT phát đến anten thu, được anten thu lại và cho qua bộ khuếch đại tạp âm thấp trước khi đi qua bộ lọc thông dải. Bộ lọc thông dải đóng vai trò quan trọng trong việc lấy tín hiệu trong dải tần

nào ứng với tần số phát của NNVT và loại những thành phần tín hiệu phát ra từ những nguồn khác. Nhằm tiến hành phản ứng tức thời và chế áp, đáp ứng thời gian thực, nhóm tín hiệu sẽ được tiến hành trộn với tần số doppler để tạo ra các tín hiệu giả đã dịch tần doppler nhằm đánh lừa các NNVT gây kích nổ chúng. Một bộ trộn được sử dụng để trộn các tín hiệu với các tín hiệu giả doppler ở tần số doppler (f_D). Giả sử tín hiệu Doppler V_D đầu vào có dạng:

$$V_D = V_{D0} \cdot \cos(w_D t) \quad (1)$$

Tín hiệu khuếch đại từ anten với 3 tần số f_1, f_2, f_3 có dạng:

$$V_s = V_{f1} + V_{f2} + V_{f3} = V_{10} \cos(w_1 t + \varphi_1) + V_{20} \cos(w_2 t + \varphi_2) + V_{30} \cos(w_3 t + \varphi_3) \quad (2)$$



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý bộ trình sát và chế áp NNVT đa mục tiêu.

Trong đó, w_D là tần số góc của tín hiệu giả Doppler, w_1, w_2, w_3 là tần số góc của ba tín hiệu tương ứng với f_1, f_2, f_3 của NNVT, $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ là pha của ba tín hiệu. Tín hiệu sau khi đi qua bộ trộn sẽ có dạng:

$$V_{mixer} = V_D \cdot V_s = V_{D0} \cdot \cos(w_D t) \cdot [V_{10} \cos(w_1 t + \varphi_1) + V_{20} \cos(w_2 t + \varphi_2) + V_{30} \cos(w_3 t + \varphi_3)] \quad (3)$$

Xét từng thành phần tín hiệu ứng với mỗi tần số $f_i [f_1, f_2, f_3]$ ta có tín hiệu sau qua bộ trộn của từng tần số có dạng:

$$V_{fi} = V_{D0} \cdot \cos(w_D t) \cdot V_{i0} \cos(w_i t + \varphi_i) \quad (4)$$

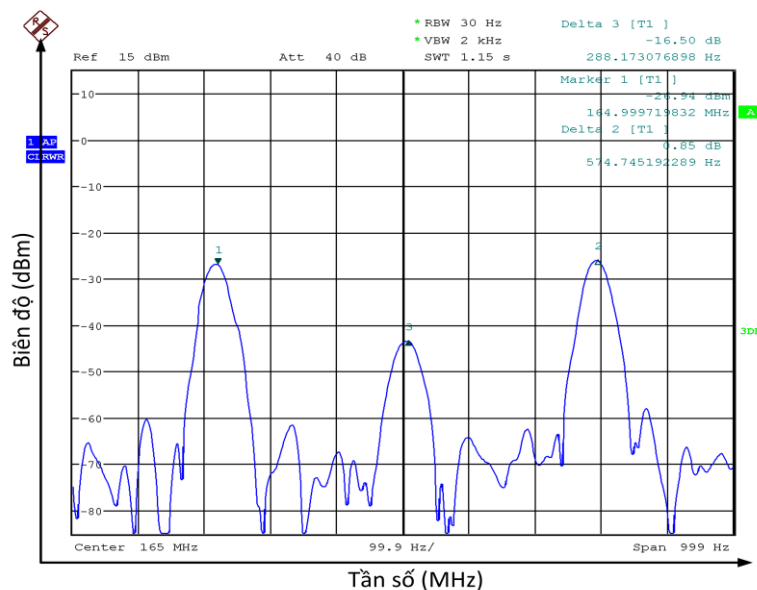
Triển khai từ biểu thức 4 kết hợp với phương trình 3 ta được:

$$V_{mixer} = \sum_{i=1}^3 V_{D0} V_{i0} \frac{(\cos[(w_i - w_D)t - \varphi_i] + \cos[(w_i + w_D)t + \varphi_i])}{2} \quad (5)$$

Phương trình 5 mô tả tín hiệu sau khi qua bộ trộn sẽ bao gồm các thành phần tín hiệu với các tần số $f_i \pm f_D$. Các tín hiệu sau khi đi qua bộ trộn này sẽ được khuếch đại công suất để đưa ra anten phát. Bằng nguyên lý này, thời gian đáp ứng của hệ thống chế áp gần như rất nhỏ.

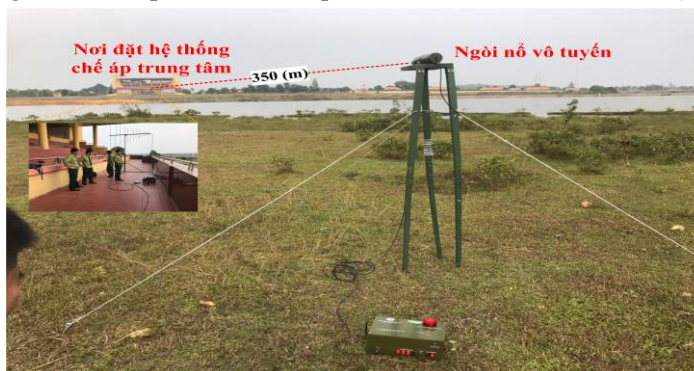
4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Để kiểm tra khả năng đáp ứng của bộ khuếch đại và bộ trộn tín hiệu, tạo ra tín hiệu giả doppler nhằm đánh lừa NNVT, hệ thống trình sát và chế áp được tiến hành thử nghiệm bằng việc tạo ra một tín hiệu giả với tần số 165 MHz. Hệ thống sau khi khuếch đại và trộn tần với tần số doppler đã cho thấy hai đỉnh tách tần số tương ứng với tần số $165 \text{ MHz} \pm 574 \text{ Hz}$ (hình 2).



Hình 2. Phổ tần số sau khi tín hiệu được khuếch đại và trộn với tần số Doppler.

Hệ thống trinh sát và chế áp NNVN cũng được thiết kế giao diện điều khiển nhằm quan sát và chế áp các quả nổ khác nhau. Tiếp đó, hệ thống trinh sát và chế áp NNVN được đưa ra thực địa để tiến hành thực nghiệm chế áp kích nổ các quả đạn ở các vị trí khác nhau (hình 3).



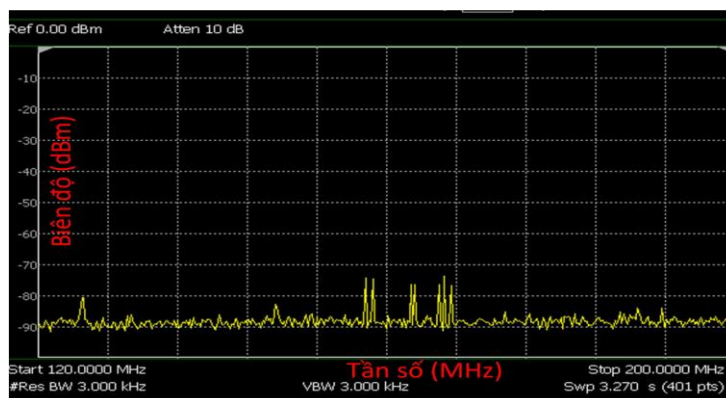
Hình 3. Ảnh thực nghiệm tiến hành chế áp NNVN tại thực địa.

Hình 4 mô tả phổ tần số chế áp 3 NNVN hoạt động tại các tần số: 163 MHz, 165 MHz và 169,7 MHz. Ba NNVN với tần số hoạt động lần lượt là 163 MHz, 165 MHz và 169 MHz được đặt ở các khoảng cách khác nhau cách xa từ 350 m đến 550 m so với hệ thống trinh sát và chế áp, được tiến hành chế áp đồng thời.

Bảng 1. Kết quả thử nghiệm với ba NNVN có tần số khác nhau.

Khoảng cách chế áp (m)	NNVN1 ($f_1=165$ MHz)	NNVN2 ($f_2=163$ MHz)	NNVN3 ($f_3=169.7$ MHz)
350	Nổ		
420		Nổ	
550			Nổ

Bảng 1 mô tả kết quả thực nghiệm chế áp và kích nổ các NNVN đặt tại các khoảng cách khác nhau lần lượt là 350 m, 420 m, 550 m. Ba NNVN với ba tần số khác nhau đã được tiến hành chế áp thành công khi chúng hoạt động trong dải tín hiệu tần số từ 90÷450 MHz.



Hình 4. Phổ tần số thu được trong quá trình thử nghiệm đánh chặn 3 NNVT hoạt động với các tần số: 163 MHz, 165 MHz, 169,7 MHz.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã nghiên cứu, khảo sát các ngòi nổ vô tuyến và đánh giá tín hiệu của chúng nhằm đưa ra bài toán xây dựng trình sát phát hiện và chế áp. Giải pháp đã được nghiên cứu xây dựng thành hệ thống và các kết quả thử nghiệm đã thấy hệ thống hoàn toàn có thể đáp ứng được nhiệm vụ trong việc trinh sát và chế áp đa mục tiêu các ngòi nổ vô tuyến ở trong dải tần số 90÷450 MHz.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. *Tài liệu hướng dẫn về Bom, đạn chùm* (2009), Xuất bản lần II, GICHD (Geneva International Centre for Humanitarian Demining).
- [2]. Military Handbook, “*Fuze Catalog Procurement Standard and Development Fuzes*” (1980), MIL-HDBK-145.
- [3]. A.Nasser “*Recent Advancements in Proximity Fuzes Technology*”, International Journal of Engineering Research & Technology, (2015), Vol. 4.
- [4]. Louis Brown “*The Origin of Proximity Fuze*,” Microwave Symposium Digest, IEEE MTT-S International (1998).
- [5]. Phan Huy Anh, Cao Văn Toàn, Nguyễn Tuấn Minh “*Giải pháp chế áp ngòi nổ vô tuyến hoạt động theo phương pháp Doppler*”, Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự (2018).

ABSTRACT

RESEARCHING AND DEVELOPING OF TRACKING AND SUPPRESSING SYSTEM FOR DOPPLER- EFFECT RADIO PROXIMITY FUSE

This paper presents development of a system for tracking and suppressing missiles or shells which using Doppler effect Radio Proximity Fuse (RDF). Working in real-time to suppress RDFs requires the system to operate at high speeds and fast response time. To solve this problem, we has proposed a development of the tracking and suppression system based on real-time monitoring and parallel suppression to shells. The actual test results have shown the ability of tracking and suppression to RDFs when it is successful to intercept 3 RDFs with different working frequencies at the same time.

Keywords: Radio Proximity Fuse; Chebyshev bandpass filter; RF Amplifier.

Nhận bài ngày 05 tháng 01 năm 2021

Hoàn thiện ngày 27 tháng 01 năm 2021

Chấp nhận đăng ngày 30 tháng 7 năm 2021

Địa chỉ: Viện Điện tử - Viện KHCN quân sự.

**Email:* dangtiiep.2011@gmail.com.