

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

NGUYỄN ĐỨC THI

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG NGỒI NỔ
CÓ LẮP CẢM BIẾN KHÔNG TIẾP XÚC**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa

Mã số: 9 52 02 16

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2020

Công trình được hoàn thành tại:
HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ - BỘ QUỐC PHÒNG

Người hướng dẫn khoa học:

- 1. PGS. TSKH Tần Hoài Linh**
- 2. TS Nguyễn Trường Sơn**

Phản biện 1: PGS. TS Buos Xuân Khoa

Phản biện 2: GS. TS Phan Xuân Minh

Phản biện 3: GS. TS Nguyễn Hồng Lanh

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong ngòi nổ laser, hệ thống quang học thu phát laser đóng vai trò quyết định đến khả năng làm việc của hệ thống. Nghiên cứu, phân tích sự ảnh hưởng lẫn nhau của các tham số của hệ quang học đến chất lượng làm việc của ngòi nổ laser, xây dựng biểu thức và phần mềm tính toán tham số quang học là cơ sở cho công tác cải tiến, thiết kế hệ quang cho ngòi nổ laser phù hợp với các tên lửa hiện có của Việt Nam.

Trong tác chiến hiện nay, việc chống nhiễu cho ngòi nổ là bắt buộc, có thể áp dụng tổ hợp một số giải pháp chống nhiễu đồng thời, trong đó ứng dụng kỹ thuật mã hóa khi phát chùm tia laser của ngòi nổ để nâng cao khả năng chống nhiễu và phân nào đó giải quyết được yêu cầu khi đầu vào máy thu nhận được tín hiệu với tỉ số tín hiệu trên tạp nhiễu nhỏ, từ đó gián tiếp trong việc nâng cao chất lượng của ngòi nổ. Bên cạnh đó, ngày nay với hệ thống máy tính cấu hình cao, kích thước nhỏ, hoàn toàn có thể đưa lên ngòi nổ để thực hiện những kỹ thuật mã hóa phức tạp.

Xuất phát từ những vấn đề nêu trên, bài toán “*Nghiên cứu nâng cao chất lượng ngòi nổ có lắp cảm biến không tiếp xúc*” được đặt ra với mục đích nhằm nâng cao chất lượng làm việc của ngòi nổ ứng dụng công nghệ laser để cải thiện khả năng chống nhiễu cũng như tăng hiệu quả tiêu diệt mục tiêu.

2. Mục đích của đề tài

Phân tích, đánh giá các tham số ảnh hưởng đến chất lượng làm việc ngòi nổ không tiếp xúc; tính toán tối ưu hóa tham số cho hệ quang ngòi nổ laser trên tên lửa phòng không; ứng dụng giải pháp kỹ thuật mã hóa điều chế tín hiệu phát để nâng cao khả năng chống nhiễu, tăng khả năng phân biệt và đo cự li mục tiêu khi ở cự li gần.

3. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của luận án là lớp các TLPK hoặc TLKQ sử dụng ngòi nổ laser chủ động.

4. Phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu bài toán nâng cao chất lượng làm việc cho ngòi nổ laser trên tên lửa phòng không khi cải thiện hệ thống quang với mục đích tối ưu hóa hệ thống quang để

đảm bảo phối hợp vùng quan sát và vùng sát thương, đồng thời cải thiện chất lượng thu và xử lý tín hiệu laser. Bên cạnh đó nâng cao khả năng chống nhiễu bằng việc mã hóa tín hiệu phát laser đảm bảo không bị phát hiện đồng thời tăng khả năng phân biệt cự li mục tiêu.

5. Cơ sở khoa học và thực tiễn

- *Cơ sở khoa học*: Lý thuyết đạn tên lửa phòng không; Lý thuyết xử lý tín hiệu quang - laser; Lý thuyết bắn tên lửa phòng không.

- *Cơ sở thực tiễn*:

Nhu cầu nâng cao chất lượng, hiệu quả cho ngòi nổ không tiếp xúc nói chung và cho ngòi nổ laser nói riêng trong quá trình thiết kế mới và nghiên cứu cải tiến các hệ thống ngòi nổ cho tên lửa phòng không luôn được đặt ra nhu cầu thực tế, có tính cấp thiết.

6. Bố cục của luận án

Luận án gồm: Mở đầu, 4 chương, kết luận và phụ lục. Nội dung luận án được trình bày trong 153 trang in khổ A4.

Chương 1. Tổng quan về ngòi nổ không tiếp xúc

Chương 2. Nghiên cứu thiết kế hệ quang học chuyên dụng cho ngòi nổ laser

Chương 3. Nghiên cứu tính toán tham số hợp lý cho hệ quang của ngòi nổ laser

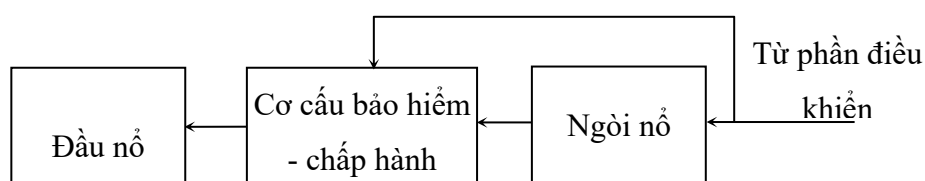
Chương 4. Nâng cao độ tin cậy cho ngòi nổ laser trên cơ sở kỹ thuật mã hóa xung thăm dò.

Chương 1

TỔNG QUAN VỀ NGÒI NỔ KHÔNG TIẾP XÚC

1.1. Tổng quan về thiết bị chiến đấu của tên lửa phòng không có điều khiển

Sơ đồ khối cơ bản của thiết bị chiến đấu (phần chiến đấu) có dạng như hình 1



Hình 1. Sơ đồ khối cơ bản của phần chiến đấu

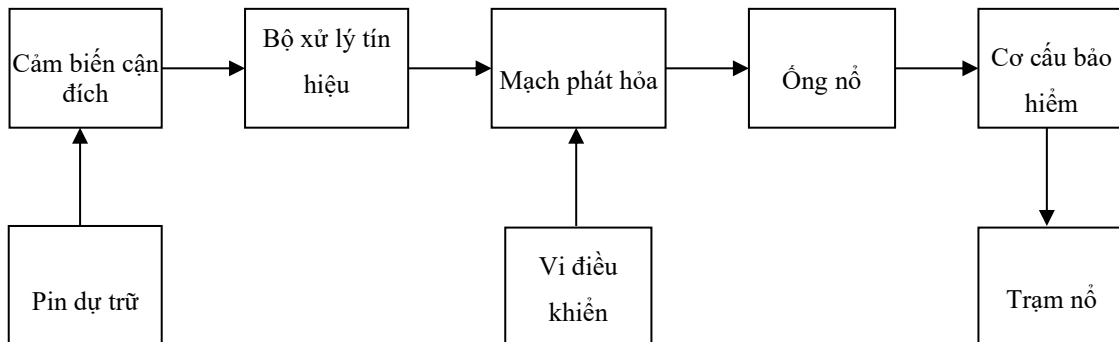
Tên lửa phòng không có điều khiển trong thành phần của mình không thể thiếu phần chiến đấu (bao gồm ngòi nổ và đầu nổ). Đối với các loại tên lửa hiện đại, ngoài ngòi nổ tiếp xúc còn có thêm ngòi nổ không tiếp xúc; khi tên lửa tiếp cận mục tiêu, ngòi nổ không tiếp xúc sẽ xác định thời điểm nổ có hiệu quả nhất và điều khiển kích nổ đầu nổ thông qua cơ cấu bảo hiểm - chấp hành (thiết bị bảo hiểm).

1.2. Phân loại ngòi nổ

Có nhiều cách để phân loại các ngòi nổ. Tuy nhiên, ta có thể chia các loại ngòi nổ thành 3 loại khác nhau: Theo năng lượng để làm ngòi nổ; theo vị trí lắp vào đầu đạn; theo tác dụng của ngòi.

1.3. Ngòi nổ không tiếp xúc.

Ngòi nổ không tiếp xúc là tập hợp các thiết bị dùng để kích nổ đầu nổ ở thời điểm thích hợp nhất cách mục tiêu một khoảng xác định sao cho hiệu quả tiêu diệt mục tiêu lớn nhất. Ngòi hoạt động dựa vào năng lượng phản xạ hay phát xạ từ mục tiêu.



Hình 2. Sơ đồ chức năng chung của ngòi nổ không tiếp xúc

1.3.1. Phân loại ngòi nổ không tiếp xúc

Căn cứ vào nơi phát ra năng lượng mà ngòi nổ không tiếp xúc sử dụng để xác định thời điểm kích nổ thường chia ra ba loại: Ngòi nổ không tiếp xúc chủ động, ngòi nổ không tiếp xúc thụ động và ngòi nổ không tiếp xúc bán chủ động.

Căn cứ vào các dạng năng lượng mà ngòi nổ không tiếp xúc sử dụng để kích nổ, có thể chia ngòi nổ không tiếp xúc ra thành các loại sau:

- Ngòi nổ tĩnh điện, ngòi nổ điện dung: dùng năng lượng điện trường;
- Ngòi từ trường, ngòi cảm ứng: dùng năng lượng từ trường;
- Ngòi vô tuyến: dùng năng lượng trường điện từ ở dải sóng vô tuyến;

- Ngòi quang học: dùng năng lượng trường điện từ ở dải sóng từ hồng ngoại tới cực tím.

Căn cứ vào dải sóng làm việc ngòi nổ quang học có thể được chia thành các loại sau: Ngòi nổ hồng ngoại; Ngòi nổ quang truyền hình; Ngòi nổ laser.

1.3.2. Một số yêu cầu đối với ngòi nổ không tiếp xúc

Ngòi nổ không tiếp xúc phải đảm bảo các yêu cầu kỹ - chiến thuật sau:

Đảm bảo được bán kính kích nổ theo yêu cầu; đảm bảo hiệu quả sát thương mục tiêu cao; đảm bảo kích nổ tự hủy phần chiến đấu; đảm bảo an toàn tuyệt đối cho người và các trang thiết bị.

1.3.3. Các đặc trưng cơ bản của ngòi nổ không tiếp xúc lắp cho TLPK

Các đặc trưng chủ yếu của ngòi nổ không tiếp xúc ảnh hưởng đến hiệu quả chiến đấu của TLPK là [8]: Mặt kích nổ; bán kính kích nổ; độ chính xác; độ chống nhiễu; độ tin cậy hoạt động.

1.4. Ngòi nổ không tiếp xúc sử dụng cảm biến laser

Ngòi nổ laser sử dụng tia laser để chiếu xạ mục tiêu sau đó thu tia laser tán xạ từ mục tiêu và xử lý tín hiệu thu được để đưa ra các tham số trạng thái của mục tiêu rồi đưa ra tín hiệu đến thiết bị chấp hành của hệ thống ngòi nổ.

1.5. Tổng quan các hướng nghiên cứu về ngòi nổ không tiếp xúc laser dùng cho TLPK

1.5.1. Tình hình nghiên cứu trong nước

Tại Việt Nam đã có nhiều công trình nghiên cứu và ứng dụng công nghệ laser cho các ngành công nghiệp dân dụng và một số khí tài quân sự (kính ngắm, ống nhòm, máy đo xa,...) nhưng chưa có công trình nghiên cứu nào về ngòi nổ laser nói chung và ngòi nổ laser dùng cho TLPK nói riêng. Do đó, nghiên cứu về ngòi nổ laser dùng cho TLPK là một vấn đề mới hiện nay.

1.5.2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước

1.5.2.1. Hướng nghiên cứu về hệ quang học của ngòi nổ laser

Liên quan đến hướng nghiên cứu này, một số công bố tập trung vào cải thiện công suất phát, tiết kiệm năng lượng [27], [28], giảm kích thước và trọng lượng hệ

quang trên ngòi nổ tiếp xúc [15], [33]. Tuy nhiên, chưa có công bố nào cho ngòi nổ không tiếp xúc laser TLPK.

1.5.2.2. Hướng nghiên cứu về giải pháp chống nhiễu.

Liên quan đến hướng nghiên cứu này, các công bố tập trung vào việc đưa ra một số giải pháp kỹ thuật cải thiện hệ thấu kính bằng việc đặt thêm kính lọc với mục đích ngăn chặn nhiễu không nằm trong dải phổ tín hiệu mục tiêu phản xạ [3], [4], [7], [9], [10]. Bên cạnh đó, một số công bố tập trung theo hướng mã hóa tín hiệu phát laser theo nguyên tắc giả ngẫu nhiên [20], [21], [22], [23], [24], [25]. Hướng nghiên cứu này cho kết quả khiêm tốn so với ngòi nổ xung laser truyền thống về khả năng chống nhiễu.

1.6. Đặt bài toán nghiên cứu.

Bài toán 1: Xây dựng mô hình toán học, các biểu thức tính toán các tham số phục vụ bài toán thiết kế quang học cho ngòi nổ laser.

Bài toán 2: Tối ưu hóa các tham số quang học ngòi nổ laser để đảm bảo phối hợp bài toán vùng kích nổ với vùng quan sát của ngòi nổ.

Bài toán 3: Nâng cao khả năng chống nhiễu cho ngòi nổ laser bằng việc đưa ra một thuật toán mã hoá tín hiệu phát laser với mục đích chống các loại nhiễu tích cực cho ngòi nổ laser, đồng thời nâng cao khả năng đo và phân biệt theo cự li, từ đó nâng cao được chất lượng làm việc của ngòi nổ laser.

1.7. Kết luận chương 1

1. Nghiên cứu bài toán nâng cao chất lượng làm việc của ngòi nổ không tiếp xúc nói chung và ngòi nổ laser nói riêng là có tính cấp thiết và thực tiễn cao trong giai đoạn hiện nay. Qua đó đưa ra giải pháp kỹ thuật nâng cao chất lượng làm việc của ngòi nổ laser.

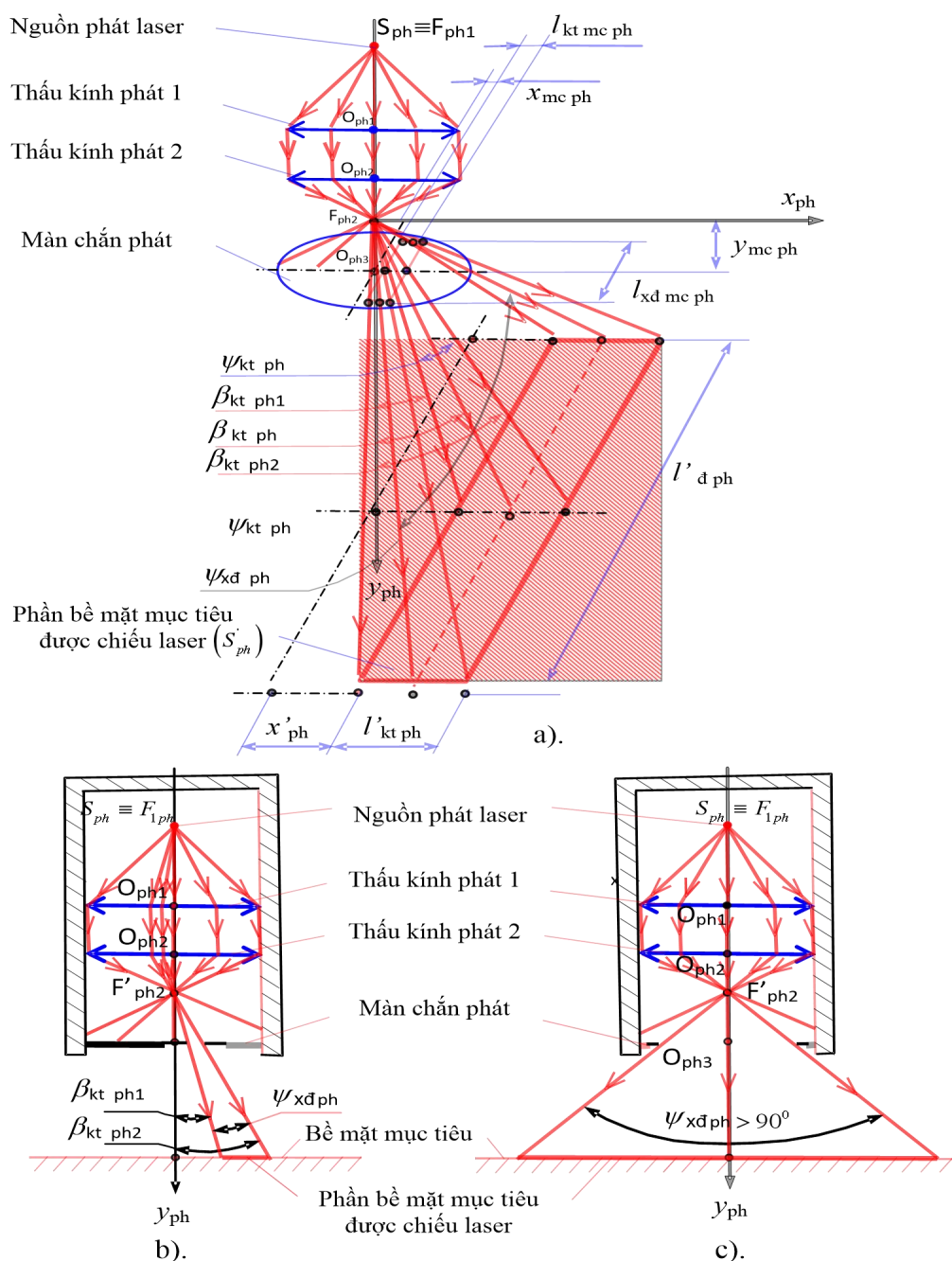
2. Cần thiết đưa ra mô hình toán học cho việc tính toán các tham số của hệ quang ngòi nổ laser để đảm bảo nâng cao độ nhạy cho tuyến thu, tăng khả năng đo và phân biệt mục tiêu theo cự li đảm bảo phối hợp bài toán vùng văng mảnh đạn với vùng sát thương.

3. Nâng cao khả năng chống nhiễu bằng việc đưa ra thuật toán mã hóa tín hiệu xung dò máy phát laser, đảm bảo chống nhiễu tích cực đặc biệt khi làm việc ở cự li gần mục tiêu.

Chương 2

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ QUANG HỌC CHUYÊN DỤNG CHO NGỒI NỔ LASER

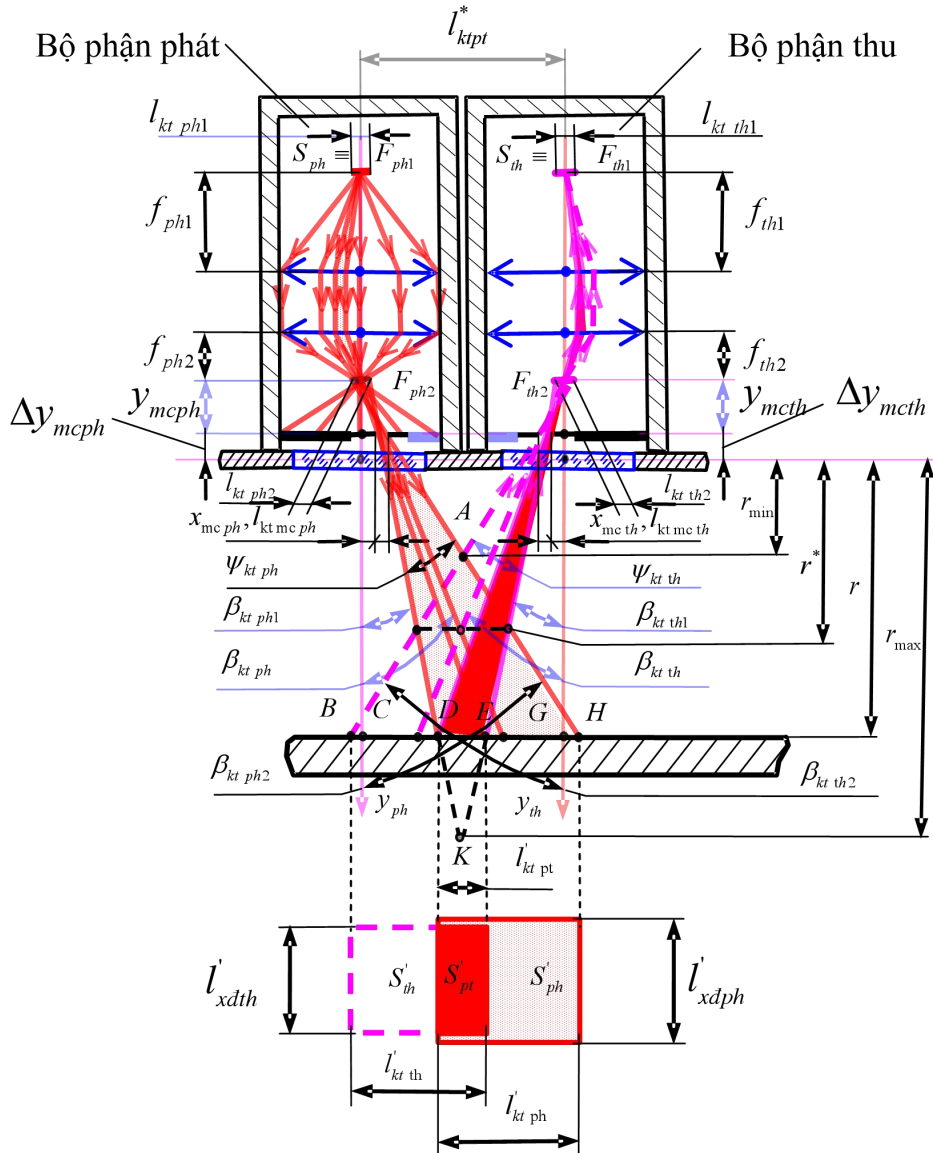
2.1. Cơ sở tính toán hệ quang học chuyên dụng cho ngồi nổ laser



Hình 3. Nguyên lý cấu tạo của hệ phát laser dùng màn chắn

Luận án đề xuất nghiên cứu và phát triển một thiết kế chi tiết hệ quang chuyên dụng ở dạng gồm hai thấu kính và một màn chắn như hình 3.

2.2. Xây dựng biểu thức tính toán một số tham số quang hình học quan trọng của ngòi nổ laser



Hình 4. Nguyên lý tạo của hệ quang ngòi nổ quang học chủ động PA3
(Sơ đồ tính toán với ngòi nổ laser trong mặt phẳng kinh tuyến)

Trên cơ sở mối quan hệ giữa các tham số quang hình học luận án tiến hành xây dựng biểu thức tính toán một số thông số quang hình học của ngòi nổ laser. Luận án xét đối với trường hợp kích thước nguồn laser rất nhỏ và phải sử dụng hệ quang để tăng góc mở. Phương án tạo góc nghiêng cho chùm tia laser hình 4.

**) Xét một cặp phát - thu laser trong mặt phẳng kinh tuyến:*

Từ các quan hệ hình học như hình 3, ta có các công thức tính kích thước $l_{kt ph 2}$ của ảnh nguồn phát laser và $l_{kt th 2}$ của ảnh đầu thu quang tại mặt phẳng tiêu cự sau của các thấu kính tương ứng, tính theo mặt phẳng kinh tuyến như sau:

$$l_{kt\ ph\ 2} = l_{kt\ ph\ 1} \cdot \frac{f_{ph\ 2}}{f_{ph\ 1}} ; l_{kt\ th\ 2} = l_{kt\ th\ 1} \cdot \frac{f_{th\ 2}}{f_{th\ 1}} \quad (2.1)$$

+ Các góc nghiêng $\beta_{kt\ ph}$ và $\beta_{kt\ th}$ của vùng quan sát. Theo hình 4 ta có:

$$\beta_{kt\ ph\ 1} = \arctg \frac{x_{mc\ ph} - l_{kt\ ph\ 2} / 2}{y_{mc\ ph}} \quad (2.2)$$

$$\beta_{kt\ ph\ 2} = \arctg \frac{x_{mc\ ph} + l_{kt\ ph\ 2} / 2 + l_{kt\ mc\ ph}}{y_{mc\ ph}} \quad (2.3)$$

$$\beta_{kt\ ph} \approx \frac{\beta_{kt\ ph\ 1} + \beta_{kt\ ph\ 2}}{2} \approx \arctg \frac{x_{mc\ ph} + l_{kt\ mc\ ph} / 2}{y_{mc\ ph}} \quad (2.4)$$

$$\beta_{kt\ th\ 1} = \arctg \frac{x_{mc\ th} - l_{kt\ th\ 2} / 2}{y_{mc\ th}} \quad (2.5)$$

$$\beta_{kt\ th\ 2} = \arctg \frac{x_{mc\ th} + l_{kt\ th\ 2} / 2 + l_{kt\ mc\ th}}{y_{mc\ th}} \quad (2.6)$$

$$\beta_{kt\ th} \approx \frac{\beta_{kt\ th\ 1} + \beta_{kt\ th\ 2}}{2} \approx \arctg \frac{x_{mc\ th} + l_{kt\ mc\ th} / 2}{y_{mc\ th}} \quad (2.7)$$

+ Các góc mở $\psi_{kt\ ph}$ và $\psi_{kt\ th}$ của vùng quan sát trong mặt phẳng kinh tuyến được xác định theo các công thức gần đúng sau:

$$\psi_{kt\ ph} = \beta_{kt\ ph\ 2} - \beta_{kt\ ph\ 1} ; \quad \psi_{kt\ th} = \beta_{kt\ th\ 2} - \beta_{kt\ th\ 1} \quad (2.8)$$

+ Tương tự, khoảng cách r_{min} xác định vùng mù của ngòi nổ laser được tính gần đúng bằng cách giải tam giác $F_{ph2}F_{th2}A$ như sau:

$$r_{min} \approx \frac{l_{kt\ pt}^*}{2 \cdot \tg \beta_{kt\ ph\ 2}} \approx \frac{l_{kt\ pt}^*}{2 \cdot \tg \beta_{kt\ th\ 2}} \quad (2.9)$$

+ Tương tự, khoảng cách r_{max} xác định giới hạn xa của vùng quan sát của ngòi nổ laser được tính gần đúng bằng cách giải tam giác $F_{ph2}F_{th2}K$ như sau:

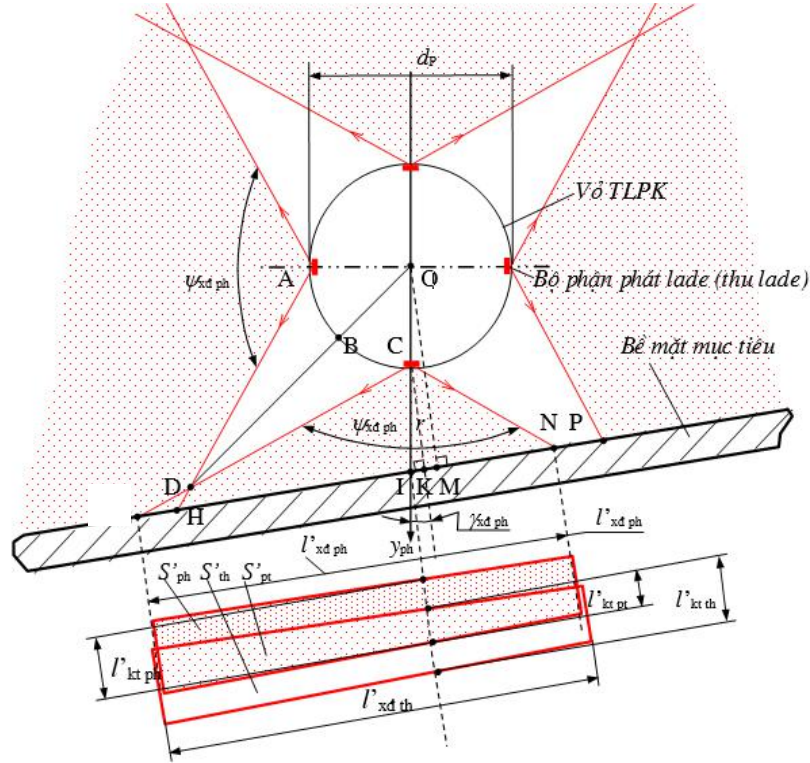
$$r_{max} \approx \frac{l_{kt\ pt}^*}{2 \cdot \tg \beta_{kt\ ph\ 1}} \approx \frac{l_{kt\ pt}^*}{2 \cdot \tg \beta_{kt\ th\ 1}} \quad (2.10)$$

+ Khoảng làm việc Δr của ngòi nổ laser sẽ là:

$$\Delta r = r_{max} - r_{min} \quad (2.11)$$

Các đại lượng $r_{\min}$, $r_{\max}$ và Δr không phụ thuộc vào vị trí tương đối của bề mặt mục tiêu so với TLPK mà chỉ phụ thuộc vào các thông số của ngòi nổ laser.

*) Xét các thiết bị phát laser (thu laser) trong mặt phẳng xích đạo:



Hình 5. Xác định góc mở trong mặt phẳng xích đạo $\psi_{xđ\ ph}$ của thiết bị phát (thu) laser, trường hợp coi $\beta_{kt\ ph} = \beta_{kt\ th} \approx 0$

+ Trước hết, ta có các công thức tính kích thước $l_{\text{xd ph 2}}$ của ảnh nguồn phát laser và $l_{\text{xd th 2}}$ của ảnh đầu thu quang tại mặt phẳng tiêu cự sau của các thấu kính tương ứng, tính theo mặt phẳng xích đạo như sau:

$$l_{\text{xd ph } 2} = l_{\text{xd ph } 1} \cdot \frac{f_{\text{ph } 2}}{f_{\text{ph } 1}}; \quad l_{\text{xd th } 2} = l_{\text{xd th } 1} \cdot \frac{f_{\text{th } 2}}{f_{\text{th } 1}} \quad (2.12)$$

+ Góc mở trong mặt phẳng xích đạo $\psi_{\text{xd ph}}$ của thiết bị phát laser và $\psi_{\text{xd th}}$ của thiết bị thu laser (hình 5) sẽ là:

$$\psi_{\text{xd ph}} = 2 \cdot \arctg \frac{l_{\text{x ph 2}} + l_{\text{x mc ph}}}{2 \cdot \sqrt{x_{\text{mc ph}}^2 + (y_{\text{mc ph}} + \frac{l_{\text{kt mc ph}}}{2})^2}} \quad (2.13)$$

$$\psi_{\text{xd th}} = 2 \cdot \arctg \frac{l_{\text{x th 2}} + l_{\text{x mc th}}}{2 \cdot \sqrt{x_{\text{mc th}}^2 + (y_{\text{mc th}} + \frac{l_{\text{kt mc th}}}{2})^2}} \quad (2.14)$$

+ Vùng mù trong mặt phẳng xích đạo:

Bán kính vùng mù trong mặt phẳng xích đạo của thiết bị phát laser là:

$$r_{\text{min xd ph}} \approx \frac{d_p}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{2} \cdot \sin \frac{\psi_{\text{xd ph}}}{2}}{\sin \frac{\psi_{\text{xd ph}}}{2} - \cos \frac{\psi_{\text{xd ph}}}{2}} - 1 \right) \quad (2.15)$$

Tương tự, ta có bán kính vùng mù trong mặt phẳng xích đạo của thiết bị thu laser sẽ là:

$$r_{\text{min xd th}} \approx \frac{d_p}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{2} \cdot \sin \frac{\psi_{\text{xd th}}}{2}}{\sin \frac{\psi_{\text{xd th}}}{2} - \cos \frac{\psi_{\text{xd th}}}{2}} - 1 \right) \quad (2.16)$$

$$\text{Ta có:} \quad r_{\text{min xd ph}} \approx r_{\text{min xd th}} \quad (2.17)$$

2.3. Kết luận chương 2

Luận án đã phân tích, đánh giá ảnh hưởng của các tham số hệ quang đến vùng quan sát, vùng mù, vùng làm việc của ngòi nổ laser trong 2 mặt phẳng kinh tuyến và mặt phẳng xích đạo. Đề xuất mô hình toán học cho hệ quang chuyên dụng ngòi nổ laser, xây dựng các biểu thức toán học tính toán một số tham số quang hình học quan trọng của ngòi nổ laser.

Chương 3

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN THAM SỐ HỢP LÝ CHO HỆ QUANG NGÒI NỔ LASER

3.1. Nghiên cứu, khảo sát sự ảnh hưởng của tham số quang hình học đến thông số làm việc của ngòi nổ laser.

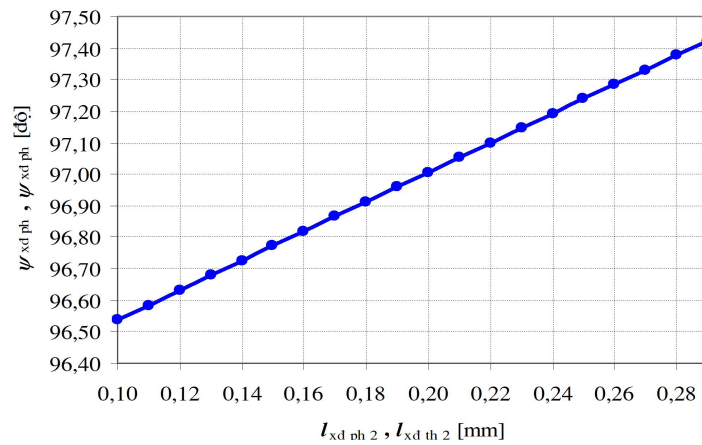
3.1.1. Mối quan hệ của các tham số quang hình học.

I- Các kết quả khảo sát cho thiết bị phát laser có thể áp dụng được cho thiết bị thu laser và ngược lại.

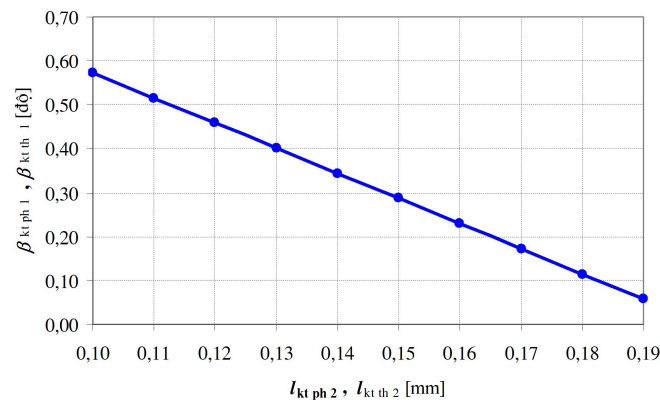
2- Hai cặp thông số $l_{kt\ ph\ 1}$, $l_{xđ\ ph\ 1}$, $f_{ph\ 1}$, $f_{ph\ 2}$ (cặp thông số 1) và $l_{kt\ th\ 1}$, $l_{xđ\ th\ 1}$, $f_{th\ 1}$, $f_{th\ 2}$ (cặp thông số 2) sẽ xác định tương ứng hai cặp thông số $l_{kt\ ph\ 2}$, $l_{xđ\ ph\ 2}$ (cặp thông số 3) và $l_{kt\ ph\ 2}$, $l_{xđ\ ph\ 2}$ (cặp thông số 4) rồi thông qua đó ảnh hưởng đến các thông số khác của ngòi nổ laser. Vì vậy, thay vì phải cho hai cặp thông số 1, 2 thay đổi (với 8 thông số thay đổi) ta chỉ cần cho hai cặp thông số 3 và 4 thay đổi (với 4 thông số thay đổi).

3- Hai cặp thông số kết cấu (thông số đầu vào) (cặp thông số 1: $l_{kt\ ph\ 1}$, $l_{xđ\ ph\ 1}$, $f_{ph\ 1}$, $f_{ph\ 2}$, $l_{kt\ pt}^*$ và cặp thông số 2: $l_{kt\ th\ 1}$, $l_{xđ\ th\ 1}$, $f_{th\ 1}$, $f_{th\ 2}$, $l_{kt\ pt}^*$) và hai cặp thông số đầu ra (cặp thông số 5: $\psi_{xđ\ ph}$, $\beta_{kt\ ph}$, r_{min} , r_{max} và cặp thông số 6: $\psi_{xđ\ th}$, $\beta_{kt\ th}$, r_{min} , r_{max}) được quan tâm nhiều nhất trong ngòi nổ laser.

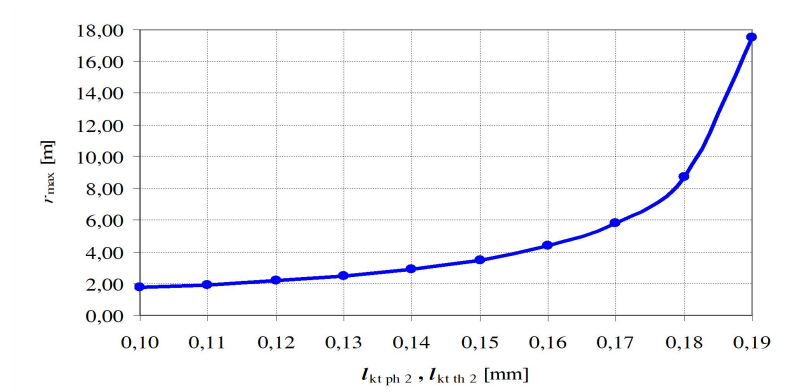
3.1.2. Ảnh hưởng của tham số quang hình đến thông số làm việc của ngòi nổ laser



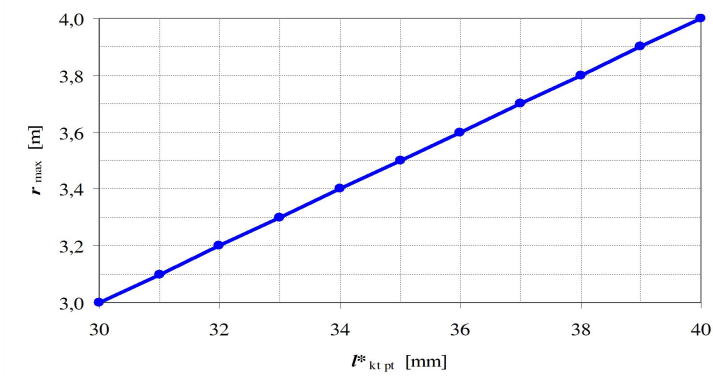
Hình 6. Đồ thị sự phụ thuộc của $\psi_{xđ\ ph}$, $\psi_{xđ\ th}$ vào $l_{xđ\ ph\ 2}$, $l_{xđ\ th\ 2}$



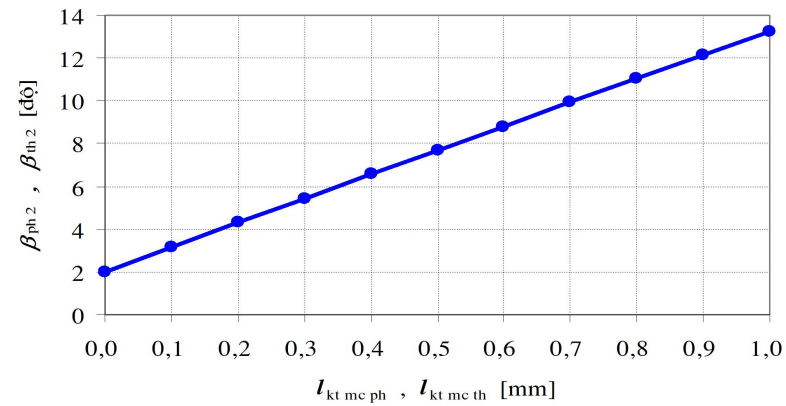
Hình 7. Đồ thị sự phụ thuộc của $\beta_{kt\ ph\ 1}$, $\beta_{kt\ th\ 1}$ vào $l_{kt\ ph\ 2}$, $l_{kt\ th\ 2}$



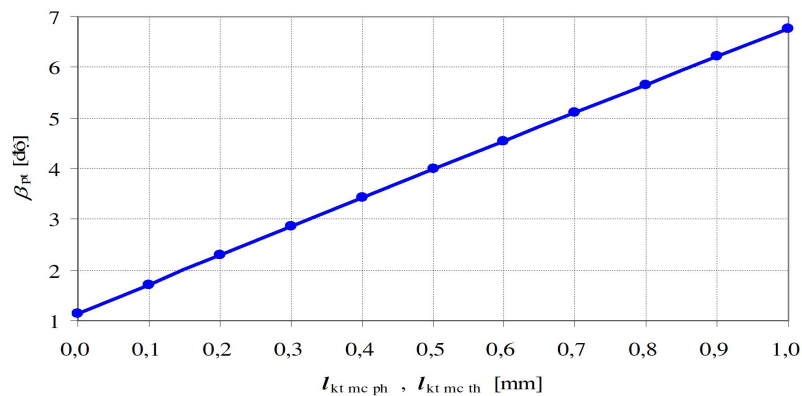
Hình 8. Đồ thị sự phụ thuộc của $r_{\max}$ vào $l_{kt\ ph\ 2}, l_{kt\ th\ 2}$



Hình 9. Đồ thị sự phụ thuộc của $r_{\max}$ vào $l^*_{kt\ pt}$



Hình 10. Đồ thị sự phụ thuộc của $\beta_{ph\ 2}, \beta_{th\ 2}$ vào $l_{kt\ mc\ ph}, l_{kt\ mc\ th}$

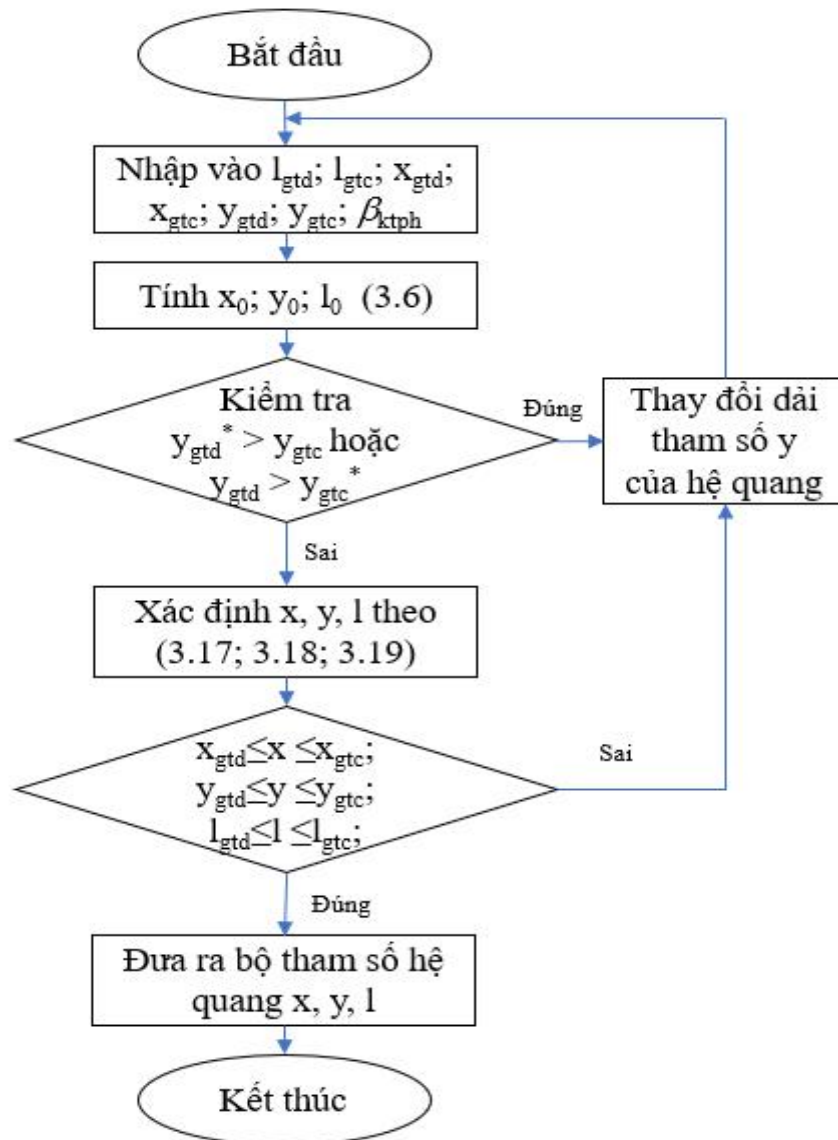


Hình 11. Đồ thị sự phụ thuộc của β_{pt} vào $l_{kt\ mc\ ph}, l_{kt\ mc\ th}$

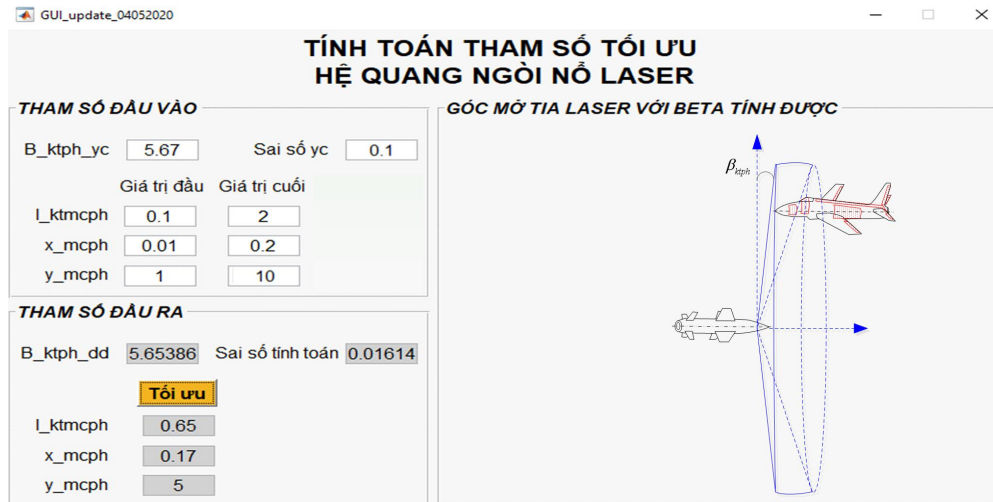
3.2. Tính toán tham số hợp lý cho hệ quang học trên ngòi nổ laser

Để nhanh chóng tìm ra các tham số quang hình phù hợp cho từng loại tên lửa, luận án đưa ra được bộ phần mềm tính toán tham số tối ưu cho hệ quang. Bộ phần mềm này dựa trên cơ sở các biểu thức toán học để xác định các tham số $l_{kt\ mc\ ph}$, $x_{mc\ ph}$, $y_{mc\ ph}$ đảm bảo góc nghiêng β trong mặt phẳng kinh tuyến tiệm cận gần nhất tới giá trị góc nghiêng tối ưu theo yêu cầu cho trước β_{kph-tu} . Trên cơ sở phân tích sự ảnh hưởng của các tham số trong hệ quang chuyên dụng, luận án đề xuất áp dụng các phương pháp sau: Phương pháp bình phương cực tiểu; Thuật toán di truyền.

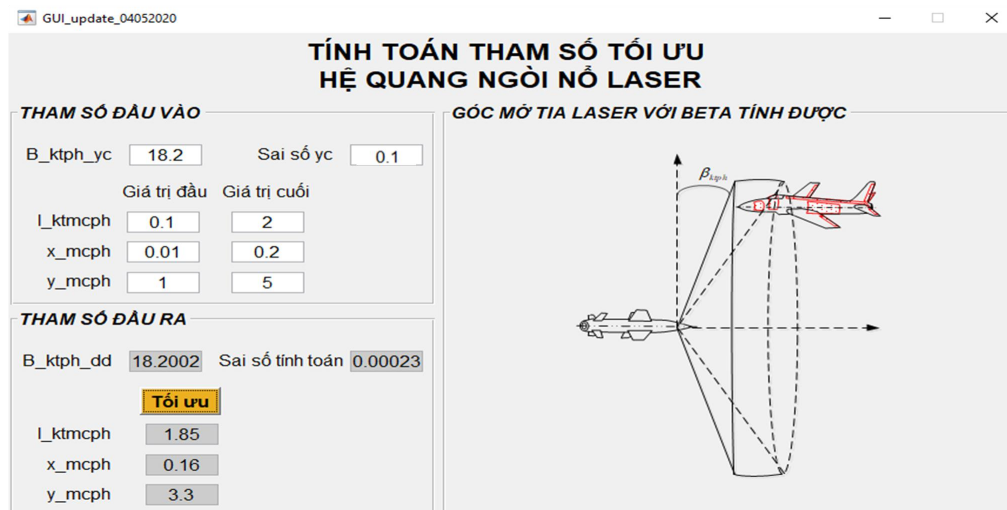
3.2.1. Phương án ứng dụng phương pháp bình phương cực tiểu



Hình 3. 12. Lưu đồ thuật toán phần mềm tính toán tham số tối ưu cho hệ quang



Hình 13. Tính toán tham số hệ quang ngồi nổ laser TL tầm thấp, $\beta_{ktph-yc} = 5.67^0$

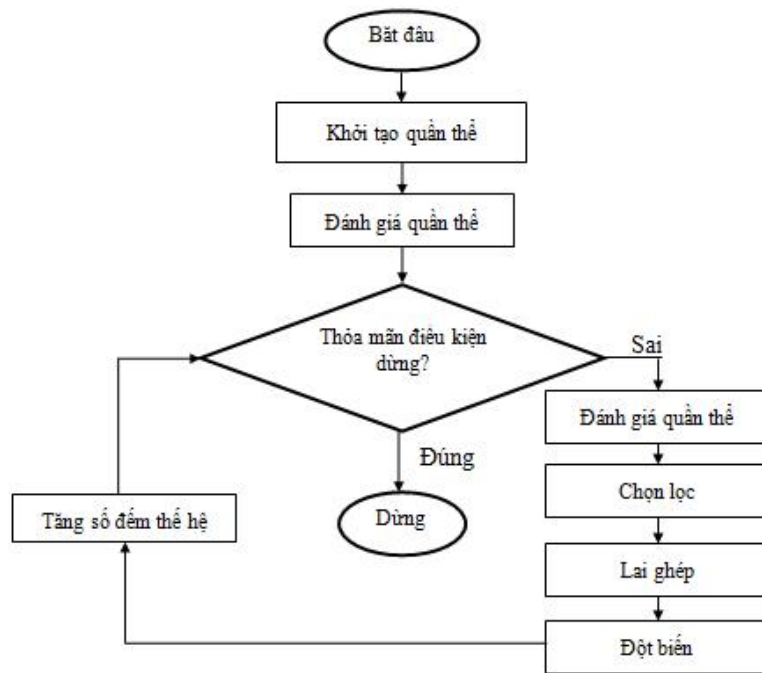


Hình 14. Tính tham số hệ quang ngồi nổ laser TL tầm trung, $\beta_{ktph-yc} = 18.2^0$

Bảng 1. Các tham số quang hợp lý cho ngồi nổ laser lắp trên ba loại tên lửa với các góc nghiêng khác nhau.

STT	$\beta_{ktph-yc}$ (độ)	Tham số tối ưu (mm)			$\beta_{ktph-dd}$ (độ)	Sai số
		x	y	l		
1	5.67^0	0.17	5	0.65	5.65386	0.01614
2	18.2^0	0.16	3.3	1.85	18.2002	0.00023
3	8.34^0	0.13	4.23	0.98	8.3425	0.0025

3.2.2. Phương án ứng dụng thuật toán di truyền:



Hình 15. Lưu đồ thực hiện thuật toán GA

- Với góc nghiêng tối ưu yêu cầu: $\beta_{kt\ ph\ yc} = 5,67^0$.

Cá thể tốt nhất sau khi dừng GA được cho như sau:

$$l_{kt\ mc\ ph} = 0,575158514093658;$$

$$x_{mc\ ph} = 0,094492108813316;$$

$$y_{mc\ ph} = 3,848253011640023.$$

Ứng với bộ nghiệm đó, giá trị góc nghiêng nhận được: $\beta_{kt\ ph} \approx 5,6699935$. Như vậy GA xác định bộ tham số cần tìm với sai số giữa góc nghiêng tính toán so với góc nghiêng yêu cầu là $6.5E-6$.

- Với góc nghiêng tối ưu yêu cầu: $\beta_{kt\ ph\ yc} = 18,2^0$.

Cá thể tốt nhất sau khi dừng GA được cho như sau:

$$l_{kt\ mc\ ph} = 1,379027895931647;$$

$$x_{mc\ ph} = 0,064654560677289;$$

$$y_{mc\ ph} = 2,293793596267997.$$

Ứng với bộ nghiệm đó, giá trị góc nghiêng nhận được: $\beta_{kt\ ph} \approx 18,20017$. Như vậy GA xác định bộ tham số cần tìm với sai số giữa góc nghiêng tính toán so với góc nghiêng yêu cầu là $1.7E-4$.

3.3. Kết luận chương 3

Nội dung của luận án trong chương này đã tiến hành khảo sát đánh giá ảnh hưởng của các tham số quang hình đến chất lượng làm việc của vùng quan sát, ảnh hưởng tới vùng mù cũng như giới hạn xa của vùng quan sát. Từ những khảo sát và phân tích này đã tiến hành xây dựng và đưa ra được hai phương pháp tính toán tham số tối ưu cho hệ quang, xây dựng thuật toán và phần mềm giúp quá trình tính các tham số nhanh và chính xác.

Chương 4

NÂNG CAO ĐỘ TIN CẬY CHO NGÒI NỔ LASER TRÊN CƠ SỞ KỸ THUẬT MÃ HÓA XUNG THĂM DÒ

4.1. Ảnh hưởng của nhiễu đến hoạt động của ngòi nổ laser

Như ta đã biết, tín hiệu phản xạ về thiết bị thu, ngoài tín hiệu từ mục tiêu, ngòi nổ laser còn chịu ảnh hưởng của tác động từ nhiễu như: đám mây, mưa, mặt đất, rừng, mặt biển,... và các tín hiệu tạo ra từ chế áp trực tiếp của đối phương, nhiễu tạp nội bộ trong hệ thống thiết bị thu.

4.2. Các phương pháp chống nhiễu cho ngòi nổ laser

Đặt ngưỡng biên độ cho tín hiệu kích nổ; Đặt kính lọc ở đầu vào của bộ phận thu laser tương đồng với bước sóng chùm tia laser phát của bộ phận phát laser; Chọn hệ quang với bộ phận phát và bộ phận thu laser có trường nhìn theo mặt phẳng kinh tuyến rất hẹp; Đồng bộ thời gian làm việc của bộ phận thu laser và của bộ phận xử lý tín hiệu theo bộ phận phát laser; Chọn đặc tuyến biên độ - tần số của khâu khuếch đại tín hiệu sao cho hệ số khuếch đại rất nhỏ với các tín hiệu có tần số thấp; Tạo xung cửa ở bộ phận xử lý tín hiệu. Tuy nhiên, các phương tiện tập kích đường không đã có những tiến bộ vượt bậc về khả năng đối kháng và chống đối kháng, chúng sử dụng các biện pháp gây nhiễu tích cực cho ngòi nổ laser. Chính vì vậy bài toán mã hóa xung thăm dò của ngòi nổ laser cần phải đặt ra.

4.3. Nâng cao chất lượng ngòi nổ laser bằng kỹ thuật mã hóa

Để mã hóa tín hiệu, ta chỉ cần nhân bit cần mã hóa với từng bit của chuỗi giả ngẫu nhiên PN (số lượng bit tạo thành sẽ bằng chiều dài của chuỗi PN):

$$d_n \rightarrow s_n(1...k) = d_n \cdot PN(1...k)$$

Trong đó
$$d_n = \begin{cases} 1 & \text{khi data bit} = 1 \\ -1 & \text{khi data bit} = 0 \end{cases}$$

Để giải mã tín hiệu:

$$s_n(1 \dots k) \rightarrow \tilde{s}_n(1 \dots k) = s_n(1 \dots k) \cdot PN(1 \dots k) \rightarrow d_n = \text{sgn}\left(\sum \tilde{s}_n(1 \dots k)\right)$$

4.3.1. Giải pháp mã hóa:

Đối với các thiết bị ngòi nổ laser làm việc với thiết bị phát đơn xung với chu kỳ không đổi, ưu điểm là thiết bị gọn nhẹ dễ triển khai, nhưng nhược điểm là dễ bị phát hiện và dễ bị chế áp bằng việc thu tần số và tạo mục tiêu giả để gây sai số đo cự li mục tiêu. Do đó, để đảm bảo việc chống nhiễu có hiệu quả và hiện thực hóa được trên các lớp tên lửa phòng không sử dụng ngòi nổ laser ta có thể thực hiện quá trình mã hóa xung dò theo một quy luật biết trước để gây khó khăn cho việc giải mã cũng như chế áp do địch gây ra.

Quá trình mã hóa được thực hiện bởi n bit mã hóa trong một khoảng thời gian xung (số bit mã hóa càng lớn thì khả năng chống nhiễu càng cao). Tuy nhiên, số bit mã hóa càng lớn thì khả năng đáp ứng của phần cứng để đảm bảo tính thời gian thực càng giảm.

Mỗi lần xác định cự ly thiết bị phát đi n bit dữ liệu theo định nghĩa cho mỗi loại tên lửa/ mục tiêu, trong mỗi bit dữ liệu gồm 1 bit start, 1 bit stop và chuỗi bit mã hóa theo mã Gold có độ dài $2^m - 1$ bit. Bit dữ liệu và bit mã có mức logic là 1 sẽ được truyền đi, các bit 0 không được truyền.

Tính toán tham số cự ly:

Cự ly đến mục tiêu được xác định sau mỗi bit mã truyền và xử lý thành công. Nghĩa là, việc xác định cự ly đến mục tiêu giống như đối với tín hiệu phát dạng đơn xung. Sau khi phát một bit mã và thu được tín hiệu mục tiêu ta đo thời gian giữ chậm và tính được cự li mục tiêu. Cứ như vậy, sau mỗi chuỗi bit mã của 1 bit dữ liệu truyền và xử lý thành công thì cự ly đến mục tiêu được xác định theo phương pháp trung bình các cự ly tính được.

Hình 16. Lưu đồ thuật toán phát chuỗi ngẫu nhiên và xác định vận tốc tiếp cận

4.3.2. Mã hóa và truyền rời rạc từng bit mã.

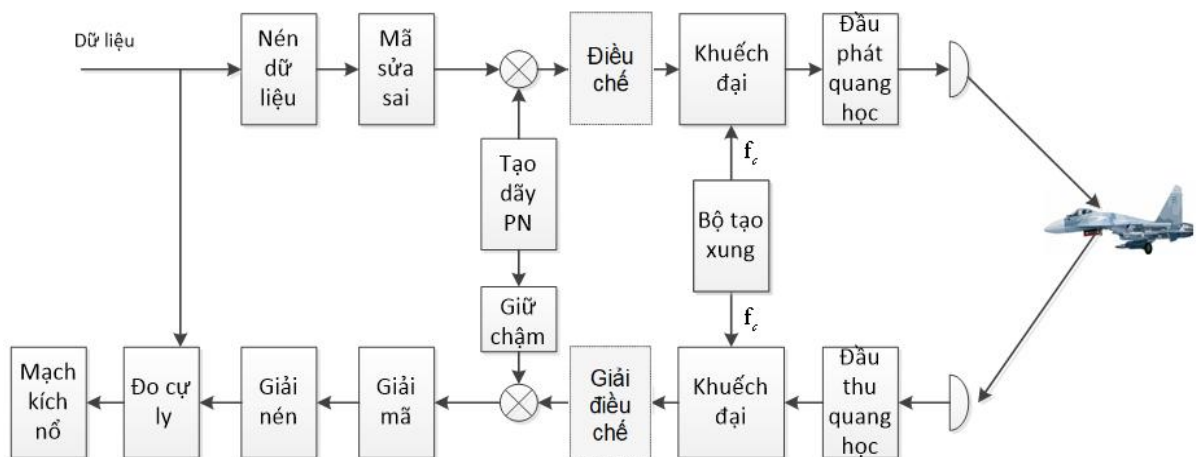
Sau khi truyền, nhận xong 1 bit mã thì bit tiếp theo sẽ được truyền, quá trình lặp lại cho tới hết chuỗi bit

4.3.3. Mã hóa và truyền liên tục chuỗi mã.

Điểm khác biệt của phương pháp này so với phương pháp ở phần trên là các bit mã được truyền liên tục, ngay sau 1 bit vừa truyền mà không cần đợi đến khi bit đó được nhận và xử lý xong, nghĩa là ta truyền cả một gói dữ liệu 33 bit gồm bit start, bit mã và bit stop cùng một lúc.

4.4. Giải pháp hiện thực hóa kỹ thuật mã hóa xung thăm dò.

Một trong các tiêu chí quan trọng nhất về chống nhiễu đối với ngòi nổ laser đó là: xử lý tin cậy, bảo mật và có thể triển khai được trên phần cứng. Như đã đề cập ở trên, luận án đề xuất một hệ thống mã hóa sửa lỗi dùng trên ngòi nổ laser như mô tả trong hình 4.6. Trong phạm vi luận án, chỉ giải quyết vấn đề mã hóa tạo tín hiệu điều chế.



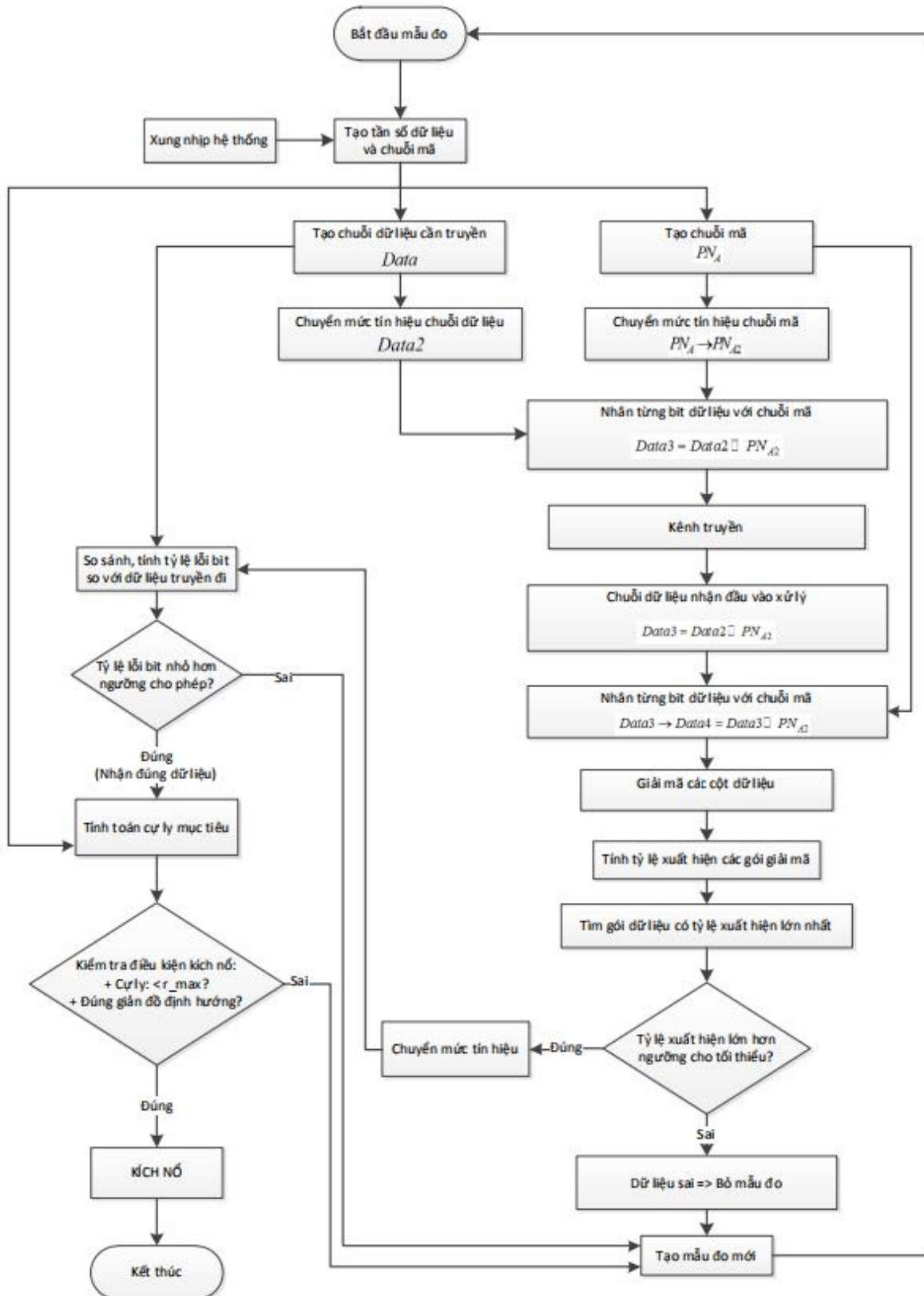
Hình 17. Sơ đồ chức năng hệ thống mã hóa dùng trên ngòi nổ laser

4.5. Mô phỏng và thực nghiệm phương pháp mã hóa.

4.5.1. Tính toán thiết kế

Bảng 2. Thông số đầu vào

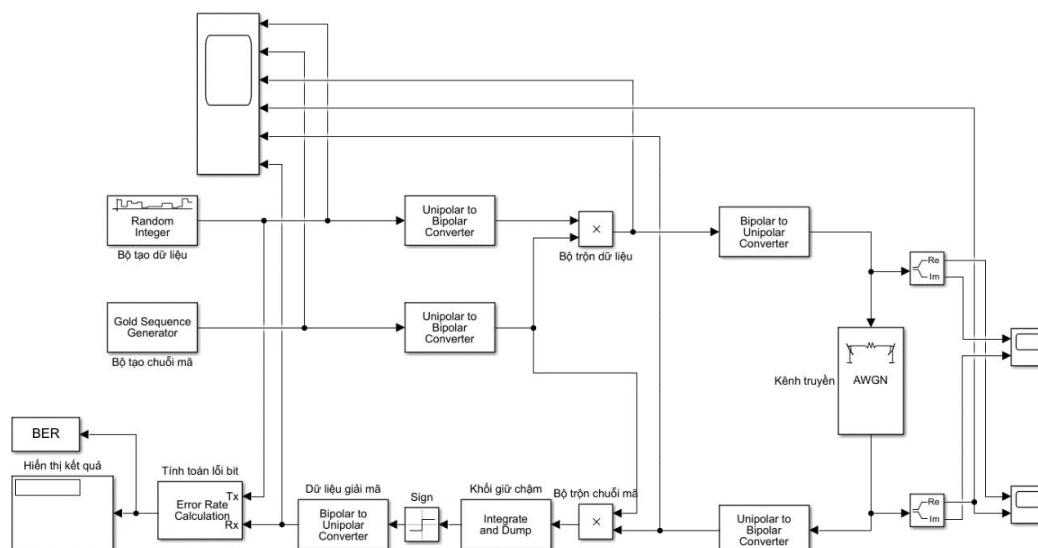
STT	Thông số	Giá trị	Đơn vị
1	Vận tốc ánh sáng c	$3 \cdot 10^8$	m/s
2	Cự ly đo xa nhất, $D_{xa_nhất}$	100	m
3	Độ phân giải cự ly, D_{pg}	1	m
4	Vận tốc tối đa giữa tên lửa và mục tiêu, v_{tl-mt}	1700	m/s



Hình 18. Lưu đồ thuật toán chống nhiễu

4.5.2. Xây dựng mô hình mô phỏng

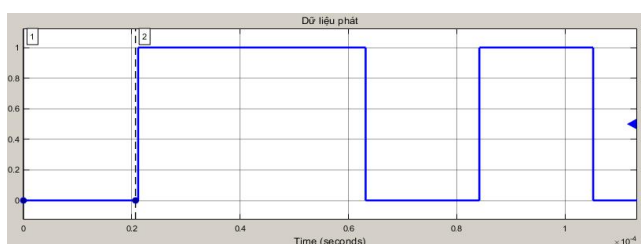
Mô hình thiết kế trên Simulink:



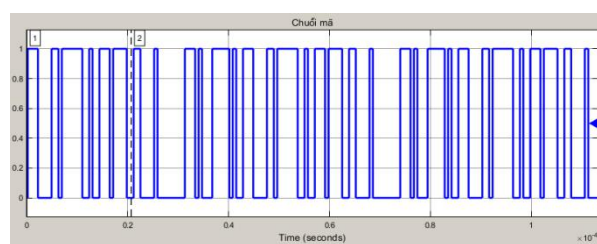
Hình 19. Sơ đồ Matlab-Simulink của hệ thống sử dụng mã hóa

4.5.3. Khảo sát, đánh giá khả năng kháng nhiễu

Chuỗi dữ liệu truyền đầu vào kênh phát và dữ liệu mã:

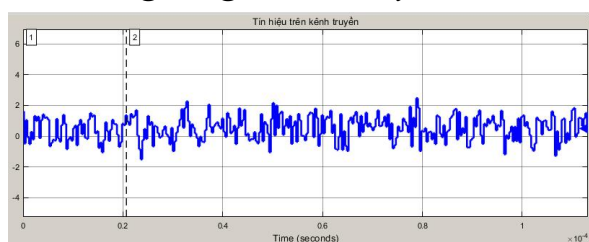


a) Chuỗi dữ liệu

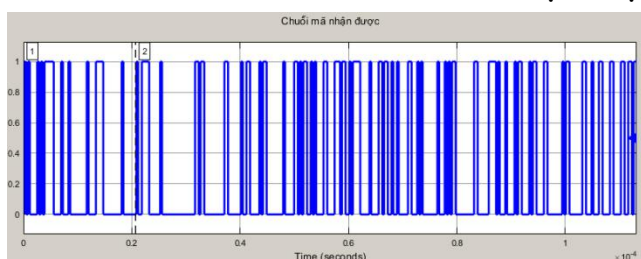


b) Chuỗi PN (Mã Gold)

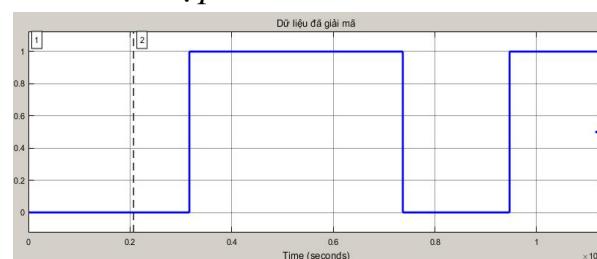
Hình 20. Dạng xung dữ liệu truyền đi và mã Gold



Hình 21. Tín hiệu được mã hóa kết hợp nhiễu



a) Tín hiệu tại kênh thu



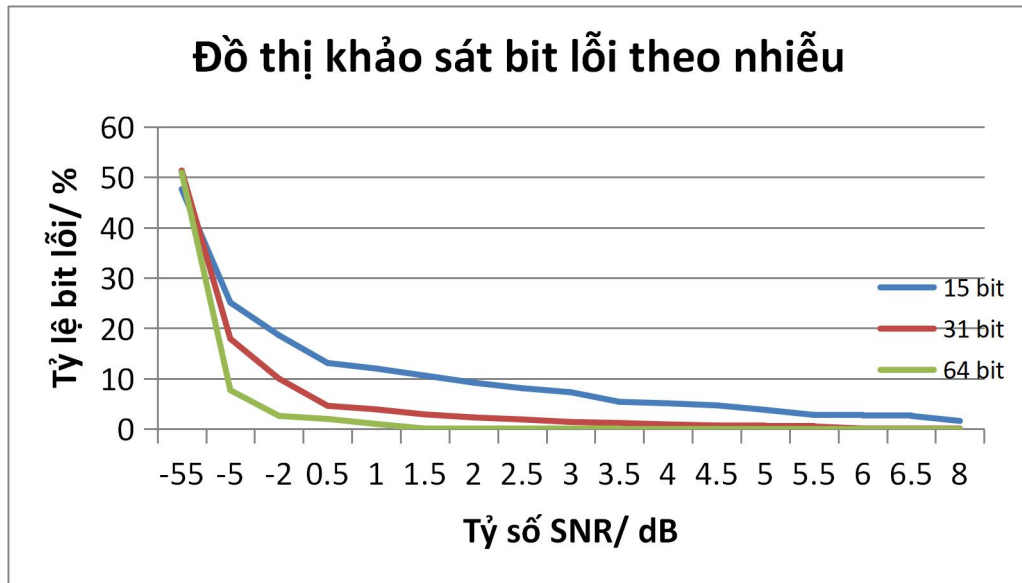
b) Chuỗi dữ liệu giải mã

Hình 22. Dạng xung dữ liệu sau khi đã được giải điều chế ở máy thu

Kết quả mô phỏng cho thấy thời gian giữ chậm giữa 1 bit dữ liệu phát đi và thu về là 0,325 us (tức tần số dữ liệu 2,997MHz) thỏa mãn với các thông số tính toán,

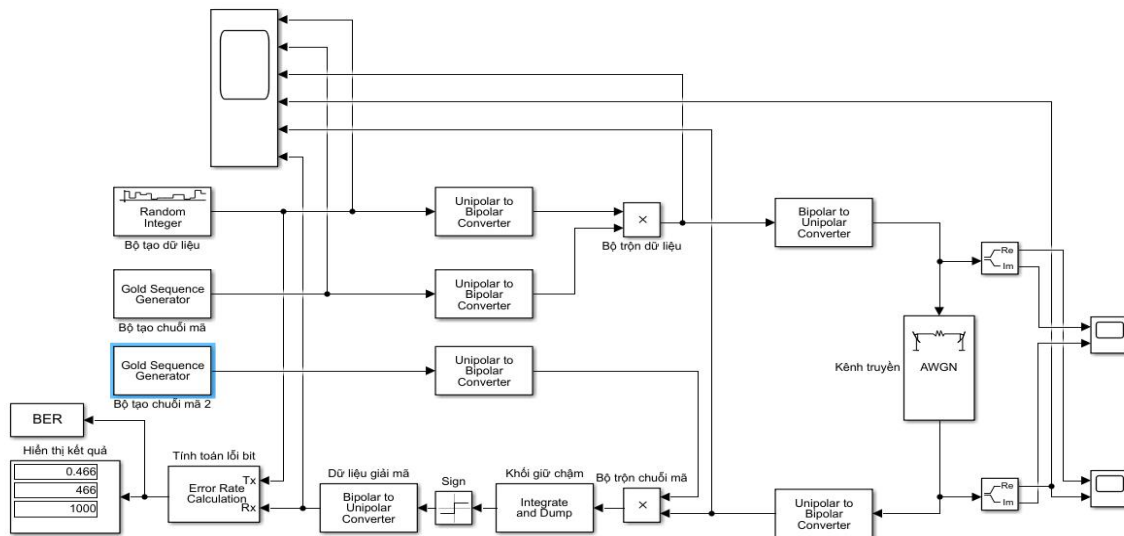
thiết kế. Về lỗi bit, ta thấy trong 1024 bit dữ liệu truyền thì có 8 bit dữ liệu bị lỗi, tương ứng 0,7% tổng số bit truyền đi. Đây là mức lỗi bit rất thấp.

4.5.4. Khảo sát, đánh giá ảnh hưởng của chuỗi tạo và giải mã ngẫu nhiên



Hình 23. Đồ thị khảo sát lỗi bit theo nhiễu

4.5.6. Khảo sát, đánh giá tính bảo mật và phá mã

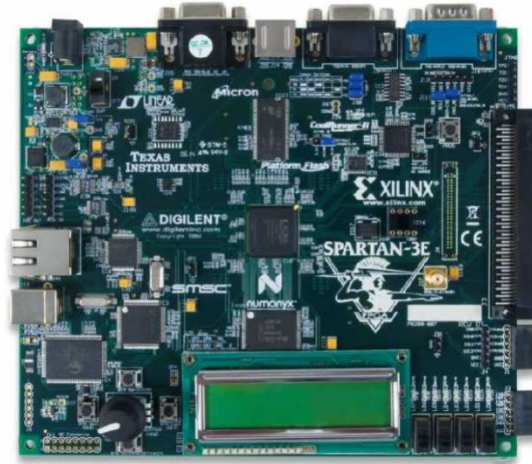


Hình 24. Sơ đồ mô phỏng đánh giá tính bảo mật và phá mã

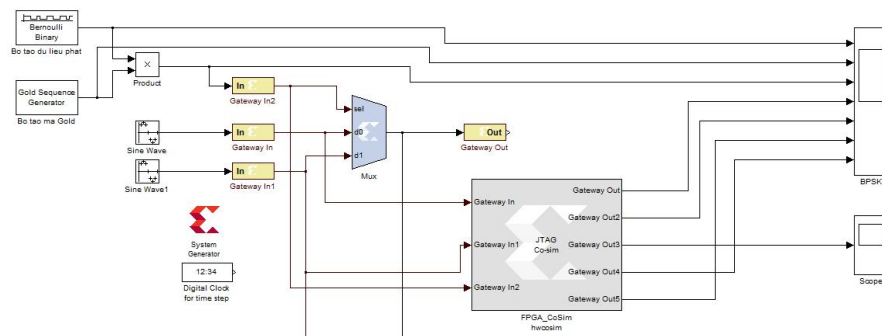
Trường hợp đối phương cũng sử dụng mã Gold. Tỷ lệ lỗi bit là 37% của 31 bit tương ứng với 11 bit lỗi, để dò ra mã đúng phải thử 2^{11} lần nên không đủ thời gian do tên lửa đã tiếp tục di chuyển đến vị trí khác. Nếu đối phương không biết mã dùng để mã hóa thì sẽ không thể tạo giả được chuỗi tín hiệu phản xạ từ mục tiêu về đầu thu laser. Như vậy, đây là phương pháp có độ bảo mật rất cao.

4.5.7. Triển khai giải pháp trên phần cứng

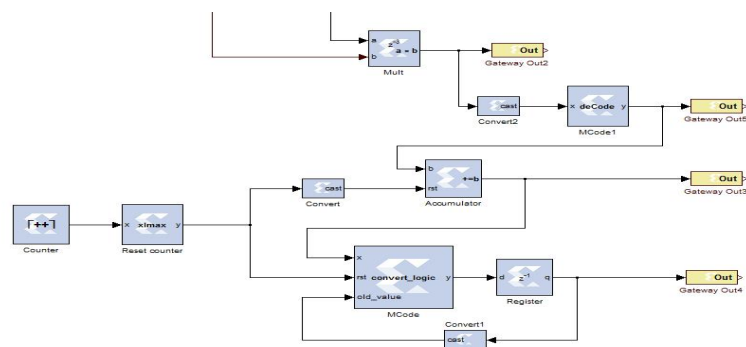
Cấu hình phần cứng: Sử dụng 2 KIT FPGA Spartan 3E làm khối phát và khối thu dữ liệu.



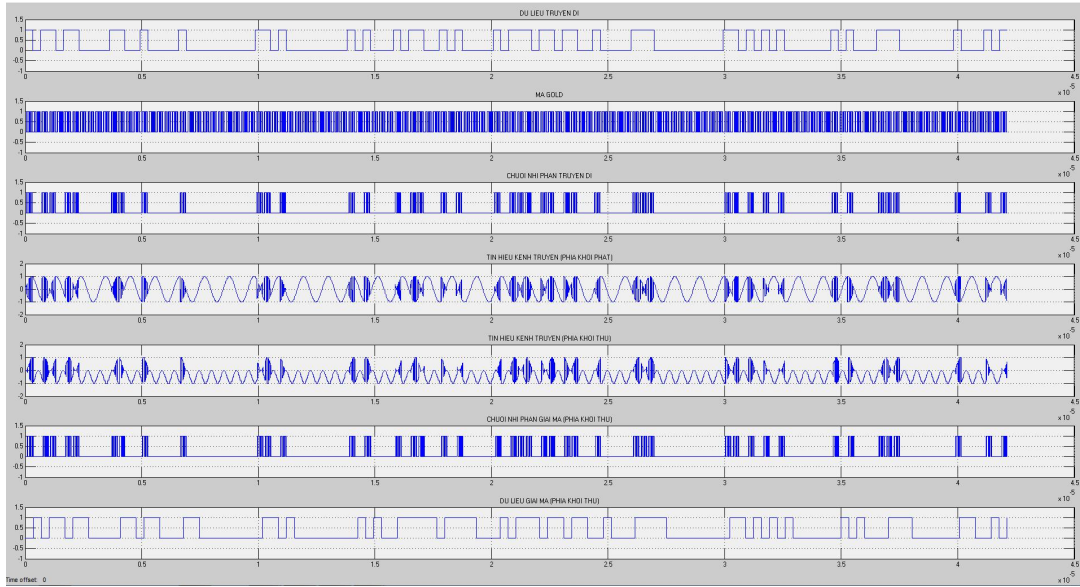
Hình 25. KIT FPGA Spartan 3E làm khối phát và khối thu dữ liệu
Thiết kế khối phát



Hình 26. Thiết kế khối phát trên FPGA
Thiết kế khối thu



Hình 27. Thiết kế khối thu trên FPGA



Hình 28. Đồ thị phân tích tín hiệu trên KIT FPGA

4.6. Kết luận chương 4

Nội dung của chương đã đề xuất được một thuật toán mã hóa xung phát laser bằng chuỗi ngẫu nhiên có khả năng chống nhiễu chế áp điện tử. Đồng thời đề xuất thuật toán xác định tốc độ thay đổi cực ly giữa tên lửa và mục tiêu bằng đầu dò laser ở giai đoạn cận đích. Kết quả giúp tăng cường khả năng chống nhiễu và cho phép thu được các thông tin có ích một cách chính xác. Thuật toán luận án đưa ra đã được kiểm chứng dựa trên các kết quả mô phỏng bởi phần mềm mô phỏng Matlab-Simulink và thực nghiệm trên KIT FPGA.

KẾT LUẬN

Luận án đã tiến hành nghiên cứu xây dựng mô hình hệ quang học của ngòi nổ laser. Xây dựng các công thức tính toán các tham số quan trọng của hệ quang, từ đó phát triển thành phần mềm tính các tham số quang hình, các tham số này có thể điều chỉnh được trong quá trình thiết kế, hiệu chỉnh ngòi nổ laser. Tiến hành thu thập dữ liệu và khảo sát sự ảnh hưởng lẫn nhau của các thông số quang hình, đưa ra những nhận xét khoa học, phục vụ cho việc lựa chọn tham số tối ưu cho vùng quan sát của ngòi nổ khi nghiên cứu phát triển ngòi nổ laser sau này. Đồng thời, đã đề xuất một giải pháp chống nhiễu cho ngòi nổ laser để nâng cao khả năng chống nhiễu, đảm bảo

tỉ số tín/tạp ở đầu ra máy thu lớn để từ đó tăng hiệu quả tiêu diệt mục tiêu cho tên lửa phòng không sử dụng ngòi nổ laser.

Từ việc phân tích đối tượng nghiên cứu là ngòi nổ laser trên tên lửa phòng không, phân tích ưu nhược điểm của các công trình trong và ngoài nước đã công bố có liên quan luận án đã xác lập mục tiêu nghiên cứu cùng với các nhiệm vụ cần phải giải quyết để đạt được mục tiêu đề ra. Các kết quả cơ bản mà luận án đã đạt được là:

- Xây dựng mô hình hệ thống quang của ngòi nổ laser trên tên lửa phòng không, xây dựng biểu thức tính toán các tham số quang hình trên hai mặt phẳng kinh tuyến và mặt phẳng xích đạo.

- Khảo sát sự ảnh hưởng của các tham số quang hình đến thông số làm việc của ngòi nổ, từ đó xây dựng phần mềm tính toán các tham số thích hợp cho hệ quang khi thiết kế và hiệu chỉnh hệ quang của ngòi nổ laser lắp cho tên lửa.

- Đề xuất một giải pháp mã hóa chống nhiễu cho ngòi nổ laser của tên lửa phòng không.

- Tiến hành khảo sát và mô phỏng trên phần mềm Matlab-Simulink và thực nghiệm trên KIT FPGA Spartan 3E để kiểm chứng. Các kết quả mô phỏng và thực nghiệm đã cho thấy tính đúng đắn của giải pháp chống nhiễu đã đề xuất.

Những đóng góp khoa học mới của luận án:

Đối chiếu với hai bài toán đã đặt ra trong chương 1 cho thấy luận án đã hoàn thành được mục tiêu đề ra, thể hiện qua các điểm:

1. Xây dựng được mô hình hệ quang, bộ công thức tính toán các thông số, khảo sát được sự ảnh hưởng lẫn nhau của các tham số, trên cơ sở đó xây dựng được bộ phần mềm tính toán các tham số quang hình của ngòi nổ laser.

2. Đề xuất được giải pháp chống nhiễu mới cho ngòi nổ laser trên tên lửa phòng không. Với phương pháp đề xuất, luận án đã mô phỏng khảo sát và tiến hành thực nghiệm, thông qua kết quả cho thấy tính khả thi của giải pháp.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

[1]. Nguyễn Đức Thi, Nguyễn Trường Sơn, Trần Hoài Linh, Trần Xuân Tình - *Nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số quang học đến chất lượng làm việc của ngòi nổ laser*. Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, số 54, tháng 4/2018. ISSN 1859-1043.

[2]. Nguyễn Đức Thi, Nguyễn Trường Sơn, Trần Hoài Linh, Trần Xuân Tình, Dương Hoà An - *Nghiên cứu giải pháp nâng cao độ tin cậy cho cảm biến laser của tên lửa phòng không*. Tạp chí khoa học và công nghệ Đại học Thái Nguyên, số 208, tháng 11/2019. ISSN 1859-2171.

[3]. Nguyễn Đức Thi, Nguyễn Trường Sơn, Trần Hoài Linh, Trần Xuân Tình - *Tối ưu hoá tham số cho hệ quang ngòi nổ laser*. Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, số 68, tháng 8/2020. ISSN 1859-1043.

[4]. Nguyễn Đức Thi, Nguyễn Trường Sơn, Trần Hoài Linh, Trần Xuân Tình, Trần Thuỷ Văn - *Nghiên cứu giải pháp mã hóa chống nhiễu cho ngòi nổ laser của tên lửa phòng không*. Tạp chí KH&CN Đại học Công nghiệp Hà Nội, Tập 56, số 4, tháng 8/2020. ISSN 1859-3585.

[5]. Nguyễn Đức Thi, Nguyễn Trường Sơn, Trần Hoài Linh, Trần Xuân Tình - *Xây dựng thuật toán xác định tốc độ thay đổi cự ly giữa tên lửa với mục tiêu*. Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, số 69, tháng 10/2020. ISSN 1859-1043.