

Szabolcsi Róbert mk.százados
főiskolai tanársegéd
Repülő Szakág Tanszék, oktató

REPÜLŐGÉP CSÜRŐLAPOK EGYENÉRTÉKŰ KITÉRÉSÉNEK MEGÁLLAPÍTÁSA

A cikk szerzője segítséget kíván nyújtani az automatikus repülésvezérlő rendszerek zavarelhárítási képességeivel foglalkozó szakemberek számára. A repülőgépre repülés közben ható csűrőirányú zavaró nyomatókakat szokás leképezni a csűrőlapok egyenértékű kitérésére. A szerző a cikkben a mozgásegyenlet-módszert mutatja be és javasolja gyakorlati alkalmazásra.

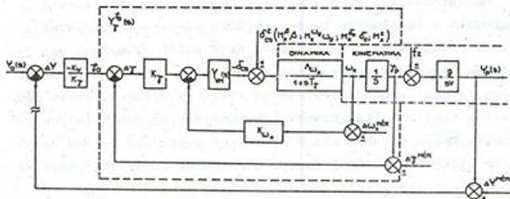
Bevezetés

Az automatikus repülésvezérlő rendszer egyik alapvető feladata a rendszerre ható zavarások káros hatásainak maximális csökkentése. A repülőgépre ható külső zavarások egy jelentős része visszavezethető a repülőgép sajátos alkalmazására. Katonai repülőgépek esetén ilyen zavarforrás lehet például a rakétaindítás, bombavetés, tüzelőanyag póttartályok ledobása. Éppen ezért a külső zavarások megfelelő szintű ismerete elengedhetetlenül fontos a rendszer zavarelhárítási képességének megállapításához.

1. A hossz tengely körüli forgómozgás egyenletének analízise

Az automatikus repülőgép vezérlőrendszerek szabályozási köreinek analízise során a repülőgép hossz tengelye körüli ható δ_{ca} nyomatéki zavarást szokás leképezni a megfelelő kormányfelület ekvivalens kitérésévé (1. ábra). Az 1. ábrán az iránysszög robotpilóta hatásvázlata látható. A δ_{ca} nyomatéki zavarást az alábbi összetevők határozzák meg :

- $m_x \beta$ - csúszásból származó asszimmetrikus nyomaték, amely túlnyomórészt a szárnytól származik [1,2,3,6,7,8].
- $m_x \omega_y$ - a legyező mozgásból származó asszimmetrikus nyomaték.
- $m_x \delta_o$ - az oldalkormány kitérésekor keletkező bedöntési nyomaték.
- N_x^z - hossz tengely körüli zavaró nyomaték, amely származhat például a szárnyak alól nem egyidőben (asszimmetrikusan) ledobott függesztményekről (bombák, bombakazetták, póttartályok, egyéb más speciális függesztmények, ...).



1. ábra
Az irányszög robotpilóta hatásvázlata

A hossz tengely körül ható δ_{cs}^z zavarás a következő okokra vezethető vissza :

a, A repülőgépek a legtöbb esetben aerodinamikai értelemben nem szimmetrikusak. A repülési sebesség és magasság változása

esetén a hossz- és a függőleges tengelyek mentén légerők keletkeznek, amelyek által létesített nyomatókat a csűrőlapok és az oldalkormány maradók kitérésével kompenzál a repülőgépvezető.

b, Az oldalirányú mozgás során a repülőgépre a következő zavarások hatnak :

- többhajtóműves repülőgépek esetén az egyes hajtóművek tolóereje eltérhet egymástól,
- katonai repülőgépek esetében a függesztmények ledobása (bombák, bombakazetták, póttartályok, rakétaindítás ...) eredményezheti a δ_{c_0} csűrőirányú zavarást.

A repülőgép csúszási szögének kompenzálása $M_y = 0$ és $Z = 0$ esetén az oldalkormány kitérésével lehetséges [3]. Az állandó bedöntési zavaró nyomaték kompenzálása a csűrők megfelelő kitérésével érhető el.

A kormányfelület - csűrőlapok - zavarelhárításhoz szükséges ekvivalens kitérésének meghatározásához a [3] irodalom a repülőgép térbeli mozgásegyenleteinek analízisét javasolja. A módszert A. A. Kraszovszkij dolgozta ki, új alkalmazását szeretném bemutatni ezen cikkben.

Vizsgáljuk meg a repülőgép hossz tengely körüli forgó mozgásának egyenletét zavarásmentes esetben [1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10]:

$$\omega_x + a_1 \omega_x + a_2 \omega_y + a_3 \beta + = b_1 \delta_{c_0} + b_2 \delta_0 \quad (1)$$

ahol : ω_x - orsózó szögsebesség,

ω_y - legyező szögsebesség,

β - csúszási szög,

δ_{ca} - a csűrőlapok szögkitérése,

δ_o - az oldalkormány szögkitérése

a_1, a_2, a_3, b_1, b_2 - derivatív együtthatók.

Az (1) egyenlet $\beta = 0$, $\delta_o = 0$ és $\omega_y = 0$ feltételek teljesülése esetén az alábbi egyszerű alakban írható fel [3,5] :

$$\omega_x + a_1 \omega_x = - b_1 \delta_{ca}^{EKK} + \delta_{ca}^z I_{xx}^{-1} \quad (2)$$

ahol : - δ_{ca} - zavaró nyomaték;

- δ_{ca}^{EKK} - a zavaró nyomaték kompenzálásához szükséges ekvivalens kormányfelület kitérés;

- I_{xx} - a repülőgép főtehetetlenségi nyomatéka.

Ideális zavarkompenzáció esetén ($\omega_x = 0$) a δ_{ca}^{EKK} értéke a (2) egyenletből a következő lesz :

$$\delta_{ca}^{EKK} = \delta_{ca}^z (I_{xx} b_1)^{-1} \quad (3)$$

A repülőgépre ható zavaró nyomatékot idézze elő $\beta = 10^\circ$ állandó oldalszél. A zavaró nyomaték legyen tehát $m_x^\beta \beta$. Ebben az esetben $\delta_o = 0$ és $\omega_y = 0$ feltételek teljesülése esetén a hossz tengely körüli forgómozgás egyenlete az alábbi alakban írható fel [1,3,5,7] :

$$\omega_x + a_1 \omega_x + a_3 \beta = - b_1 \delta_{ca}^{EKK} + m_x^\beta \beta I_{xx}^{-1} \quad (4)$$

Ideális zavarelhárítás esetén ($\omega_x = 0$) a δ_{ca}^{EKK} ekviva-

lens kormányfelület kitérés a (4) egyenlet alapján a következő módon írható fel :

$$\delta_{ca}^{EKK} = \frac{m_x \beta I_{xx}^{-1} - a_3 \beta}{b_1} \quad (5)$$

A továbbiakban röviden vizsgáljuk meg a δ_{ca}^{EKK} ekvivalens kormányfelület kitérés mértékét. Az [3] irodalom alapján egy hipotetikus, nagy manőverező képességű repülőgép hossz tengely körüli forgó mozgása egyenletének együtthatói $H = 1000$ s és $M = 0,4$ esetén a következők :

$$a_3 = 22 \text{ s}^{-2}, b_1 = -14,7 \text{ s}^{-2}, I_{xx} = 32000 \text{ kgm}^2 \quad (6)$$

Az (5) egyenlettel definiált egyenértékű kormányfelület kitérés meghatározásához szükséges az $m_x \beta$ együttható értéke. Hazánkban is alkalmazott vadászbombázó repülőgépre $M = 0,4$; $\alpha = 6^\circ$ és $\chi = 63^\circ$ esetén :

$$m_x \beta = -0,001 \text{ Nm rad}^{-1} \quad (7)$$

A (6) és a (7) egyenletek figyelembevételével a δ_{ca}^{EKK} valens kormányfelület kitérés értéke [1,3,4,5,6,7] :

$$\delta_{ca}^{EKK} = 14,96^\circ$$

Hasonló módon határozhatjuk meg a δ_{ca}^{EKK} értékét az $m_x^{O_y}$ és az m_x^{δ} zavaró nyomatékok esetén is.

- 11 -

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Duncan, W. J.: The principles of the CONTROL AND STABILITY OF AIRCRAFT, Cambridge, University Press, 1952.
- [2] Hacker, T.: Fight Stability and Control, American Elsevier Publishing Company, Inc. New York, 1970.
- [3] Kraszovszkij, A. A. Vavilov, A. I. Szucsokov: Szisztemi avtomatesszkiego upravlenija letatyelnih apparatov, VVIA im. N. E. Zsukovszkogo, Moszkva, 1986.
- [4] Mc. Cormick, B. W.: Aerodynamics, Aeronautics and Flight Mechanics, John Wiley & Sons, New York - Toronto, 1979.
- [5] Mc. Lean, D.: Automatic Flight Control Systems Prentice Hall, New York - London, 1990.
- [6] Mhitarjan, A. M.: Dinamika Poleta, Moszkva, Masinosztroje-nyije, 1971.
- [7] Dr. Rácz E.: Repülőgépek Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- [8] Seckel, E.: Stability and Control of Airplanes and Helicopters, Academic Press, New York and London, 1964.
- [9] Sznesko, Ju. P.: Iszszledovanyija v polete usztojcsi-vosztyi i upravljaemosztyi szamoleta.
- [10] Towill, D. R.: Coefficient Plane Models for Control System Analysis and Design, Research Studies Press, Chichester - New York, 1981.