

BỘ GIÁO DỤC ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUÂN SỰ

.....

PHAN VĂN TỪ

**XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP VÀ THUẬT TOÁN ĐIỀU
KHIỂN CHO THIẾT BỊ BAY MỘT KÊNH**

Chuyên ngành: Lý thuyết điều khiển và điều khiển tối ưu

Mã số: 62 52 60 05

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI – 2010

Công trình được hoàn thành tại:

Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, BQP

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS. TS. Đào Tuấn

2. PGS. TS. Trần Đức Thuận

Phản biện 1: PGS.TS Nguyễn Tăng Cường

Học viện Kỹ thuật quân sự

Phản biện 2: PGS.TS Nguyễn Văn Liễn

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Phản biện 3: TS Vũ Như Lân

Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Viện

KH – CN quân sự họp tại Viện KH – CN quân sự

vào hồi 8 giờ 30 ngày 01 tháng 10 năm 2010.

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Viện KH – CN quân sự, BQP.

- Thư viện Quốc gia.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. Phan Văn Từ, Dương Quốc Tuấn, Tô Văn Dực, Nguyễn Đức Thắng (2003). *Về một phương pháp giảm ảnh hưởng đan chéo giữa các kênh điều khiển vật bay bằng thuật toán điều khiển mờ – thích nghi*. Tuyển tập hội nghị.Khoa học của Trung tâm KHKT&CNQS (4/2003) tr.198 - 202.
2. Trần Đức Thuận, Nguyễn Hải Long, Đỗ Hoàng Chính, Phan Văn Từ, Nguyễn Sỹ Long, Nguyễn Văn Sơn (2005) . *Xây dựng mô hình và phương pháp xác định tham số cho hệ thống điều khiển thiết bị bay một kênh*. Tạp chí NCKHKT&CNQS của Trung tâm KHKT&CNQS (Số 13, 12-2005) tr.28 - 32.
3. Trần Đức Thuận, Đào Tuấn, Phan Văn Từ, Nguyễn Hồng Quân (2006). *Xây dựng mô hình mô tả quá trình điều khiển và khảo sát lệnh điều khiển thiết bị bay một kênh*. Tạp chí NCKHKT&CNQS của Trung tâm KHKT&CNQS (Số 16, 9-2006) tr.7 - 13.
4. Trần Đức Thuận, Phan Văn Từ (2006). *Về vấn đề tín hiệu tuyến tính hoá trong cấu trúc lệnh điều khiển thiết bị bay một kênh*. Tạp chí NCKHKT&CNQS của Trung tâm KHKT&CNQS (Số 17, 12-2006) tr.16 - 21.
5. Phan Văn Từ, Lê Viết Hoan, Nguyễn Công Trường (2008) . *Khảo sát tính điều khiển được của TBBĐKMK*. Tạp chí NCKHKT&CNQS của Viện KH-CNQS (Số 23,6-2008) tr.41 - 47.
6. Trần Đức Thuận, Phan Văn Từ, Nguyễn Hải Quân, Phạm Vĩnh Tuệ (2009). *Cấu trúc lệnh điều khiển TBBĐKMK với tín hiệu tuyến tính hóa*. Tạp chí NCKHKT&CNQS của Viện KH-CNQS (Số 26,2-2009) tr.3 - 9.
7. Phan Văn Từ, Trần Đức Thuận, Trần Hữu Phương (2009). *Tổng hợp hiệu chỉnh thích nghi dựa trên hàm Liapunov để giảm ảnh hưởng chớp gió đến quá trình tự dẫn thiết bị bay*.Tạp chí NCKHKT&CNQS của Viện KH-CNQS Số Đặc biệt (3-2009) tr.203 - 207.
8. Trần Đức Thuận, Phan Văn Từ, Nguyễn Sỹ Long (2009). *Tổng hợp lệnh điều khiển cho tên lửa một kênh theo phương pháp dẫn tiếp cận tỷ lệ*. Tạp chí NCKH&CNQS của Viện KH-CNQS Số 1(6-2009) tr.3 - 7.

MỞ ĐẦU

1. Cơ sở lựa chọn đề tài nghiên cứu

Cơ sở khoa học:

Thiết bị bay một kênh (TBBMK) đang được khai thác sử dụng và chuyển giao công nghệ chế tạo ở nước ta, nhưng những vấn đề liên quan đến nguyên lý điều khiển và đặc biệt là thuật toán điều khiển, vì những lý do khác nhau bạn không chuyển giao cho ta và cũng không công bố trong các tài liệu chuyên ngành, nên việc nghiên cứu về phương pháp điều khiển và tìm ra thuật toán điều khiển trở nên cấp thiết và chúng ta phải chủ động làm.

Cơ sở thực tiễn của vấn đề nghiên cứu:

- Việc nghiên cứu các thiết bị bay tự dẫn – tên lửa tự dẫn vừa là yêu cầu cấp thiết của sự phát triển bản thân ngành kỹ thuật tên lửa, vừa là nhiệm vụ cấp bách trong chiến lược quốc phòng của nước ta hiện nay;

- Người viết luận án này đang được tham gia dự án chuyển giao công nghệ chế tạo thiết bị bay một kênh và cùng các đồng nghiệp gặp rất nhiều vấn đề phức tạp chưa có lời giải đáp, dưới sự chỉ đạo của thầy hướng dẫn, đã đề xuất những vấn đề cần thiết nghiên cứu và có thể giải quyết ở điều kiện Việt Nam.

2. Phạm vi nghiên cứu của đề tài:

Nghiên cứu tổng hợp hệ thống điều khiển thiết bị bay một kênh tiếp cận mục tiêu di động.

3. Mục tiêu nghiên cứu:

- Về lý thuyết: xây dựng mô hình điều khiển TBBMK chuyển động trong không gian, chứng minh quan hệ tỷ lệ thuận giữa lực điều khiển trung bình tác động vào tâm khối TBBMK và biên độ của tín hiệu điều khiển, tổng hợp lệnh điều khiển dẫn cho TBBMK được dẫn theo các phương pháp khác nhau, đề xuất một phương pháp điều khiển mới;

- Về thực nghiệm: kiểm chứng các kết quả bằng mô phỏng trên máy tính, áp dụng chúng vào thực tiễn trong quá trình chuyển giao công nghệ.

4. Cơ sở phương pháp luận của vấn đề nghiên cứu

Trên cơ sở hệ phương trình cơ bản mô tả động lực học của TBBMK, với những giả thiết có luận cứ, xây dựng mô hình điều khiển và các thuật toán để tổng hợp lệnh điều khiển. Khảo sát và chứng minh các tính chất điều khiển với các tác động điều khiển điển hình.

Phương pháp nghiên cứu: kết hợp phương pháp hiện đại của lý thuyết điều khiển tự động và động học bay; mô hình hóa trên máy tính.

CHƯƠNG I TỔNG QUAN VỀ ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI VÀ NHIỆM VỤ CỦA LUẬN ÁN

1.1 Tổng quan về nguyên lý điều khiển thiết bị bay (TBB)

Khi nghiên cứu chuyển động của TBB ta cần phải lập mô hình toán học mô tả động lực học và quá trình điều khiển TBB. Việc xây dựng mô hình toán học được thực hiện dưới dạng hệ phương trình trong các hệ tọa độ. Vì thế trước hết luận án đi qua các hệ tọa độ thường dùng.

1.1.1 Các hệ tọa độ thường dùng

Khi nghiên cứu chuyển động của TBB, các hệ tọa độ vuông góc thường được dùng là:

- 1) Hệ tọa độ mặt đất cố định $Ox_0y_0z_0$;
- 2) Hệ tọa độ mặt đất di động $Ox_gy_gz_g$;
- 3) Hệ tọa độ liên kết $Ox_1y_1z_1$;
- 4) Hệ tọa độ tốc độ $Ox_ay_az_a$;
- 5) Hệ tọa độ quỹ đạo $Ox_ky_kz_k$;
- 6) Hệ tọa độ bán tốc độ $Oxyz$.

1.1.2 Các góc đặc trưng trong chuyển động của TBB

Các góc biểu diễn mối liên hệ giữa các hệ tọa độ : $\psi, \vartheta, \gamma, \alpha, \beta, \Psi, \theta$.

1.1.3 Hệ phương trình mô tả chuyển động của TBB trong không gian và hiệu ứng điều khiển

Trên cơ sở các hệ tọa độ [7],[53], hệ phương trình mô tả chuyển động TBB có điều khiển gồm 16 phương trình, trong đó có một số phương trình phi tuyến. Việc có các góc α, β, γ_a làm xuất hiện các lực cản X_a , lực nâng Y_a , lực dạt sườn Z_a . Các lực này tác động vào tâm khối TBB và tạo ra các mô men lực tham gia vào các mô men M_{x1}, M_{y1}, M_{z1} để điều khiển TBB.

1.1.4 Nguyên lý điều khiển từ xa

Nguyên lý điều khiển từ xa thường được thực hiện trên cơ sở duy trì mối quan hệ thông tin giữa 3 thành phần: đài dẫn – TBB – mục tiêu cần đến. Hệ tọa độ của hệ thống dẫn ở đây là hệ tọa độ mặt đất.

1.1.5 Nguyên lý điều khiển tự dẫn

Nguyên lý tự dẫn thường được gọi là phương pháp dẫn gồm hai điểm (không có đài dẫn): TBB – mục tiêu cần đến. Trên các TBB tự dẫn phải có thiết bị tự động xác định vị trí của mục tiêu.

1.1.6 Nguyên lý điều khiển tự lập

Ở đây nguồn thông tin về tọa độ TBB là nguồn thông tin duy nhất để tổng hợp lệnh cho các cơ cấu lái.

1.2 Tổng quan các phương pháp dẫn thiết bị bay không người lái

TBB không người lái sau khi rời bệ phóng trên đất liền (hoặc trên tàu biển đang chuyển động hoặc trên máy bay đang bay) sẽ chuyển động trong không gian như một vật bay độc lập:

- Chuyển động không điều khiển;
- Chuyển động theo chương trình;
- Chuyển động theo quá trình dẫn.

1.2.1 Phương pháp dẫn góc

Phương pháp dẫn góc dựa trên ý tưởng bắn vào điểm bắn đón: điểm bắn đón được chọn sao cho trong khoảng thời gian TBB chuyển động đến đó thì mục tiêu cũng chuyển động đến đó.

1.2.2 Phương pháp dẫn thẳng hàng (phương pháp 3 điểm)

Lệnh điều khiển trong phương pháp dẫn 3 điểm được tạo ra nhằm duy trì góc tầm, góc hướng bằng 0 hoặc dao động xung quanh giá trị 0, để cho ba điểm (đài-TBB –mục tiêu) thẳng hàng.

1.2.3 Phương pháp dẫn hướng trực dọc TBB vào điểm bắn đón

Đó là phương pháp dẫn nhằm duy trì góc ζ , góc hợp giữa trục dọc TBB với đường ngắm (đường nối tâm khối TBB với tâm khối mục tiêu) ở một giá trị nhất định.

1.2.4 Phương pháp dẫn hướng véc tơ vận tốc vào điểm đón

Duy trì hoặc thay đổi góc đón η , góc hợp bởi véc tơ vận tốc tâm khối TBB và đường ngắm, theo một quy luật nào đó.

1.2.5 Phương pháp dẫn tiếp cận song song

Duy trì góc η sao cho tốc độ góc đường ngắm $\frac{d\varphi}{dt} = 0$. (1.1)

1.2.6 Phương pháp dẫn tiếp cận tỷ lệ

Duy trì quan hệ tỷ lệ giữa tốc độ góc của véc tơ vận tốc và tốc độ góc của đường ngắm:

$$\frac{d\theta}{dt} = k \frac{d\varphi}{dt} \quad (1.2)$$

1.3 Phân loại thiết bị bay theo kênh điều khiển

Khái niệm số kênh được xem xét trong luận án là số trục của hệ tọa độ liên kết mà TBB có thể quay xung quanh nhờ một cơ cấu lái hay một cụm cơ cấu lái. Hiện nay thiết bị bay không người lái có điều khiển được phân làm ba loại: TBB ba kênh, TBB hai kênh và TBB một kênh.

1.4 Tổng quan các công trình nghiên cứu về điều khiển TBB một kênh và nhiệm vụ của luận án

1.4.1 Tổng quan về TBB một kênh

Từ năm 2000 đến nay do nhu cầu thực tế đã có một số công trình nghiên cứu TBBMK. Phương pháp nghiên cứu chủ yếu là phương pháp dựa vào mô phỏng trên máy tính. Phương pháp này có nhiều ưu điểm khi khảo sát quá trình chuyển động, quá trình điều khiển của TBBMK dưới ảnh hưởng của sự thay đổi các tham số.

Các công trình hiện có chưa đề cập đến các vấn đề cơ bản sau:

1. Chưa nêu được quan hệ giữa việc điều khiển cơ cấu lái theo dạng điều chế độ rộng xung với sự chuyển động tâm khối TBBMK ;
2. Chưa làm rõ được mối quan hệ giữa lực pháp tuyến trung bình tác động vào tâm khối TBBMK với biên độ của tín hiệu điều khiển;
3. Chưa nêu rõ sự hình thành lệnh điều khiển máy lái theo phương pháp dẫn được chọn;
4. Chưa nêu được cơ sở toán học lý giải việc chọn tần số quay quanh trục dọc khi thiết kế TBBMK ;
5. Chưa đề cập đến khả năng điều khiển TBBMK bằng cơ cấu lái chuyển động liên tục.

1.4.2 Nhiệm vụ của luận án

Sau khi phân tích những vấn đề đang đặt ra, luận án xác định các nhiệm vụ sau đây:

1. Nghiên cứu lý giải rõ ràng quan hệ giữa lực tác động vào tâm khối TBBMK và tín hiệu điều khiển máy lái;
2. Trên cơ sở quan hệ giữa lực tác động vào tâm khối TBBMK và tín hiệu điều khiển máy lái, xây dựng cấu trúc lệnh điều khiển theo phương pháp dẫn thường được ứng dụng cho TBBMK là phương pháp tiếp cận tỷ lệ và phương pháp dẫn ba điểm;

3. Phân tích ảnh hưởng đặc trưng cơ bản của TBBMK – vừa bay vừa quay quanh trục dọc đến các tham số điều khiển, làm cơ sở cho thiết kế chế tạo TBBMK ;

4. Xây dựng cơ sở phương pháp luận cho việc điều khiển TBBMK có cơ cấu lái dạng chuyển động liên tục nhằm nâng cao chất lượng điều khiển khi tiếp cận mục tiêu.

KẾT LUẬN CHƯƠNG I

Qua phân tổng quan các phương pháp điều khiển và phương pháp dẫn các loại TBB có điều khiển và phân tổng quan các công trình nghiên cứu TBBMK ta rút ra các kết luận:

1. Việc xây dựng mô hình quá trình điều khiển và quá trình chuyển động của TBBMK có đặc điểm vừa bay vừa quay xung quanh trục dọc đối xứng của nó là việc làm cần thiết và chỉ trên cơ sở mô hình được xây dựng rõ ràng thì mới có thể thiết kế kỹ thuật và thiết kế công nghệ chế tạo hệ thống điều khiển nói chung và các bộ phận cấu thành của nó nói riêng;
2. Các đối tác nước ngoài khi chuyển giao hệ thống vũ khí hoặc công nghệ lắp ráp nó thì không chuyển giao cơ sở toán học tính toán thiết kế, vì vậy vấn đề xây dựng phương pháp và thuật toán điều khiển là một trong những điều bắt buộc khi muốn làm chủ hệ thống vũ khí tiến tới cải tiến thiết kế chế tạo nó;
3. Các công trình nghiên cứu trong nước liên quan đến TBBMK hoặc chưa đề cập đến hoặc chưa lý giải vấn đề cơ bản và rất quan trọng đó là vấn đề quan hệ giữa phương pháp dẫn và phương pháp điều khiển;
4. Nhiệm vụ đặt ra cho luận án tại mục 1.4.2 nhằm mục đích giải quyết vấn đề có ý nghĩa học thuật và có giá trị thực tiễn nêu trên.

CHƯƠNG II. XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP TỔNG HỢP LỆNH ĐIỀU KHIỂN CHO THIẾT BỊ BAY MỘT KÊNH

Thiết bị bay một kênh (TBBMK) là đối tượng động học đặc biệt nên việc xây dựng mô hình mô tả chuyển động và tổng hợp lệnh điều khiển nó là một vấn đề mới, đòi hỏi phải nghiên cứu giải quyết để làm cơ sở cho thiết kế chế tạo.

2.1 Xây dựng mô hình mô tả quá trình chuyển động trong không gian của thiết bị bay một kênh

Nếu thời gian quá độ của khâu máy lái nhỏ hơn nhiều lần so với chu kỳ quay của thiết bị bay, thì góc tấn α có thể xấp xỉ như sau:

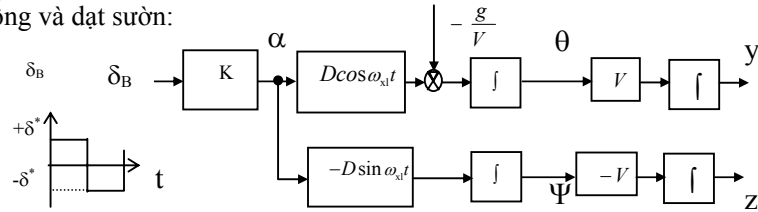
$$\alpha = k.\delta_B \tag{2.1}$$

Ta có:

$$d\theta / dt = D.k.\cos(\omega_{x1}t).\delta_B - g / V \tag{2.2}$$

$$d\Psi / dt = -D.k.\sin(\omega_{x1}t).\delta_B \tag{2.3}$$

Từ đó ta có mô hình tổng quát mô tả chuyển động của thiết bị bay lên xuống và dạt sườn:



Hình 2.1 Sơ đồ mô hình chuyển động lên xuống và dạt sườn của TBBMK theo nguyên lý điều chế độ rộng xung

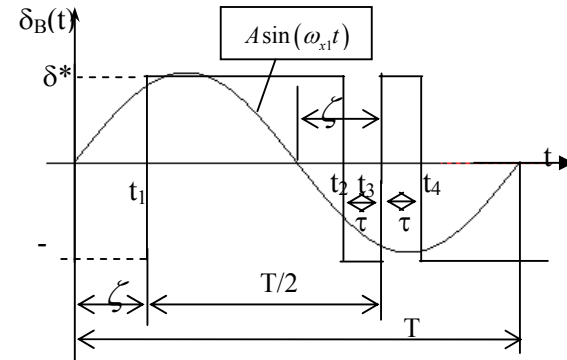
2.2 Khảo sát các tính chất điều khiển thiết bị bay một kênh theo nguyên lý điều chế độ rộng xung

Luận án khảo sát 4 tính chất cơ bản của chuyển động TBBMK dưới tác động của các dạng điều khiển đặc trưng.

2.3 Xây dựng cấu trúc lệnh điều khiển TBBMK điều khiển theo nguyên lý điều chế độ rộng xung

Xét lệnh $\delta_B(t)$ có tính chất tuần hoàn với chu kỳ bằng chu kỳ quay của TBB có mô tả toán học như sau :

$$\delta_B(t) = \begin{cases} -\delta^*; iT \leq t < iT + \zeta \\ +\delta^*; iT + \zeta \leq t < iT + T/2 + \zeta - \tau \\ -\delta^*; iT + T/2 + \zeta - \tau \leq t < iT + T/2 + \zeta \\ +\delta^*; iT + T/2 + \zeta \leq t < iT + T/2 + \zeta + \tau \\ -\delta^*; iT + T/2 + \zeta + \tau \leq t < iT + T \end{cases} \tag{2.4}$$



Hình 2.5 Dạng lệnh điều khiển TBBMK theo nguyên lý điều chế độ rộng xung

Sau khi biến đổi ta có:

$$F_{yTB} = -\frac{2mVDK\delta^*}{\pi} \sin \gamma_0 \cos \Delta\gamma \tag{2.5}$$

Tương tự, lực điều khiển ngang trung bình có dạng sau :

$$F_{zTB} = \frac{2mVDK\delta^*}{\pi} \cos \gamma_0 \cos \Delta\gamma \tag{2.6}$$

Lực tổng hợp sẽ là :

$$F = \sqrt{F_{yTB}^2 + F_{zTB}^2} = \frac{2mVDK\delta^*}{\pi} \cos \Delta\gamma \tag{2.7}$$

Ta có các hệ quả:

Hệ quả 1: Khi tín hiệu điều khiển không có độ chậm pha ($\gamma_0 = 0$)

thì thành phần lực đứng bằng 0 ;

Hệ quả 2: Khi tín hiệu điều khiển không có 2 xung đối xứng ($\Delta\gamma = 0$) thì lực trung bình tổng hợp có giá trị cực đại ;

Hệ quả 3: Khi độ rộng xung đối xứng bằng $\frac{1}{4}$ chu kỳ ($\Delta\gamma = \frac{\pi}{2}$)

thì lực trung bình tổng hợp có giá trị bằng 0 ;

Hệ quả 4: Khi tín hiệu điều khiển có độ chậm pha ($\gamma_0 = \frac{\pi}{2}$) thì thành phần lực ngang bằng 0 .

Ta có thể tạo ra một hàm số giải tích $f(t)$

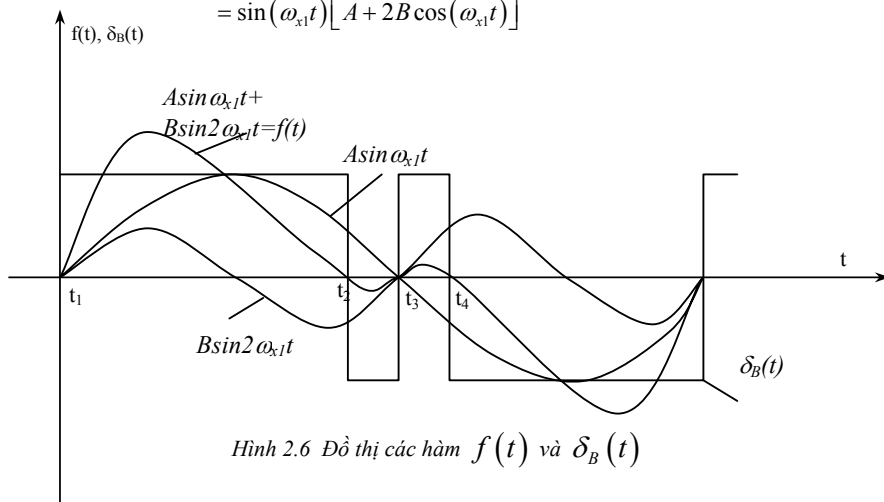
$$f(t) = y_1(t) + y_2(t) = A \sin(\omega_{x1}t) + B \sin(2\omega_{x1}t) \quad (2.8)$$

để chứng minh tính chất sau :

Nếu $A \leq 2B$ thì hàm $f(t)$ là hàm tuần hoàn có chu kỳ $T = \frac{2\pi}{\omega_{x1}}$, cắt

trục hoành tại 4 điểm trong một chu kỳ, điểm cắt thứ 2 và thứ 4 đối xứng qua điểm cắt thứ 3. Thật vậy :

$$\begin{aligned} f(t) &= A \sin(\omega_{x1}t) + B \sin(2\omega_{x1}t) \\ &= A \sin(\omega_{x1}t) + 2B \sin(\omega_{x1}t) \cos(\omega_{x1}t) \\ &= \sin(\omega_{x1}t) [A + 2B \cos(\omega_{x1}t)] \end{aligned} \quad (2.9)$$



Hình 2.6 Đồ thị các hàm $f(t)$ và $\delta_B(t)$

Chứng minh tính chất tỷ lệ thuận

Khi đưa thêm hàm điều hòa có tần số bằng 2 lần tần số quay của TBB một kênh ($B \sin 2\omega_{x1}t$) vào tác động điều khiển $A \sin \omega_{x1}t$ để lập lệnh thì lực điều khiển tổng hợp trung bình tỷ lệ thuận với biên độ của tín hiệu điều khiển A , hệ số tỷ lệ thay đổi nghịch biến với biên độ B .

Chứng minh: Như (2.7) đã chỉ ra, giá trị lực điều khiển F chỉ phụ thuộc vào $\Delta\gamma = \omega_{x1} \cdot \tau = \omega_{x1} (t_3 - t_2)$:

$$\begin{aligned} F &= \frac{2mVDK\delta^*}{\pi} \cos \Delta\gamma = \frac{2mVDK\delta^*}{\pi} \cos \omega_{x1} (t_3 - t_2) \\ &= \frac{2mVDK\delta^*}{\pi} \cos(\omega_{x1}t_3 - \omega_{x1}t_2) = \frac{2mVDK\delta^*}{\pi} \cos(\pi - \arccos(-A/2B)) \\ &= \frac{2mVDK\delta^*}{\pi} [\cos \pi \cos(\arccos(-A/2B)) - \sin \pi \sin(\arccos(-A/2B))] \end{aligned}$$

$$F = \frac{2mVDK\delta^*}{\pi} \frac{A}{2B} = K_1 A \quad (2.10)$$

Chứng minh tính chất tỷ lệ thuận tổng quát

Phần chứng minh trên là chứng minh cho trường hợp tính chất được phát biểu khi $\gamma_0 = 0$ nhưng đó không phải là trường hợp tổng quát vì chưa bao gồm trường hợp tác động điều khiển có sự lệch pha ban đầu, nghĩa là

$$y_1(t) = A \sin(\omega_{x1}t - \gamma_0) \text{ với } \gamma_0 \neq 0.$$

Gọi pha điều khiển là $\gamma = (\omega_{x1}t - \gamma_0)$ thì tính chất tỷ lệ thuận tổng quát: Nếu ta thêm vào tín hiệu điều khiển $y_1(t) = A \sin(\omega_{x1}t - \gamma_0)$ một hàm điều hòa được gọi là tín hiệu điều chế $y_2(t) = B \sin 2(\omega_{x1}t - \gamma_0)$ có pha gấp 2 lần pha tín hiệu điều khiển và có biên độ B thỏa mãn $A \leq 2B$ thì

lực điều khiển tổng hợp trung bình sau một chu kỳ sẽ tỷ lệ thuận với biên độ của tín hiệu điều khiển A và hệ số tỷ lệ thay đổi nghịch biến với biên độ B .

2.4 Phương pháp điều khiển thiết bị bay một kênh bằng cánh lái chuyển động liên tục

Theo tài liệu [32] ta thấy các tác giả đã nêu :

- Điều khiển TBBMK theo phương pháp biên độ xung;
- Điều khiển TBBMK bằng cách thay đổi độ rộng và pha của góc cánh lái;

- Điều khiển TBBMK theo phương pháp điều chế độ rộng xung .

Ưu điểm của phương pháp này là máy lái có kết cấu không quá phức tạp và nó chỉ phản ứng với dấu của tín hiệu điều khiển. Nhưng có nhược điểm:

- Làm tăng tính phi tuyến của hệ;
- Làm phức tạp việc tổng hợp tác động điều khiển và phải đưa thêm thành phần điều chế như đã phân tích ở trên;
- Làm tăng lực cản và giảm cự ly bay của thiết bị bay ;
- Khi tiếp cận mục tiêu quỹ đạo có dạng xoắn ốc (như sẽ được phân tích ở chương sau) nên khả năng bắn trượt lớn hơn ở quỹ đạo tiếp cận mục tiêu theo đường thẳng.

Đặt bài toán: động học của TBBMK được mô tả bằng :

$$\begin{aligned} mV \frac{d\theta}{dt} &= K_{\theta} \cos(\omega_{x1}t) \delta_B(t) - G \cos \theta \\ mV \frac{d\Psi}{dt} &= K_{\psi} \sin(\omega_{x1}t) \delta_B(t) \end{aligned} \quad (2.11)$$

Tìm điều khiển $\delta_B(t)$ sao cho lực pháp tuyến trung bình tỷ lệ với biên độ của tín hiệu sai lệch khi điều khiển $\delta_B(t)$ thay đổi liên tục trong giới hạn cho phép $-\delta_B^* \leq \delta_B(t) \leq \delta_B^*$.

Ta có thể chứng minh tính chất sau:

Nếu tín hiệu điều khiển được tìm dưới dạng

$$\delta_B(t) = A \sin(\omega_{x1}t - \gamma_0) \quad (2.12)$$

trong đó γ_0 là độ chậm pha, thì các thành phần lực điều khiển trung bình có dạng:

$$F_{yTB} = -\frac{1}{2} K_{\theta} A \sin \gamma_0 \quad (2.13)$$

$$F_{zTB} = \frac{1}{2} K_{\psi} A \cos \gamma_0 \quad (2.14)$$

Chứng minh: Thay (2.12) vào (2.11) ta có

$$\begin{aligned} F_{yTB} &= \frac{1}{T} \int_0^T K_{\theta} \cos(\omega_{x1}t) \delta_B(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T K_{\theta} \cos(\omega_{x1}t) A \sin(\omega_{x1}t - \gamma_0) dt = \\ &= \frac{K_{\theta} A}{T} \int_0^T \cos(\omega_{x1}t) \sin(\omega_{x1}t - \gamma_0) dt = \frac{K_{\theta} A}{T} \int_0^T \frac{1}{2} [-\sin \gamma_0 + \sin(2\omega_{x1}t - \gamma_0)] dt \\ &= \frac{K_{\theta} A}{2T} \int_0^T [-\sin \gamma_0 + \sin(2\omega_{x1}t) \cos \gamma_0 - \cos(2\omega_{x1}t) \sin \gamma_0] dt = \end{aligned} \quad (2.15)$$

$$\frac{K_{\theta} A}{2T} \int_0^T -\sin \gamma_0 dt + \frac{K_{\theta} A}{2T} \cos \gamma_0 \int_0^T \sin(2\omega_{x1}t) dt - \frac{K_{\theta} A}{2T} \sin \gamma_0 \int_0^T \cos(2\omega_{x1}t) dt$$

Để dàng thấy $\int_0^T \sin(2\omega_{x1}t) dt = 0$; $\int_0^T \cos(2\omega_{x1}t) dt = 0$, vậy

$$F_{yTB} = \frac{K_{\theta} A}{2T} \int_0^T -\sin \gamma_0 dt = -\frac{K_{\theta} A}{2} \sin \gamma_0 \quad (2.16)$$

Tương tự, tích phân phương trình thứ 2 ta có:

$$F_{zTB} = \frac{1}{T} \int_0^T K_{\psi} \sin(\omega_{x1}t) \delta_B(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T K_{\psi} \sin(\omega_{x1}t) A \sin(\omega_{x1}t - \gamma_0) dt \quad (2.17)$$

Tiến hành biến đổi tương tự ta có:

$$F_{zTB} = \frac{K_{\psi} A}{2T} \int_0^T \cos \gamma_0 dt = \frac{K_{\psi} A}{2} \cos \gamma_0 \quad (2.18)$$

So với các phương pháp đang áp dụng, phương pháp này ưu điểm hơn :

1. Tạo tác động điều khiển đơn giản, không phải thêm thành phần điều chế ;
2. Tác động điều khiển là hàm không có đột biến nên không làm tăng tính phi tuyến của hệ thống;

3. Quỹ đạo bay không bị chao đảo nên có thể tăng được cự ly và giảm được lực cản của không khí lên TBBMK;

4. Độ chính xác điều khiển được nâng lên.

Nhược điểm:

Máy lái phải hoàn thiện hơn, phải làm việc ở chế độ bám.

KẾT LUẬN CHƯƠNG II

Trong chương này đã áp dụng các kết quả ở chương I, để xây dựng mô hình mô tả mối quan hệ giữa tác động điều khiển cơ cấu lái với lực pháp tuyến trung bình tác động vào tâm khối TBBMK và rút ra các kết luận sau:

1. Đối với TBBMK máy lái hoạt động theo nguyên lý điều chế độ rộng xung và tác động điều khiển được tạo đúng yêu cầu thì:

a) Lực pháp tuyến trung bình tác động vào tâm khối TBBMK tỷ lệ thuận với biên độ A tín hiệu điều khiển ;

b) Các thành phần của lực pháp tuyến tỷ lệ tương ứng với $A \sin \gamma_0$ và $A \cos \gamma_0$ trong đó γ_0 là pha của tín hiệu điều khiển ;

2. Nếu cơ cấu lái TBBMK là máy lái điều khiển dạng liên tục và tín hiệu điều khiển là hàm $\delta_B(t) = A \sin(\omega_{x1}t - \gamma_0)$, trong đó ω_{x1} tần số quay TBBMK quanh trục dọc đối xứng của nó, γ_0 là pha của tín hiệu điều khiển thì lực pháp tuyến trung bình tác động vào tâm khối TBBMK cũng tỷ lệ thuận với biên độ A tín hiệu điều khiển và khi biên độ A tín hiệu điều khiển bằng 0 TBBMK chuyển động theo quỹ đạo thẳng.

Các kết luận nêu trên là cơ sở lý thuyết để nghiên cứu khai thác và nghiên cứu thiết kế chế tạo TBBMK nói chung và nghiên cứu thiết kế hệ thống điều khiển cho TBBMK nói riêng.

Đây là những đóng góp quan trọng của luận án và chúng phù hợp với tài liệu mô tả kỹ thuật của các thiết bị bay một kênh do đối tác nước ngoài cung cấp hoặc chuyển giao công nghệ sản xuất tại Việt Nam.

CHƯƠNG III. TỔNG HỢP LỆNH ĐIỀU KHIỂN DẪN CHO THIẾT BỊ BAY MỘT KÊNH TIẾP CẬN MỤC TIÊU DI ĐỘNG

3.1 Tổng hợp lệnh điều khiển TBBMK tự dẫn theo phương pháp dẫn tiếp cận tỉ lệ

Phương pháp tự dẫn tiếp cận tỉ lệ là:

$$d\theta / dt = K_\theta \cdot (d\varphi_y / dt) \quad (3.1)$$

$$d\Psi / dt = K_\Psi \cdot (d\varphi_z / dt) \quad (3.2)$$

trong đó K_θ, K_Ψ là các hệ số tỉ lệ theo tầm và theo hướng. Ta có :

$$F_{yTB} = mV \cdot K_\theta \cdot (d\varphi_y / dt) + G \quad (3.3)$$

$$F_{zTB} = mV \cdot K_\Psi \cdot (d\varphi_z / dt) \quad (3.4)$$

Theo (2.5), (2.6) ta có:

$$- \frac{mVDK\delta^*}{\pi} \frac{A}{B} \sin \gamma_0 = mV \cdot K_\theta \cdot (d\varphi_y / dt) + G \quad (3.5)$$

$$\frac{mVDK\delta^*}{\pi} \frac{A}{B} \cos \gamma_0 = mV \cdot K_\Psi \cdot (d\varphi_z / dt) \quad (3.6)$$

Kết hợp với điều kiện đảm bảo tính tỷ lệ thuận $A \leq 2B$ ta có hai tham số của tín hiệu điều khiển cơ cấu lái TBBMK như sau:

$$\gamma_0 = \arctg[-(K_y(d\varphi_y / dt) + cG) / K_z(d\varphi_z / dt)] \quad (3.7)$$

$$A = \sqrt{(K_y(d\varphi_y / dt) + cG)^2 + (K_z(d\varphi_z / dt))^2} \quad (3.8)$$

$$\text{nếu } \sqrt{(K_y(d\varphi_y / dt) + cG)^2 + (K_z(d\varphi_z / dt))^2} < 2B$$

và

$$A = 2B \text{ nếu } \sqrt{(K_y(d\varphi_y / dt) + cG)^2 + (K_z(d\varphi_z / dt))^2} > 2B \quad (3.9)$$

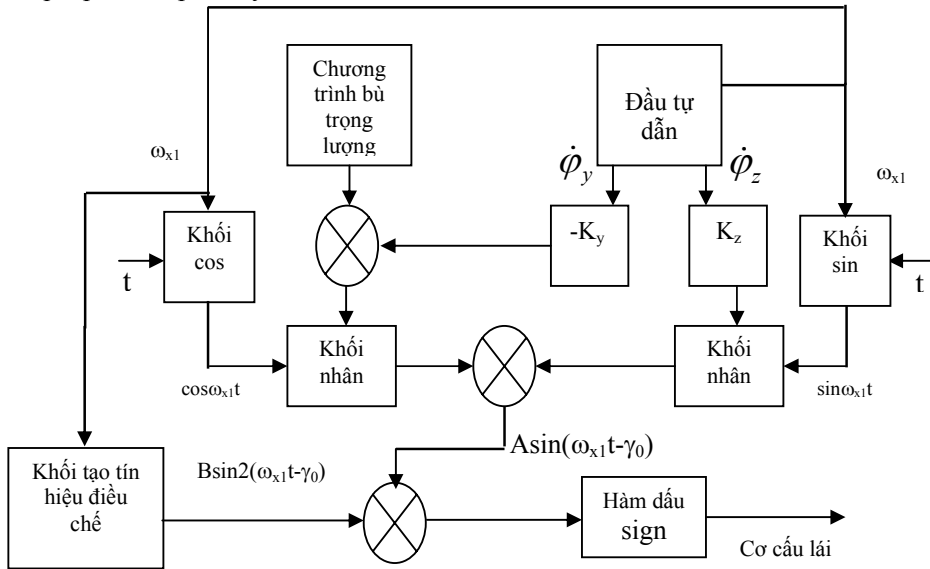
Ta có nhận xét:

1. Biên độ và pha của tín hiệu điều khiển máy lái TBBMK đều mang thông tin về tốc độ quay đường ngắm mục tiêu và chính nó lại mang thông tin về mục tiêu cần tiếp cận;

2. Cả biên độ và pha của tín hiệu điều khiển đều mang thông tin về trọng lượng TBBMK, thông tin này được gọi là phần bù trọng lượng;

3. Biên độ và pha của tín hiệu điều khiển phụ thuộc vào hai hệ số điều chỉnh K_y, K_z . Việc lựa chọn K_y, K_z do nhà thiết kế chế tạo TBBMK và hệ thống điều khiển nó quyết định.

Sơ đồ kỹ thuật tạo tín hiệu điều khiển cơ cấu lái TBBMK theo phương pháp dẫn tiếp cận tỷ lệ như hình 3.2



Hình 3.2 Sơ đồ tạo lệnh điều khiển máy lái TBBMK tiếp cận mục tiêu theo phương pháp dẫn tiếp cận tỷ lệ

Các tham số A và γ_0 được xác định trên cơ sở tổng các tín hiệu tham gia vào tác động điều khiển.

3.2 Tổng hợp lệnh điều khiển TBBMK theo phương pháp dẫn 3 điểm

Nhiệm vụ điều khiển là thu nhận thông tin về φ_y, φ_z , quá trình điều khiển thực chất là tạo ra các lực pháp tuyến F_y, F_z sao cho:

$$F_y = k_{1y} \varphi_y \quad (3.10)$$

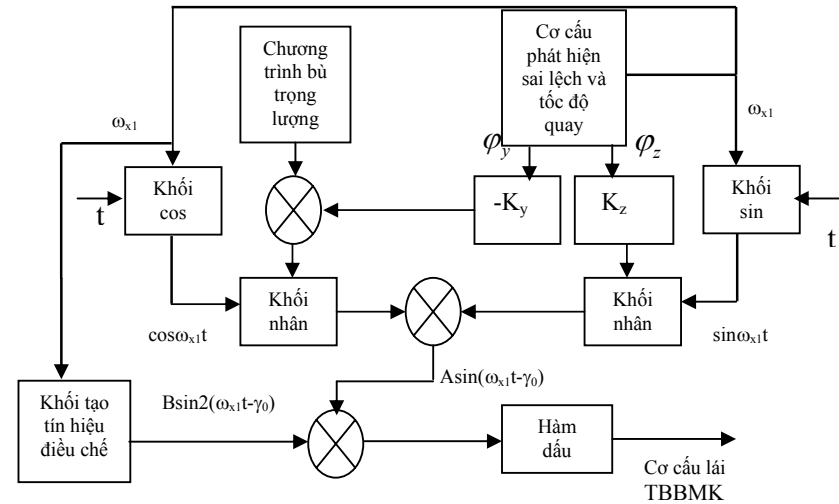
$$F_z = k_{1z} \varphi_z \quad (3.11)$$

Vậy ta có:

$$tg \gamma_0 = -(K_y \varphi_y + cG) / K_z \varphi_z \quad (3.12)$$

$$A = \sqrt{(K_y \varphi_y + cG)^2 + (K_z \varphi_z)^2} \quad (3.13)$$

Quá trình điều khiển TBBMK theo phương pháp dẫn thẳng 3 điểm có thể diễn ra theo sơ đồ tạo lệnh trên hình 3.4.



Hình 3.4 Sơ đồ tạo lệnh điều khiển máy lái TBBMK tiếp cận mục tiêu theo phương pháp dẫn 3 điểm thẳng hàng

Khi điều khiển TBBMK theo phương pháp dẫn 3 điểm thẳng hàng thì các tín hiệu φ_y, φ_z (A_y, A_z) có thể do trắc thủ phát hiện hoặc do thiết bị quang điện tử đo một cách tự động.

3.3 Tổng hợp bộ hiệu chỉnh các hệ số truyền trong lệnh điều khiển thiết bị bay một kênh bằng phương pháp mờ thích nghi

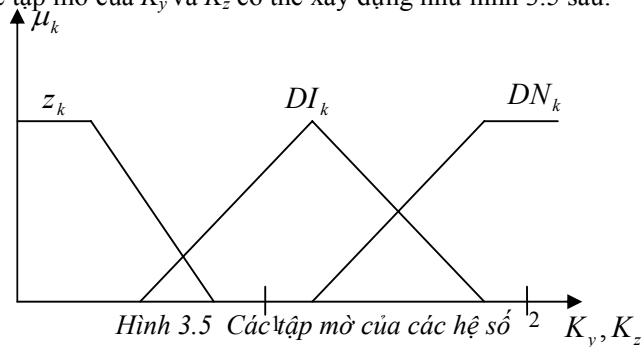
Các hệ số truyền lệnh K_y, K_z , phải nói chung là khác nhau và luôn thay đổi thích nghi.

1. Trên cơ sở điều kiện ổn định chọn vùng thay đổi các hệ số K_y, K_z ;
2. Xây dựng các tập mờ của K_y, K_z trong vùng đã xác định;

3. Chọn vùng thay đổi của các sai số $\Delta\phi_y, \Delta\phi_z$ hay của $\Delta y, \Delta z$;
4. Chọn các tập mờ của các sai số;
5. Chọn các quy tắc điều khiển mờ;
6. Chọn phương pháp giải mờ.

Ta tiến hành các bước:

1. Vùng thay đổi các hệ số K_y và K_z là từ 0 đến 2
2. Các tập mờ của K_y và K_z có thể xây dựng như hình 3.5 sau:



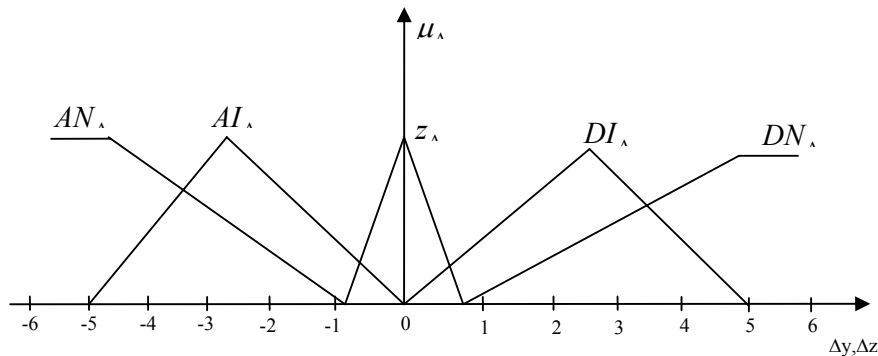
Hình 3.5 Các tập mờ của các hệ số K_y, K_z

μ_k - hàm liên thuộc của các hệ số K_y và K_z ; z_k - tập zero của K ; DI_k - tập dương ít của K ; DN_k - tập dương nhiều của K .

3. Vùng thay đổi các sai số $\Delta\phi_y, \Delta\phi_z$ hay $\Delta y, \Delta z$

Ta chọn vùng thay đổi từ -6 đến 6.

4. Các tập mờ của các sai số có thể xây dựng theo hình 3.6 sau:



Hình 3.6 Các tập mờ của các sai số

Trong đó μ_Δ - hàm liên thuộc của các sai số; z_Δ - tập zero của sai số; DI_Δ - tập dương ít của sai số; DN_Δ - tập dương nhiều của sai số; AI_Δ - tập âm ít của sai số; AN_Δ - tập âm nhiều của sai số.

5. Các quy tắc điều khiển mờ: nếu sai số zero thì hệ số K cũng zero; nếu sai số dương ít thì hệ số K dương ít; nếu sai số dương nhiều thì hệ số K dương nhiều; nếu sai số âm ít thì hệ số K dương ít; nếu sai số âm nhiều thì hệ số K dương nhiều.

6. Phương pháp giải mờ: phương pháp điểm trọng tâm.

3.4 Những điểm khác biệt trong điều khiển TBBMK tự dẫn và TBBMK dẫn theo 3 điểm

1. Quá trình tự dẫn TBBMK được tiến hành trong hệ tọa độ liên kết có so sánh với hệ tọa độ mặt đất di động do con quay của bộ tọa độ mang theo, còn quá trình dẫn TBBMK theo phương pháp dẫn 3 điểm được tiến hành trong hệ tọa độ mặt đất.

2. Tốc độ quay trung bình quanh trục dọc của TBBMK tự dẫn khoảng 15 hz, còn tốc độ quay trung bình của TBBMK dẫn theo phương pháp dẫn 3 điểm khoảng 9 hz.

3. Con quay trên TBBMK dẫn theo phương pháp dẫn 3 điểm chỉ hoạt động theo đúng 1 chức năng của nó (để đo tốc độ quay của TBB quanh trục dọc), còn con quay trên TBBMK tự dẫn có vai trò ổn định trục quay của bộ tọa độ và tham gia vào việc tạo tín hiệu để xác định tốc độ quay quanh trục dọc của TBB.

4. Trong vòng điều khiển TBBMK dẫn theo phương pháp dẫn 3 điểm có sự tham gia của trắc thủ như một phần tử của hệ thống nên kỹ năng của trắc thủ sẽ ảnh hưởng đến kết quả điều khiển.

3.5 Khảo sát sự ảnh hưởng tần số quay của thiết bị bay một kênh điều khiển theo nguyên lý điều chế độ rộng xung đến các tham số dẫn nó gặp mục tiêu di động trong không gian

Từ đồ thị trên ta thấy trong một chu kỳ T máy lái lật 4 lần. Để cho góc tấn $\alpha(t)$ đạt yêu cầu thì hằng số thời gian T_1 phải:

$$T_1 \ll \frac{1}{n} T / 4 = \frac{T}{4n} \quad (3.14)$$

Kết luận: hằng số thời gian của khâu tạo góc tấn TBB nhỏ hơn nhiều $\frac{1}{4n}$ chu kỳ quay quanh trục dọc.

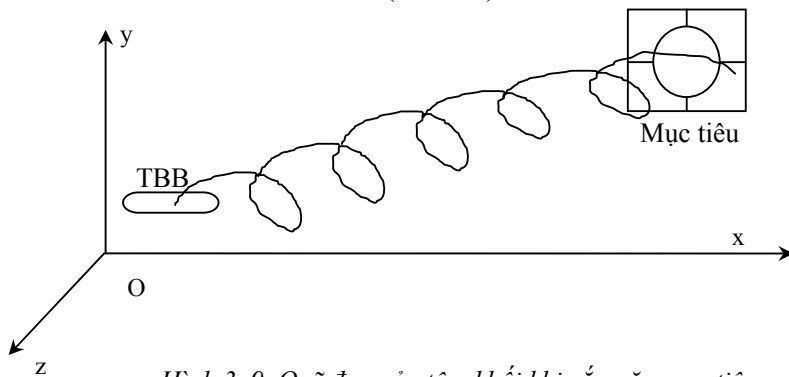
Ta thấy trong một chu kỳ quay, sai số về độ cao và về độ đạt:

$$|\Delta y| \geq \Delta \theta \cdot V \cdot T = V \cdot \frac{K_{pa} \cdot \delta^*}{mV \cdot \omega_{x1}} \cdot T = V \cdot \frac{K_{pa} \cdot \delta^*}{mV \cdot \omega_{x1}} \cdot \frac{1}{f} = \frac{K_{pa} \cdot \delta^*}{mV \cdot \omega_{x1}} \cdot \frac{1}{f} = \frac{K_{pa} \cdot \delta^*}{2m \cdot \pi \cdot f^2} \quad (3.15)$$

$$|\Delta z| \geq \Delta \Psi \cdot V \cdot T = V \cdot \frac{K_{pa} \cdot \delta^*}{mV \cdot \omega_{x1}} \cdot T = \frac{K_{pa} \cdot \delta^*}{2m \pi \cdot f^2} \quad (3.16)$$

Từ yêu cầu về độ chính xác khi chạm mục tiêu cần phải chọn tần số quay của TBB hợp lý, ta thấy:

$$f^2 \geq \frac{K_{pa} \cdot \delta^*}{2\pi m \cdot \min\{|\Delta y|, |\Delta z|\}} \quad (3.17)$$



Hình 3.9 Quỹ đạo của tâm khối khi sắp gặp mục tiêu

KẾT LUẬN CHƯƠNG III

Chương 3 của luận án đã giải quyết việc xác định biên độ A và pha γ_0 của tín hiệu điều khiển được tổng hợp ở chương 2 để dẫn thiết bị bay một kênh đến gặp các mục tiêu di động trên không và trên bộ và đã giải quyết một số vấn đề cơ bản liên quan đến đặc điểm chuyển động và đặc điểm về kích thước của mục tiêu cần tìm diệt. Từ các kết quả của chương, luận án rút ra kết luận sau:

1. Để xác định biên độ A và pha γ_0 của tác động điều khiển thiết bị bay một kênh chuyển động trong không gian đến gặp mục tiêu di động trên bầu trời theo phương pháp tiếp cận tỷ lệ cần phải xác định thông tin về tốc độ góc quay của đường ngắm “tên lửa - mục tiêu” mà nó được đặc trưng bởi hai tốc độ thay đổi của góc tà và góc phương vị, hai thông tin này do đầu tự dẫn quang hồng ngoại cung cấp;

2. Để xác định biên độ A và pha γ_0 của tín hiệu điều khiển thiết bị bay một kênh chuyển động trong không gian đến gặp mục tiêu di động trên mặt đất theo phương pháp dẫn 3 điểm thẳng hàng cần phải xác định thông tin về độ lệch giữa đường ngắm “đài dẫn - mục tiêu” và đường ngắm “đài dẫn - tên lửa”;

3. Trong các biên độ và pha của các tín hiệu điều khiển ở cả hai phương pháp dẫn, ngoài thông tin về tốc độ đường ngắm hoặc độ lệch đường ngắm còn có thông tin về trọng lượng của bản thân thiết bị bay một kênh (thành phần bù trọng lượng);

4. Việc ứng dụng điều khiển mờ để hiệu chỉnh thích nghi các hệ số truyền thông tin về tốc độ góc tầm và tốc độ góc hướng (theo phương pháp dẫn tiếp cận tỷ lệ) hoặc về độ lệch tầm và lệch hướng (theo phương pháp dẫn 3 điểm thẳng hàng) khi thiết lập biên độ và pha của tác động điều khiển là giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả tiếp cận mục tiêu di động;

5. Tần số quay quanh trục dọc đối xứng của thiết bị bay một kênh với máy lái dạng điều chế độ động xung bị giới hạn bởi thời gian của quá trình quá độ điều khiển nó;

6. Tần số quay quanh trục dọc đối xứng của thiết bị bay một kênh với máy lái dạng điều chế độ động xung có ảnh hưởng đến độ chính xác tiếp cận mục tiêu: chủng loại thiết bị bay một kênh dùng để tác chiến với các mục tiêu có kích thước nhỏ phải có tốc độ quay xung quanh trục dọc lớn hơn tốc độ quay xung quanh trục dọc của chủng loại thiết bị bay một kênh tác chiến với các loại mục tiêu kích thước lớn.

Các kết quả của chương 3 là những cơ sở quan trọng khi thiết kế chế tạo thiết bị bay một kênh nói chung và hệ thống điều khiển nó nói riêng. Các kết quả chương 2 và chương 3 đã giải quyết trọn vẹn vấn đề điều khiển dẫn thiết bị bay một kênh bay trong không gian tiếp cận mục tiêu di động để tiêu diệt nó.

CHƯƠNG IV. MÔ PHỎNG KHẢO SÁT TRÊN MÁY TÍNH QUÁ TRÌNH ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ BAY MỘT KÊNH

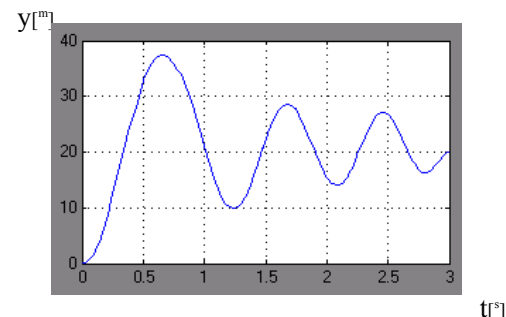
4.1 Mô phỏng khảo sát chuyển động của TBBMK

4.2 Khảo sát trên máy tính sự ảnh hưởng tần số quay của thiết bị bay một kênh đến các tham số điều khiển

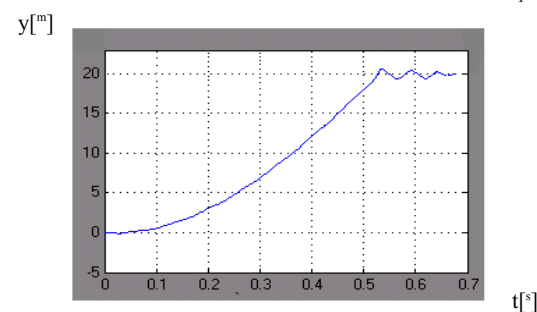
Ta sẽ khảo sát với các giá trị T_l khác nhau, còn ζ ta lấy $\zeta = 0,7$ (giá trị tối ưu đối với phân tử dao động).

4.3 Mô phỏng khảo sát quá trình hiệu chỉnh thích nghi mờ cho thiết bị bay một kênh

Kết quả: khi chưa áp dụng hiệu chỉnh mờ thích nghi thì quá trình quá độ là những dao động tắt dần với thời gian quá độ $t_{qd} = 3$ s.



K] Hình 4.3.1c Quá trình quá độ theo tầm khi chưa hiệu chỉnh mờ 3 s.



Hình 4.3.2d Quá trình quá độ theo tầm khi có HC mờ

Nhận xét: các hệ số lệnh K_y , K_z được thay đổi thích nghi theo sai lệch; quá trình quá độ không dao động và kết thúc sớm hơn nhiều (0,53 s so với 3 s).

KẾT LUẬN CHƯƠNG IV

Như đã nêu ở các chương trước, nhiệm vụ của chương IV là khảo sát bằng máy tính các kết quả lý thuyết đã đạt được ở các chương II, III. Kết quả khảo sát cho phép rút ra các kết luận sau:

1. Quá trình chuyển động phức tạp của thiết bị bay tự dẫn một kênh khi vừa bay vừa quay quanh trục dọc đối xứng của nó, khi chịu tác động điều khiển có dạng không đổi ($\delta_B(t) = const$) và khi chịu tác động điều khiển

có dạng *điều chế độ rộng xung* ($\delta_B(t) = \text{sign}(\cdot)$) đều phù hợp với những kết quả đã đạt được ở chương II;

2. Tần số quay quanh trục dọc đối xứng của TBBMK bị giới hạn bởi thời gian của quá trình quá độ điều khiển nó (tính điều khiển được): tần số quay càng lớn thì thời gian quá độ càng cần phải nhỏ, điều khiển càng phức tạp hơn;

3. Khi áp dụng hiệu chỉnh mờ thích nghi thì các hệ số truyền lệnh thay đổi thích nghi với sai lệch nên quá trình điều khiển có hiệu quả rõ rệt: quá trình quá độ ngắn và không dao động.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

I. KẾT LUẬN

1. Việc đưa tín hiệu điều chế có dạng hàm điều hòa với tần số và pha gấp đôi tần số và pha của tín hiệu điều khiển có thể tạo ra gia tốc pháp tuyến trung bình tỷ lệ với biên độ tín hiệu điều khiển thiết bị bay một kênh có máy lái dạng điều chế độ động xung;

2. Để giá trị lực pháp tuyến trung bình tác động vào tâm khối thiết bị bay một kênh có máy lái dạng liên tục tỷ lệ với biên độ tín hiệu điều khiển thì tín hiệu điều khiển phải có dạng hàm điều hòa cùng tần số với tần số quay xung quanh trục dọc của thiết bị bay một kênh;

3. Biên độ A và pha γ_0 của tín hiệu điều khiển trong cả 2 trường hợp (thiết bị bay một kênh có máy lái dạng điều chế độ động xung và thiết bị bay một kênh máy lái dạng liên tục) phải mang thông tin về tốc độ góc của đường ngắm trong không gian (gồm tốc độ góc tà và tốc độ góc phương vị) và thông tin về trọng lượng của thiết bị bay một kênh khi được dẫn theo phương pháp tiếp cận tỷ lệ;

4. Biên độ A và pha γ_0 của tín hiệu điều khiển cho cả hai loại thiết bị bay một kênh (thiết bị bay một kênh có máy lái dạng điều chế độ động xung và thiết bị bay một kênh máy lái dạng liên tục) phải mang thông tin về độ lệch

tầm và độ lệch hướng và thông tin về trọng lượng của thiết bị bay một kênh khi được dẫn theo phương pháp dẫn 3 điểm thẳng hàng;

5. Việc hiệu chỉnh hệ số theo tầm và hướng trong lập lệnh điều khiển trên cơ sở ứng dụng hiệu chỉnh mờ thích nghi cho phép nâng cao hiệu quả quá trình dẫn thiết bị bay một kênh chuyển động trong không gian tiếp cận mục tiêu cơ động;

6. Việc xác định tần số quay quanh trục dọc khi thiết kế thiết bị bay một kênh phụ thuộc vào yêu cầu về mức độ tác động nhanh của hệ thống điều khiển và vào tính năng chiến kỹ thuật chủng loại mục tiêu cần tác chiến: đối với loại mục tiêu kích thước nhỏ thì thiết bị bay một kênh cần phải có tốc độ quay lớn hơn tốc độ quay của thiết bị bay một kênh tác chiến với chủng loại mục tiêu kích thước lớn.

Các kết luận của luận án có giá trị làm cơ sở cho việc thiết kế thiết bị bay một kênh nói chung và hệ thống điều khiển của nó nói riêng.

Các kết quả của luận án đã lý giải một cách tường minh và chặt chẽ về mặt toán học nguyên lý điều khiển và dẫn thiết bị bay một kênh và đã xác định rõ chức năng của đầu tự dẫn quang hồng ngoại trong hệ thống điều khiển thiết bị bay một kênh.

II. KIẾN NGHỊ

1. Trên cơ sở các kết quả của luận án đề nghị các cơ quan nghiên cứu khoa học công nghệ áp dụng các thuật toán mà luận án đề xuất để thiết kế chế tạo hoặc cải tiến thiết bị bay một kênh nói chung và hệ thống điều khiển nó nói riêng;

2. Tác giả luận án sẽ tiếp tục nghiên cứu kết hợp vấn đề tổng hợp lệnh điều khiển tâm khối thiết bị bay một kênh với vấn đề ổn định vị trí và tốc độ quay của nó trong không gian.