XÂY DỰNG GIẢI PHÁP ĐỒNG BỘ THAM SỐ GIỮA THIẾT BỊ TẠO ĐƯỜNG BAY KZUV VÀ TỔ HỢP ZSU-23-4 CẢI TIẾN

Nguyễn Đức Thọ*, Phạm Trường Giang, Ngô Ngọc Hoàng

Tóm tắt: *Bài báo trình bày giải pháp đồng bộ tham số giữa thiết bị tạo đường bay KZUV và tổ hợp PPK tự hành ZSU-23-4 cải tiến. Đối tượng nghiên cứu của bài báo là thiết bị ghép nối giữa thiết bị tạo đường bay KZUV của Nga và tổ hợp PPK tự hành ZSU-23-4 cải tiến của Việt Nam. Vấn đề được đề cập trong bài báo là xây dựng giải pháp chuyển đổi các tham số mục tiêu giả định trong hệ tọa độ Đề-các dưới dạng tín hiệu tương tự có tần số 400 Hz thành các tham số trong hệ tọa độ cầu dạng số hóa nhằm mục đích truyền đến tổ hợp ZSU-23-4 cải tiến. Quá trình chuyển đổi đảm bảo tính thời gian thực và độ chính xác cao. Kết quả nghiên cứu làm cơ sở để xây dựng thiết bị cho phép ghép nối, kiểm tra, đánh giá độ chính xác của hệ thống máy tính đường đạn trên tổ hợp ZSU-23-4 cải tiến theo các bài kiểm tra của tổ hợp ZSU-23-4 nguyên bản.*

Từ khóa: Tham số; Thiết bị ghép nối; Thiết bị tạo đường bay; ZSU-23-4.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xuất phát từ yêu cầu hiện đại hóa, áp dụng các công nghệ tiên tiến trên thế giới vào lĩnh vực quân sự Việt Nam, một số tổ hợp vũ khí, khí tài được trang bị trong Quân đội đã và đang được cải tiến, nâng cấp lên bán tự động, tự động bằng phương pháp số hóa máy tính và hệ thống điều khiển hỏa lực tiêu biểu như tổ hợp PPK tự hành ZSU-23-4. Do sự hạn chế về số lượng tổ hợp ZSU-23-4 đã được cải tiến nên thiết bị tạo đường bay KZUV vẫn được sử dụng rộng rãi tại các nhà máy, đơn vị được trang bị tổ hợp ZSU-23-4 nhằm tạo các tham số của mục tiêu phục vụ quá trình kiểm tra, huấn luyện. Các tham số của mục tiêu từ thiết bị tạo đường bay KZUV truyền đến máy tính trên tổ hợp ZSU-23-4 nguyên bản dưới dạng các tín hiệu điện xoay chiều có tần số 400 Hz. Xuất phát từ yêu cầu về tính chất của các tín hiệu đầu vào được truyền đến máy tính trong tổ hợp ZSU-23-4 cải tiến là tín hiệu số trong dải điện áp từ -5VDC đến +5VDC, các tín hiệu mang tham số của mục tiêu từ thiết bị tạo đường bay KZUV không thể sử dụng trực tiếp cho tổ hợp ZSU-23-4 cải tiến. Bởi vậy, giải pháp đồng bộ tham số giữa thiết bị tạo đường bay KZUV và máy tính trong tổ hợp ZSU-23-4 cải tiến là giải pháp tối ưu nhằm sử dụng thiết bị tạo đường bay để kiểm tra, đánh giá cho tất cả các phiên bản của tổ hợp ZSU-23-4 hiện đang được trang bị trong Quân đội Việt Nam.

2. NGUYÊN LÝ VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT TẠO THAM SỐ CỦA THIẾT BỊ TẠO ĐƯỜNG BAY KZUV

2.1. Nguyên lý tạo tham số của thiết bị tạo đường bay KZUV

Các tham số đầu vào và đầu ra của thiết bị tạo đường bay KZUV là các tín hiệu điện xoay chiều có tần số 400 Hz.

Các tham số đầu vào được đưa vào thiết bị tạo đường bay KZUV bằng cách vặn các núm xoay trên mặt các khối tương ứng của thiết bị gồm V_r (m/s), P (m), H (m), Q (ly giác) lần lượt là thành phần tốc độ nằm ngang, tham số hướng, độ cao và góc đường đi của mục tiêu.

Các tham số được tạo ra nhờ các hệ thống bám sát giải toán gồm S (m), q (ly giác), β (ly giác), ε (ly giác), D (m) lần lượt là cự ly hướng, góc hướng, góc phương vị, góc tà và cự ly nghiêng của mục tiêu.

Các tham số đầu ra gồm β, ε và D thu được từ thiết bị tạo đường bay KZUV bằng cách đọc giá trị trên các đồng hồ được gắn trên mặt thiết bị. Độ chính xác khi đọc các tham số β và ε là 2 ly giác. Độ chính xác khi đọc tham số D là 10 mét.

Hệ thống bám sát giải toán được cấu thành từ bốn thành phần gồm mạch tính toán tham số, mạch hiệu chỉnh tỉ lệ, mạch khuếch đại và mạch ổn định.

Mạch tính toán tham số có chức năng tính toán các tham số dưới dạng tín hiệu xoay chiều 400 Hz từ các tham số được nhập vào thiết bị tạo đường bay KZUV và từ các kết quả của quá trình tính toán có phản hồi từ mạch khuếch đại. Kết quả tính toán dựa trên các tham số được nhập vào thiết bị tạo đường bay được đưa đến mạch hiệu chỉnh. Kết quả tính toán mang tham số của mục tiêu trong hệ tọa độ Đề-các và hệ tọa độ cầu được đưa ra các đầu giắc kết nối ngoại vi.

Mạch hiệu chỉnh tỉ lệ dùng để hiệu chỉnh điện áp đầu vào bộ khuếch đại, đảm bảo điện áp đi đến đầu vào bộ khuếch đại của hệ thống bám sát luôn ở trong giới hạn với mọi giá trị của đại lượng đầu vào. Thành phần quan trọng nhất của mạch hiệu chỉnh tỉ lệ được sử dụng trong thiết bị tạo đường bay KZUV là biến trở.

Mạch khuếch đại có đầu ra là hàm số tỉ lệ với tín hiệu tức thời đầu vào. Tín hiệu đầu ra của mạch khuếch đại làm quay động cơ, đồng thời làm quay máy phát tốc độ nhằm tạo tín hiệu phản hồi trở lại mạch khuếch đại.

Mạch ổn định là mạch tạo ra tín hiệu hồi tiếp nhận được từ máy phát tốc độ. Mạch hồi tiếp trong thiết bị tạo đường bay KZUV gồm hai thành phần mắc song song là mạch ổn định theo gia tốc và mạch ổn định theo tốc độ của tín hiệu đầu vào bộ khuếch đại.

Thành phần chính trong mạch tính toán tham số của thiết bị tạo đường bay là các biến áp xoay. Biến áp xoay mắc các vòng dây theo sơ đồ khác nhau nhằm thực hiện các chức năng tính toán và xử lý tín hiệu gồm biến áp xoay sin-cos, biến áp xoay tuyến tính và biến áp xoay tỉ lệ. Tính chất của các biến áp xoay tuyến tính và tỉ lệ là các phép tính đại số nhận được khi mắc các vòng dây theo sơ đồ khác nhau từ tính chất của biến áp sin-cos.

Biến áp xoay sin-cos là thiết bị biến đổi từ cơ năng sang tín hiệu điện năng theo hàm tỉ lệ với $\sin\theta$ và $\cos\theta$, trong đó, θ là góc xoay giữa phần cảm và phần ứng của biến áp.

Điện áp trên cuộn C(sin) của biến áp xoay sin-cos khi làm việc trong chế độ không tải ($Z_{HC} = \infty$, $I_C = 0$) là phương trình của hàm số $\sin\theta$:

$$E_C = K_e \cdot E_{B1} \cdot \sin\theta \quad (1)$$

Trong đó, $Z_{HC} = R_{HC} + j \cdot X_{HC}$, R_{HC}, X_{HC}, lần lượt là tổng trở kháng, điện trở thuần, cảm kháng của tải bên ngoài; I_C, E_{B1}, $K_e = w_2 \cdot \sin\theta / w_1$ tương ứng là dòng điện đi qua cuộn C, điện áp cuộn kích thích B1 và hệ số chuyển đổi điện áp; w_1, w_2 lần lượt là số vòng của cuộn thứ 1 và cuộn thứ 2 của biến áp.

Điện áp trên cuộn C khi làm việc trong chế độ có tải ($Z_{HC} \neq \infty$, $I_C \neq 0$):

$$E_C = K_e \cdot E_{B1} \cdot \sin\theta / (1 + \alpha \cdot \cos^2\theta) \quad (2)$$

Với hệ số $\alpha = j \cdot \omega \cdot w_2^2 \cdot \Lambda / (Z_{HC} + Z_C)$ (3)

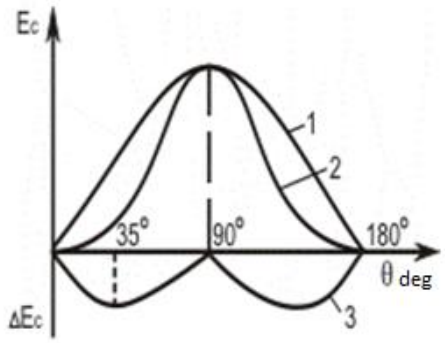
Trong đó, $\omega = 2\pi f$, Λ tương ứng là tần số góc của điện áp qua cuộn C và độ dẫn từ của cuộn C; $Z_C = R_C + j \cdot X_C$, R_C, X_C tương ứng là tổng trở kháng, điện trở thuần và cảm kháng của cuộn dây C.

Tương tự với trường hợp tính toán với cuộn dây K (cos) khi cuộn C nối tắt của biến áp xoay.

Biến áp xoay làm việc ở chế độ không tải: $E_K = K_e \cdot E_{B1} \cdot \cos\theta$ (4)

Biến áp xoay làm việc ở chế độ có tải: $E_K = K_e \cdot E_{B1} \cdot \cos\theta / (1 + \alpha \cdot \sin^2\theta)$ (5)

Sai số của điện áp đầu ra của biến áp xoay hoạt động khi có tải so với phương trình dạng sin được mô tả trong hình 1.



Hình 1. *Sai số điện áp đầu ra so với phương trình sin.*

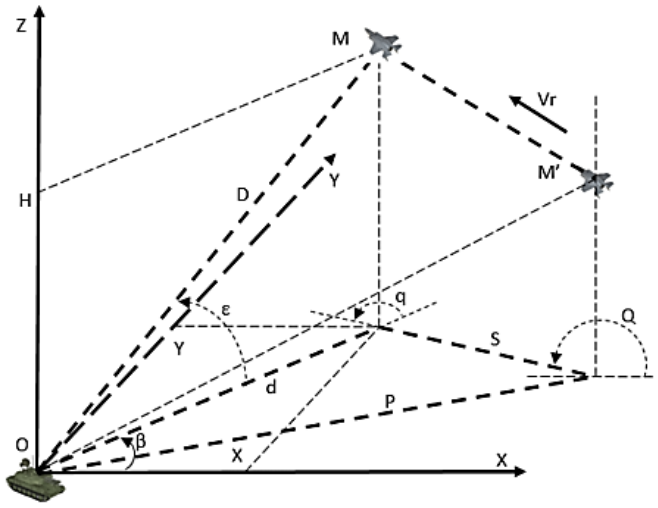
Trong đó: 1, 2, 3 tương ứng là đồ thị hình sin, điện áp đầu ra của biến áp xoay khi $\alpha \neq 0$ và sai số ΔE_C phụ thuộc vào góc θ giữa đồ thị 2 với đồ thị 1.

Sai số điện áp giữa có tải và không tải có thể giải thích do có sự xuất hiện từ thông vuông góc Φ_{qc} với cuộn đầu ra. Có thể giảm thiểu sai số bằng phương pháp giảm số vòng dây hoặc tăng trở kháng của tải (phương pháp giảm hệ số), trong đó, phương pháp tăng trở kháng của tải được sử dụng phổ biến hơn. Dù vậy, hệ số α là số phức, nên khi thay đổi góc θ đồng thời sẽ thay đổi cả pha của điện áp đầu ra.

Từ thực nghiệm với biến áp xoay số hiệu KΦ3031.064 cho kết quả điện áp trên cuộn C khi biến áp xoay hoạt động ở chế độ có tải sai số nhỏ hơn 3% so với tính toán lý thuyết.

2.2. Cơ sở lý thuyết tạo tham số của thiết bị tạo đường bay KZUV

Các tham số của mục tiêu được mô tả trong hình 2.



Hình 2. *Các tham số của mục tiêu.*

Trong đó: β (ly giác), ε (ly giác), D (m), d (m), X (m), Y (m) lần lượt là góc phương vị, góc tà, cự ly nghiêng, cự ly ngang, hình chiếu của cự ly nghiêng lên trục tọa độ X, hình chiếu của cự ly nghiêng lên trục tọa độ Y của mục tiêu.

Thiết bị tạo ra các tọa độ tức thời giả định của mục tiêu trên không trong các hệ tọa độ cầu (β, ε, D) và Đề-các (X, Y, H) bằng phương pháp giải hệ phương trình bao gồm 9 phương trình biểu thị sự tương quan giữa các đại lượng vật lý liên quan đến mục tiêu:

$$\int_0^t V_r \cdot dt = S \approx V_r \cdot t \tag{6}$$

$$S \cdot \sin q - p \cdot \cos q = 0 \quad (7)$$

$$S \cdot \cos q + p \cdot \sin q = d \quad (8)$$

$$Q - q = \beta \quad (9)$$

$$d \cdot \sin \varepsilon - H \cdot \cos \varepsilon = 0 \quad (10)$$

$$d \cdot \cos \varepsilon + H \cdot \sin \varepsilon = D \quad (11)$$

$$H = D \cdot \sin \varepsilon \quad (12)$$

$$X = d \cdot \cos \beta = D \cdot \cos \varepsilon \cdot \cos \beta \quad (13)$$

$$Y = d \cdot \sin \beta = D \cdot \cos \varepsilon \cdot \sin \beta \quad (14)$$

Việc giải các phương trình được thực hiện trong quá trình hoạt động của các hệ thống bám sát cơ khí của thiết bị.

3. GIẢI PHÁP VÀ KẾT QUẢ CHUYỂN ĐỔI CÁC THAM SỐ TRONG HỆ TỌA ĐỘ ĐỀ-CÁC THÀNH CÁC THAM SỐ TRONG HỆ TỌA ĐỘ CẦU

3.1. Giải pháp chuyển đổi các tham số mục tiêu trong hệ tọa độ Đề-các thành các tham số trong hệ tọa độ cầu

Các giá trị về góc phương vị β, góc tà ε và cự ly nghiêng D được tính toán từ chín phương trình (từ phương trình 6 đến 14).

Điện áp U_X và U_Y được tạo ra trên cùng một biến áp nên các phương trình 13 và 14 có thể viết lại như sau:

$$U_X = U_d \cdot \cos \beta \quad (15)$$

$$U_Y = U_d \cdot \sin \beta \quad (16)$$

Trong đó, U_X, U_Y, U_d lần lượt là điện áp tỉ lệ với X, điện áp tỉ lệ với Y và điện áp đầu vào của biến áp tạo ra giá trị U_X và U_Y.

Giá trị góc phương vị β bằng:

$$\beta = \arctan \frac{U_Y}{U_X} \quad (17)$$

Điện áp U_d có giá trị bằng:

$$U_d = \frac{\sqrt{U_X^2 + U_Y^2}}{k_{xy}} \quad (18)$$

Trong đó, k_{xy} là hệ số truyền của biến áp tạo ra U_X và U_Y.

Phương trình 12 có thể viết lại như sau:

$$U_H = U_D \cdot \sin \varepsilon \quad (19)$$

Trong đó, U_H là điện áp tỉ lệ với H; U_D là điện áp đầu vào của biến áp tạo ra U_H.

Điện áp U_d và U_H được tạo ra trên cùng một biến áp, từ các phương trình 10, 11 và 19 tính được giá trị của U_d:

$$U_d = U_D \cdot \cos \varepsilon \quad (20)$$

Từ phương trình 19 và 20 tính được giá trị của góc tà ε:

$$\varepsilon = \arctan\frac{U_H}{U_d} \quad (21)$$

Điện áp U_D có giá trị bằng:

$$U_D = \frac{U_H}{\sin\varepsilon} \quad (22)$$

Biến áp tạo ra điện áp U_D trong thiết bị tạo đường bay KZUV là biến áp tuyến tính, từ đó ta có mối quan hệ giữa giá trị cự ly và giá trị điện áp như sau:

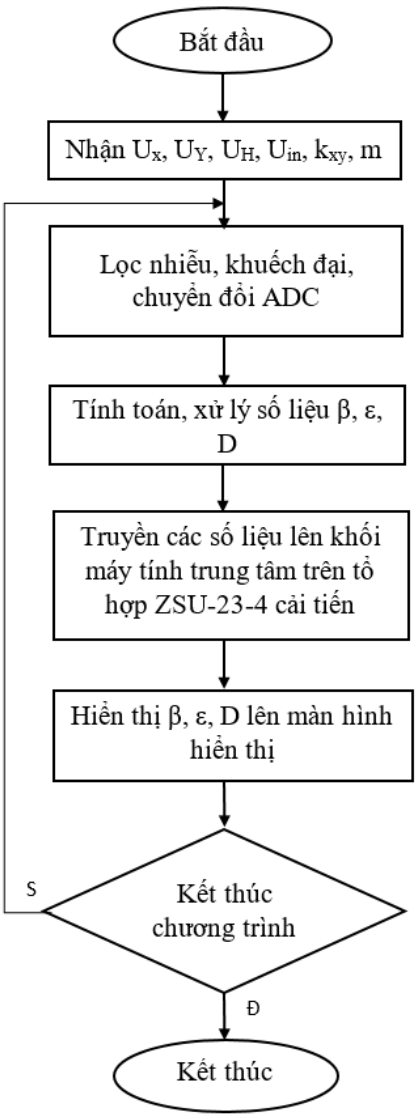
$$U_D = m \cdot D \quad (23)$$

Trong đó, m là hệ số tỉ lệ giữa điện áp và giá trị cự ly, có đơn vị là mV/m.

Suy ra cự ly D bằng:

$$D = \frac{U_D}{m} \quad (24)$$

Lưu đồ thuật toán xử lý số liệu được mô tả trong hình 3.



Hình 3. *Lưu đồ thuật toán xử lý số liệu ghép nối.*

3.2. Kết quả chuyển đổi các tham số mục tiêu trong hệ tọa độ Đề-các thành các tham số trong hệ tọa độ cầu

Các tín hiệu đầu vào thực hiện chuyển đổi gồm tín hiệu U_{in} là tín hiệu đầu vào; U_X, U_Y, U_H tương ứng là tín hiệu tham số X, tín hiệu tham số Y và tín hiệu tham số H của mục tiêu trên trong hệ tọa độ Đề-các.

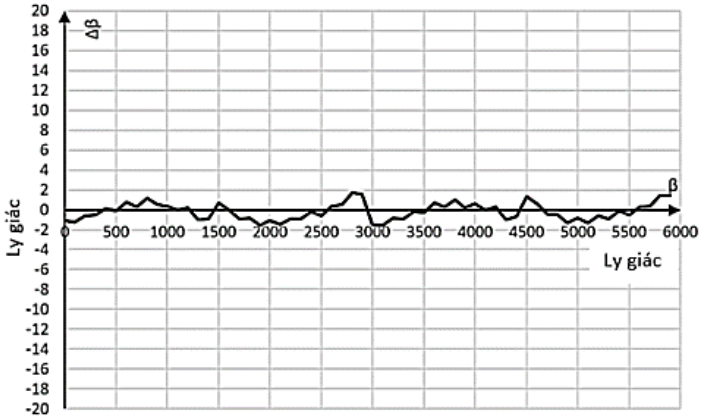
Tín hiệu đầu vào U_{in} cấp nguồn cho các biến áp xoay hoạt động và là điện áp gốc tham chiếu nhằm xác định pha của các tín hiệu U_X, U_Y, U_H. Giá trị điện áp của tín hiệu U_{in} là 40V/400Hz. Các điện áp U_X, U_Y, U_H có giá trị định mức lần lượt bằng 25V/400Hz, 25V/400Hz và 5V/400Hz. Sai số điện áp và tần số của tín hiệu lần lượt là 5% và 2 Hz.

Kết quả chuyển đổi các tham số mục tiêu trong hệ tọa độ Đề-các nhận được từ thiết bị tạo đường bay KZUV sang các tham số mục tiêu trong hệ tọa độ cầu là kết quả chuyển đổi, tính toán số liệu từ các tín hiệu điện xoay chiều có tần số 400 Hz sang tín hiệu số.

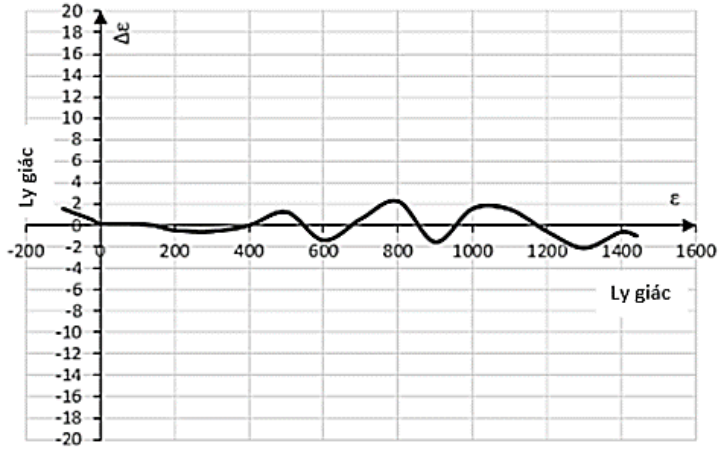
Tín hiệu đầu ra là tín hiệu mang tham số góc phương vị, góc tà và cự ly nghiêng của mục tiêu.

Chất lượng của giải pháp chuyển đổi được đánh giá bằng phương pháp tính toán sai lệch giữa giá trị nhận được sau khi chuyển đổi so với giá trị tương ứng của các tham số đầu ra được hiển thị trên thiết bị tạo đường bay KZUV tại cùng một thời điểm.

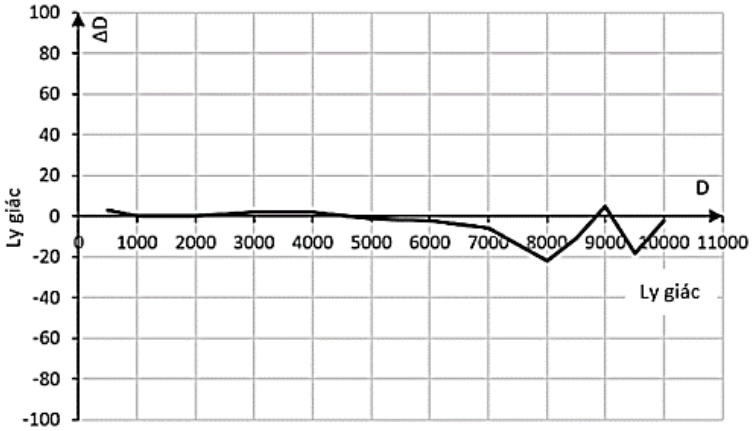
Sai lệch trong quá trình chuyển đổi của các tham số đầu ra được mô tả lần lượt trong các hình từ hình 4 đến hình 6. Trục hoành thể hiện giá trị của các tham số nhận được bằng cách đọc đồng hồ hiển thị trên thiết bị tạo đường bay KZUV.



Hình 4. *Sai lệch góc phương vị β giữa kết quả chuyển đổi và thiết bị tạo đường bay KZUV.*



Hình 5. *Sai lệch góc tà ε giữa kết quả chuyển đổi và thiết bị tạo đường bay KZUV.*



Hình 6. *Sai lệch cự ly nghiêng D giữa kết quả chuyển đổi và thiết bị tạo đường bay KZUV.*

Từ những kết quả thu được có thể rút ra nhận xét: Đối với giá trị góc phương vị, sai lệch giữa thiết bị tạo đường bay KZUV và kết quả chuyển đổi luôn dưới ±2 ly giác trong suốt thời gian hoạt động của hệ thống. Đa số các sai lệch giữa thiết bị tạo đường bay KZUV và kết quả chuyển đổi nằm trong khoảng ±2 ly giác trong quá trình thay đổi giá trị của góc tà ε. Trong quá trình thay đổi giá trị của cự ly D, hầu hết các sai lệch giữa thiết bị tạo đường bay KZUV và kết quả chuyển đổi nằm trong khoảng ±20 m.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng và khảo sát giải pháp đồng bộ tham số giữa thiết bị tạo đường bay KZUV của Nga và tổ hợp PPK tự hành ZSU-23-4 cải tiến của Việt Nam. Giải pháp bám sát vào nguyên lý tạo ra các tham số của thiết bị tạo đường bay KZUV, từ đó, xây dựng cơ sở tính toán, chuyển đổi các tham số của mục tiêu trong hệ tọa độ Đề-các sang các tham số của mục tiêu trong hệ tọa độ cầu. Bài báo minh chứng tính chính xác của giải pháp đồng bộ tham số bằng cách đưa ra sai lệch trong quá trình chuyển đổi giữa giá trị các tham số được hiển thị trên thiết bị tạo đường bay KZUV với giá trị các tham số sau khi chuyển đổi tương ứng.

Kết quả khảo sát cho thấy độ chính xác, tính khách quan và hiệu quả của việc chuyển đổi tín hiệu dưới dạng tín hiệu điện xoay chiều 400 Hz sang tín hiệu số. Tuy nhiên, cũng mở ra hướng cần giải quyết khi chuyển đổi các tham số với tốc độ thay đổi rất nhỏ, cỡ mV/đơn vị và nhiễu đầu vào lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Thiết bị tạo đường bay. *"Thuyết minh kỹ thuật và hướng dẫn sử dụng КЗУВ Сб.ТО"*. Trần Xuân Thành. PKT FPK367.

[2]. Đề tài cấp Bộ Quốc Phòng: *"Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo hệ thống điều khiển hỏa lực sử dụng khí tài quang điện tử thay thế hệ thống điều khiển hỏa lực và khí tài radar thế hệ cũ cho tổ hợp pháo phòng không tự hành ZSU-23-4"*, Viện Tự động hóa KTQS.

[3]. Моторин А.Н., *"Целебровский А.И. Устройство и эксплуатация ЗСУ-23-4М, ЗСУ-23-4М"*. Часть 2. Устройство и техническое обслуживание ЗСУ-23-4. Учебное пособие. Томск, 2005.

[4]. Наумцев Ю.П., *"Митюшина Н.П. ЗСУ-23-4М"*. Техническое описание 2А6М.00.00ТО. Москва, 1980.

ABSTRACT

BUILDING A SOLUTION OF PARAMETERS SYNCHRONIZATION BETWEEN THE HEADING DEVICE - KZUV AND THE ANTIAIRCRAFT GUN - UPGRADED ZSU-23-4

In this paper, a solution of parameters synchronization between the Russian heading device - KZUV and the Vietnamese antiaircraft gun – upgraded ZSU-23-4 is presented. The object of the paper is the connected unit between the above two equipments. The paper proposes a converting solution for parameters from the analog signals 400Hz in the Descartes coordinate system to the digital signals in the spherical coordinate system. The purpose of the conversion process is to transmit the converted parameters to the upgraded ZSU-23-4 antiaircraft gun with ensurance of real-time and high accuracy. The research results are the basis for designing a device that allows pairing, testing, and evaluation of the accuracy of computer system according to the tests of the Russian antiaircraft gun ZSU-23-4.

Key word: Parameters; Connected unit; Heading device KZUV; ZSU-23-4.

Nhận bài ngày 13 tháng 9 năm 2021
Hoàn thiện ngày 20 tháng 10 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 10 năm 2021

Địa chỉ: Viện Tự động hóa KTQS, Viện KHCN quân sự.
*Email: nguyentho1578@gmail.com.