

ATTETELI VISZONYSZÁMOK MÓDOSÍTÁSA A FEDELZETI AUTOMATIKUS
VEZÉRLŐ RENDSZEREKBE "AUTOMATIKUS BEJÖVETEL"
ÜZEMMÓDON

Harci repülőgépeink nagy többségének fedélzetén a repülés egyes fázisai, valamint a leszállás automatizálására automatikus vezérlő rendszereket alkalmaznak. Az automatikus vezérlő rendszerek mentesítik a repülőgépvezetőt a rutin jellegű, valamint a hosszú ideig tartó repülések esetén az egyszerű feladatok végrehajtása alól (pl. az iránysszög stabilizálása útvonalrepülés esetén). A fedélzeti vezérlő rendszerek kiszélesítik a repülőgép alkalmazásának határait azáltal, hogy lehetővé teszik a repülőgép olyan irányítását, melyet az ember pszichofiziológiai jellemzői nem engednek meg (pl. kismagasságú repülések végrehajtása).

Az automatikus vezérlő rendszerek alkalmazásának hátránya az, hogy a rendszer működése közben a repülőgépvezető koncentrációképessége csökken, ezért a repülési körülmények hirtelen megváltozása vagy a rendszer meghibásodása esetén, melyek indokoltá teszik az átvételt kézi vezérlésre, a repülőgépvezető csak bizonyos idő eltelté után képes átvenni a repülőgép irányítását.

Vizsgáljuk meg a repülőgép dinamikus viselkedését automatikus leszálláskor. Az automatikus bejövétel végrehajtásához a következő földi és fedélzeti berendezések szükségesek:

Földi berendezések:

- TIRA - távoli irányadó rádióállomás;
- KIRA - közeli irányadó rádióállomás;
- KRM - iránypálya rádióadó;
- GRM - siklópálya rádióadó;

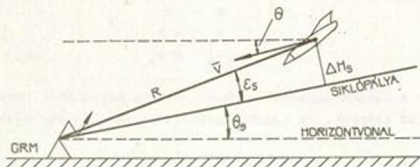
Fedélzeti berendezések:

- MRP - marker rádióvevő;
- RSZBN - közelnavigációs és leszállító rendszer;
- ARK - automatikus rádióiránytű;
- RV - kismagasságú rádió-magasságmérő;
- SZAU - automatikus vezérlő rendszer;
- ACSSZ - fedélzeti óra;

A repülőgép térbeli mozgását leíró differenciálegyenlet-rendszer alapján szokás megkülönböztetni a repülőszerkezet hosszirányú és oldalirányú mozgását. A hosszirányú és oldalirányú mozgás különválasztásával lényegesen könnyebb lesz az irányítási rendszer automatikai vizsgálata. Mi a továbbiakban szintén két részben vizsgáljuk a leszállás folyamatát.

I. A REPÜLŐGÉP HOSSZIRÁNYÚ MOZGÁSA AUTOMATIKUS BEJÖVETELKOR

Végezzük el a repülőgép "vízszintes vezérsík" irányítási csatornájának vizsgálatát automatikus bejövételkor, leszálláshoz (1. ábra).



Hosszirányú mozgás automatikus bejövételkor

1. ábra

Automatikus bejövételkor alapvető követelmény az, hogy a repülőgép tömegközéppontja mindig siklópályán maradjon. Az automatikus vezérlő rendszer alapvető feladata tehát az, hogy a vízszintes vezérsík megfelelő kitérítésével biztosítsa a tömegközéppont siklópályán tartását.

- θ - pályaszög;
- θ_s - siklópálya állásszöge (állandó érték);
- ϵ_s - pillanatnyi szögeltérés a siklópálya egyenlő jelfő zónájától;
- ΔH - pillanatnyi lineáris eltérés a siklópályától;
- v - a bejövétel sebessége;
- R - a tömegközéppont távolsága a "GRM"-től;

Határozzuk meg az " ϵ_s " változását a vízszintes vezérsík impulzusszerű kitérítése esetén. Az 1. ábra alapján:

$$\begin{aligned}
 R &\approx -v \\
 \Delta H &\approx R \epsilon_s \\
 \Delta H = H - H_s &= v \sin \theta - v \sin \theta_s \approx v \theta - v \theta_s \\
 \Delta H &\approx v (\theta - \theta_s)
 \end{aligned}$$

A fenti egyenletrendszer linearizálása után a következő egyenletrendszert kapjuk:

$$\begin{aligned}
 R &= -v \\
 H_s &= v \theta \\
 H_s &= R \epsilon_s
 \end{aligned}$$

A kapott egyenletrendszer utolsó egyenletét deriváljuk az idő szerint, és tegyük egyenlővé a második egyenlettel:

$$H_s = R \dot{\epsilon}_s + R \epsilon_s = R \dot{\epsilon}_s - v \dot{\epsilon}_s$$

$$H_s = v \dot{\theta}$$

Tehát:

$$v \theta = R \dot{\epsilon}_s - v \epsilon_s / v$$
$$\theta = \frac{R}{v} \dot{\epsilon}_s - \epsilon_s = T_s \dot{\epsilon}_s - \epsilon_s \quad (1)$$

ahol:

$$T_s = \frac{R}{v} - \text{időállandó}$$

Az (1) egyenletet írjuk fel operátortartományban:

$$T_s s \epsilon_s(s) - \epsilon_s(s) = \theta(s)$$

$$(T_s s - 1) \epsilon_s(s) = \theta(s)$$

A pályaszög és a bőlintási szög között ismert a következő összefüggés:

$$\theta(s) = \frac{1}{T_\theta s + 1} \theta(s) \quad (2)$$

ahol: θ - bőlintási szög;

T_θ - a repülőgép paramétereitől függő időállandó;

Egyenlővé téve az (1) és (2) egyenleteket:

$$(T_s s - 1) \epsilon_s(s) = \frac{1}{T_\theta s + 1} \theta(s)$$

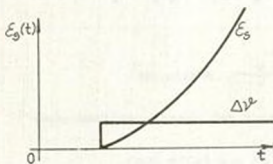
$$\epsilon_s(s) = \frac{1}{(T_s s - 1)(T_\theta s + 1)} \theta(s)$$

Mivel a gyakorlatban $T_s = \frac{R}{v} \gg 1$; ezért $(T_s s - 1) \approx T_s s$

Tehát:

$$\epsilon_s(s) = \frac{1}{T_s s (T_\theta s + 1)} \theta(s)$$

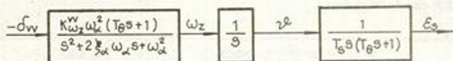
A bőlíntási szög egységnyi megváltozása esetén az " $\epsilon_s(t)$ " szögeltérés időfüggvénye tehát a következőképpen alakul:



A $\epsilon_s(t)$ szögeltérés időfüggvénye

2. ábra

A továbbiakban adott-nak tekintjük a repülőgép alapvető átviteli függvényeit. A "vizzintes vezérsík" csatorna átviteli függvényét ismerve a repülőgép tömegközéppontjának mozgását a sikló pályához képest a következő blokkvázlattal szemléltetjük:



A repülőgép mozgása a sikló pályához képest

3. ábra

ahol: ω_{α} - a repülőgép csillapítatlan lengéseinek körfrekvenciája, melyeket a repülőszerkezet paraméterei egyértelműen meghatároznak.

ζ_{α} - logaritmusos dekrementum.

$k_{\omega_z}^{VV} = \frac{k_{\alpha}^{VV}}{T_{\theta}}$ - a repülőgép erősítése.

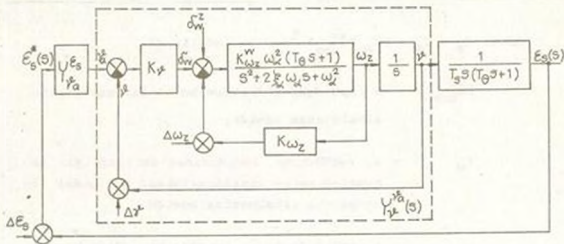
A blokkvázlat alapján megállapíthatjuk a nyílt szabályozási lánc sajátosságait:

- a nyílt rendszer két, egymással sorbakapcsolt integráló tagot tartalmaz;

- a bejövétel során a $T_s = \frac{R}{v}$ időállandó változik, mert a leszállás során gyakorlatilag $v = \text{const}$, $R = \text{const}$.

Az eddig elhangzottak alapján a következő megállapítást tehetjük:

A bólintási szög megváltozása esetén változni fog a repülőgép tömegközéppontjának helyzete a siklópályához képest. Tehát a bólintási szög megfelelő megváltoztatásával elérhető, hogy a bejövétel szigorúan a siklópályán történjen. A repülőgépet siklópályán tartó automatikus vezérlő rendszer alapjául merev visszacsatolású bólintási robotpilóta szolgál, melyben hibajelként a siklópálya egyenlő jelzőzónájától való eltérést " e_s " használják. Az " e_s " hibajellet az "RSZBN" közelnavigációs és leszállító rendszer állítja elő. Rajzoljuk meg a vezérlő rendszer blokkvázlatát (4. ábra).



A siklópályán tartó automatikus vezérlő rendszer

4. ábra

- Ahol: $\Delta^{\omega z}$ - a repülőgép kereszt tengely körüli forgási sebességének mérési pontatlansága
- $\Delta\theta$ - a bólintási szög mérési pontatlansága
- $\Delta\epsilon_s$ - a síklópályától való szögeltérés mérési pontatlansága
- δ_{VV}^z - bólintási irányú zavaró hatású forgatónyomaték ekvivalens kormányfelület elmozdulása (pl. leszálló vagy felszálló légáramok)
- $K\theta$ - bólintási szög áttételi viszonyyszáma
- $K\omega_z$ - bólintási szögsebesség áttételi viszonyyszáma.

A merev visszacsatolású bólintási robotpilóta $\Psi_{\theta}^a(s)$ átviteli függvényét a következő alakban lehet felírni:

$$\Psi_{\theta}^a(s) = \frac{T_{\theta}s + 1}{(T_{\theta}s + 1)(s^2 + 2\zeta_M\omega_Ms + \omega_M^2)}$$

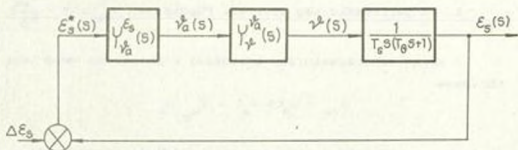
Ahol: $T_{\theta} = T_{\theta} + (K_{\theta} K_{\omega_{zcs}}^{VV})^{-1}$ - időállandó

$K_{\omega_{zcs}}^{VV}$ - a repülőgép erősítése bólintási csillapító alkalmazása esetén;

ζ_M - a repülőgép lengéseinek csillapítási tényezője merev visszacsatolású bólintási robotpilóta alkalmazása esetén;

ω_M - a repülőgép saját lengéseinek körfrekvenciája merev visszacsatolású robotpilóta alkalmazása esetén.

Az automatikus vezérlő rendszert megadhatjuk az alábbi egyszerűsített formában is:



Az automatikus vezérlő rendszer egyszerűsített blokkvázlata

B. ábra

A blokkvázlat alapján határozzuk meg a nyílt rendszer átviteli függvényét. Legyen $\Delta \varepsilon_s = 0$. Tehát

$$\begin{aligned}
 Y_{\varepsilon_s}(s) &= Y_{\theta_a}^e(s) Y_{\theta_a}^b(s) \frac{1}{T_s s (T_s s + 1)} = \\
 &= Y_{\theta_a}^e(s) \frac{T_{\theta}^{s+1}}{(T_{\theta} s + 1)(s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2)} \frac{1}{T_s s (T_s s + 1)} \\
 Y_{\varepsilon_s}(s) &= Y_{\theta_a}^e(s) \frac{1}{T_s s (T_{\theta} s + 1)(s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2)}
 \end{aligned}$$

A vezérlő rendszer automatikai vizsgálatának lefolytatásához szükséges a " $Y_{\theta_a}^e(s)$ " átviteli függvény ismerete is.

A továbbiakban vizsgáljuk meg a jelformáló tag lehetséges átviteli függvényeit.

1./ A jelformáló tag átviteli függvénye: $\Psi_{\theta a}^{\omega_z}(s) = -\frac{K_{\epsilon s}}{K_{\theta}}$

A merev visszacsatolású bólintási robotpilóta vezérlési törvénye:

$$\delta_{VV} = K_{\theta}(\theta - \theta_a) + K_{\omega_z} \omega_z$$

- Ahol: K_{θ} - bólintási szög szerinti áttételi viszonyszám
 θ - a bólintási szög pillanatnyi értéke
 θ_a - a bólintási szög adott értéke
 ω_z - keresztengely körüli szögsebesség

Mivel: $\Psi_{\theta a}^{\epsilon_s}(s) = \frac{\theta_a(s)}{\epsilon_s(s)} = -\frac{K_{\epsilon s}}{K_{\theta}}$; ezért

$$\theta_a(s) = -\frac{K_{\epsilon s}}{K_{\theta}} \epsilon_s(s)$$

Ahol: $K_{\epsilon s}$ - a sikló pályára egyenlő jelű zónájától való eltérés áttételi viszonyszáma.

Az adott bólintási szögértékre kapott kifejezést helyettesítsük be a vezérlési törvénybe:

$$\delta_{VV} = K_{\theta}(\theta + \frac{K_{\epsilon s}}{K_{\theta}} \epsilon_s) + K_{\omega_z} \omega_z = K_{\theta} \theta + K_{\epsilon s} \epsilon_s + K_{\omega_z} \omega_z$$

A vezérlési törvényben szereplő jelek:

- $K_{\omega_z} \omega_z$ - csillapító jel, mely a repülőgép kereszttengety körüli lengéseinek csillapítására szolgál
- $K_{e_s} e_s$ - hibajel
- $K_{\theta} \theta$ - csillapító jel, mely a repülőgép tömegközéppontjának mozgását igyekszik megdönteni és biztosítja a vezérlő rendszer stabilitását.

Az adott jelformáló tag alkalmazásának hátrányai:

- az átmeneti folyamatok hosszú ideig tartanak;
- a vezérlő rendszer a hibajel ledolgozását maradandó hibával hajtja végre;

2./ Az átmeneti folyamatok idejének csökkentése érdekében a jelformáló tag átviteli függvényét a következő alakban szokták megadni:

$$\frac{e_a(s)}{e_s(s)} = \frac{\theta_a(s)}{e_s(s)} = -\frac{1}{K_{\theta}} (K_{e_s} + K_{e_s} s)$$

Ahol: K_{e_s} - a hibajel sebességének átmeneti viszonyyszáma.

A robotpilóta vezérlési törvénye ebben az esetben a következőképpen írható fel:

$$\begin{aligned} \delta_{VV} &= K_{\theta}(\theta - \theta_a) + K_{\omega_z} \omega_z = K_{\theta} \left[\theta + \frac{1}{K_{\theta}} (K_{e_s} + K_{e_s} s) e_s \right] + K_{\omega_z} \omega_z = \\ &= K_{\theta} \theta + K_{e_s} e_s + K_{e_s} s e_s + K_{\omega_z} \omega_z; \end{aligned}$$

ahol a $(K_{\epsilon_s} \frac{\epsilon_s}{s})$ sebességi jel az átmeneti folyamatok idejének csökkentésére szolgál.

3./ A maradó hiba kiküszöbölésére szokás a jelformáló tag átviteli függvényének alábbi alakját alkalmazni:

$$\Psi_{\theta_a}^{\epsilon_s}(s) = \frac{\theta_a(s)}{\epsilon_s(s)} = -\frac{1}{K_{\theta}} \left[K_{\epsilon_s} + K_{\epsilon_s} s + \frac{K_{\epsilon_s}}{s} \right]$$

Ahol: K_{ϵ_s} - a hibajel integráljának átviteli viszonyyszáma.

A robotpilóta vezérlési törvénye a következő alakban írható fel:

$$\delta_{VV} = K_{\theta} (\theta - \theta_a) + K_{\omega_z} \omega_z = K_{\theta} \left[\theta + \frac{1}{K_{\theta}} \left[K_{\epsilon_s} + K_{\epsilon_s} s + \frac{K_{\epsilon_s}}{s} \right] \epsilon_s \right] +$$

$$+ K_{\omega_z} \omega_z = K_{\theta} \theta + K_{\epsilon_s} \epsilon_s + K_{\epsilon_s} s \epsilon_s + \frac{K_{\epsilon_s}}{s} \epsilon_s + K_{\omega_z} \omega_z;$$

ahol a $\left[\frac{K_{\epsilon_s}}{s} \epsilon_s \right]$ integrál jel a maradó hiba kiküszöbölésére szolgál.

Vizsgáljuk meg a nyílt rendszer átviteli függvényét, ha jelformáló tag alakja

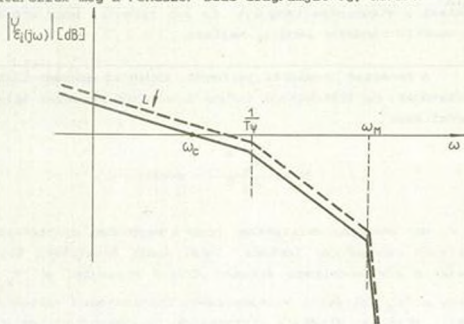
$$\Psi_{\theta_a}^{\epsilon_s} = -\frac{K_{\epsilon_s}}{K_{\theta}}$$

Ebben az esetben a nyílt rendszer átviteli függvényét a következő alakban írhatjuk fel:

$$\begin{aligned} Y_{\epsilon s}(s) &= \frac{K_{\epsilon s}}{K_{\theta}} \frac{1}{T_{\theta}s(T_{\theta}s+1)(s^2+2\zeta_M\omega_Ms+\omega_M^2)} = \\ &= \frac{K_{\epsilon s} \cdot v}{K_{\theta} R (T_{\theta}s+1)(s^2+2\zeta_M\omega_Ms+\omega_M^2)} = \frac{K}{(T_{\theta}s+1)(s^2+2\zeta_M\omega_Ms+\omega_M^2)} \end{aligned}$$

ahol: $K = \frac{K_{\epsilon s} \cdot v}{K_{\theta} \cdot R}$ - a vezérlési kör erősítése.

Az automatikus vezérlő rendszer átviteli függvénye alapján határozzuk meg a rendszer Bode-diagramját (6. ábra).



A nyílt vezérlési rendszer Bode-doagramja

6. ábra

A vezérlési kör erősítése: $K = \frac{K_{\epsilon s} \cdot v}{K_{\theta} \cdot R}$

ahol: K_{e_s} ; K_{θ} - áttételi viszonyszámok.

v - a bejövétel sebessége

R - a repülőgép tömegközéppontjának "GRM"-től mért távolsága.

Mivel az automatikus bejövétel gyakorlatilag állandó sebességgel történik, a repülőgép "GRM"-től mért távolsága pedig állandóan csökken, ezért automatikus bejövétel esetén a rendszer erősítése folyamatosan növekedni fog. A nyílt vezérlési kör Bode-diagramja az 6. ábrán látható módon fog megváltozni (szaggatott vonal). Az 6. ábrán jól látható, hogy a Bode-diagram egyre magasabb frekvenciatartományban metszi a vízszintes tengelyt. Ez azt jelenti, hogy erősödik a vezérlő rendszer lengési hajlama.

A rendszer dinamikai jellemzői abban az esetben lesznek állandók, ha biztosítani tudjuk a vezérlő rendszer állandó erősítését:

$$K = \frac{K_{e_s} v}{K_{\theta} R} = \text{const.}$$

Már korábban említettem, hogy a bejövétel gyakorlatilag állandó sebességgel történik. Tehát annak érdekében, hogy a vezérlő kör erősítése állandó értékű maradjon, a " K_{e_s} "-t vagy a " K_{θ} " áttételi viszonyszámot folyamatosan változtatni kell. Mivel az áttételi viszonyszám folyamatos változtatása egy külön rendszert igényel, ezért a vezérlő kör előállítási költsége nőni fog.

A rendszerbe állított fedézeti automatikus vezérlő rendszerekben automatikus bejövételkor az áttételi viszonyszámok nagyon egyszerű módosítását alkalmazzák. A távo-

li irányadó rádióállomás feletti átrepülés időpillanatában a " K_{zs} " áttételi viszonzyszámot egyszer, ugrásszerűen csökkentik.

II. A REPÜLŐGÉP OLDALIRÁNYÚ MOZGÁSA AUTOMATIKUS BEJÖVETELKOR

Végezzük el a repülőgép "csűrő" irányítási csatornájának vizsgálatát automatikus bejövételkor (7. ábra). Ahol:



A repülőgép oldalirányú mozgása bejövételkor
leszálláshoz

7. ábra

- L - a repülőgép tömegközéppontjának a "KRM" rádióadó-
ótól mért távolsága;
- z - pillanatnyi eltérés az iránypálya egyenlő jeld
zónájától (a leszállópálya tengelyétől);
- ϵ_i - pillanatnyi szögeltérés az iránypálya egyenlő je-
ld zónájától;
- v - a repülőgép sebessége;
- w - oldalirányú szél sebessége;
- v_e - eredő sebesség;
- β_{sz} - az oldalszél szöge;
- ψ - legyező szög;

Automatikus bejövételkor alapvető követelmény, hogy a repülőgép tömegközéppontja a leszállópálya tengelyében ma-

radjon. A fedélzeti automatikus vezérlő rendszer fő feladata, hogy csőrök kitérésével biztosítsa az $\epsilon_1 = 0$ értékű szögét. Az ϵ_1 jellel arányos villamos jelet az "RSZBN" közelnavigációs és leszállító rendszer állítja elő.

A 7. ábra alapján:

$$\begin{aligned} z &\approx L \epsilon_1 \\ z &\approx -v_e (\psi + \beta_{sz}) \\ L &\approx -v_e \end{aligned}$$

Az első egyenletet deriváljuk az idő szerint és tegyük egyenlővé a második egyenlettel:

$$z = L \dot{\epsilon}_1 + L \epsilon_1 = -v_e \dot{\epsilon}_1 + L \epsilon_1 = L \epsilon_1 - v_e \dot{\epsilon}_1$$

$$L \dot{\epsilon}_1 - v_e \dot{\epsilon}_1 = -v_e (\psi + \beta_{sz}) \quad /: v_e$$

$$\frac{L}{v_e} \dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_1 = -(\psi + \beta_{sz})$$

$$T_1 \dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_1 = -(\psi + \beta_{sz})$$

ahol: $T_1 = \frac{L}{v_e}$ - időállandó

Az utolsó egyenletet írjuk fel operátortartományban:

$$T_1 s \epsilon_1(s) - \epsilon_1(s) = -(\psi + \beta_{sz})$$

$$(T_1 s - 1) \epsilon_1(s) = -(\psi + \beta_{sz})$$

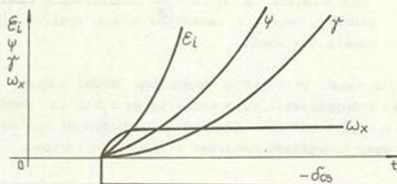
Mivel $T_1 \geq 80$ sec. ezért a fenti egyenletet a következőképpen lehet felírni:

$$T_1 s \epsilon_1(s) = -(\psi + \beta_{sz})$$

$$\varepsilon_1(s) = -\frac{1}{T_1 s} (\psi + \beta_{sz})$$

Tehát: ε_1 függ: - a legyező-szögtől
- az oldalszél szögétől.

A csőrök egységnyi kitérítése esetén a repülőgép térbeli helyzetét meghatározó szögek időfüggvényei az alábbi alakúak lesznek:

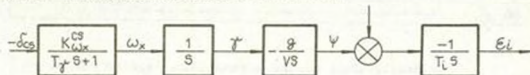


Az oldalirányú mozgás szögeinek időfüggvénye

8. ábra

Ahol: ω_x - a repülőgép hossz tengely körüli szögsebessége
 γ - dőlési szög
 ψ - legyező szög
 ε_1 - az iránypálya egyenlő jelű zónájától való szögeltérés.

A továbbiakban ismertnek tekintjük a repülőgép bedöntési csatornájának átviteli függvényét. Az átviteli függvény ismeretében a repülőgép mozgását az iránypályához képest az alábbi blokkvázlattal lehet szemléltetni:



Ahol: T_Y - időállandó

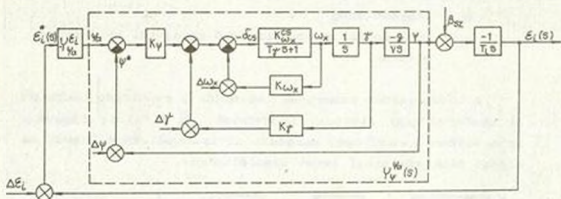
$K_{\omega_x}^{CS}$ - a repülőgép erősítése

A blokkvázlat alapján határozzuk meg a nyílt szabályozási lánc sajátosságait:

- a rendszer három, egymással sorba kapcsolt integráló tagot tartalmaz;
- bejövetelekor a $T_i = \frac{L}{v_{\text{h}}}$ időállandó folyamatosan csökken, mivel a leszállás alatt gyakorlatilag $v = \text{const}$; $L = \text{const}$.

Ha tehát változik a repülőgép dőlési szöge, változni fog az iránypályától való szögeltérés $\varepsilon_1(t)$ is. Ebből következik, hogy a csűrők megfelelő elmozdításával biztosítható a repülőgép tömegközéppontjának iránypályán tartása.

Az iránypályán tartó automatikus vezérlő rendszer alapjául merev visszacsatolású bedöntési robotpilóta szolgál. A vezérlő rendszerben hibajelként az ε_1 jelet használják, melyet az "RSZBN" közelnavigációs és leszállítórendszer állít elő. Rajzoljuk meg az automatikus vezérlő rendszert (9. ábra)!



Az oldalirányú mozgás automatikus vezérlő rendszere

9. ábra

Ahol: $\Delta \epsilon_i$; $\Delta \psi$; $\Delta \gamma$; $\Delta \omega_x$ - az iránypályától való eltérés, legyezőszög, dőlési szög és a hossz-tengely körüli szögsebesség mérési pontatlansága;

K_γ ; K_{ω_x} - bedöntési szög és szögsebesség szerinti áttételi viszonyszám.

A bedöntési robotpilóta $\Psi_\psi^{va}(s)$ átviteli függvényét az alábbi alakban lehet felírni:

$$\Psi_\psi^{va}(s) = \frac{1}{(T_\psi s + 1)(s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2)}$$

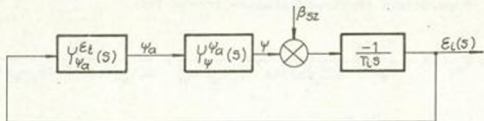
Ahol: $T_\psi = \frac{K_\gamma v}{K_\psi g}$ - időállandó

K_γ ; K_ψ - bedöntési, legyezőszög szerinti áttételi viszonyszám

v - a repülés sebessége

ψ_a - a legyezőszög adott értéke.

Az automatikus vezérlő rendszer blokkvázlata az $\Psi_\psi^{va}(s)$ átviteli függvény ismeretében a következőképpen adható meg (10. ábra): legyen $\Delta \epsilon_i(s) = 0$.



Az oldalirányú mozgás egyszerűsített blokkvázlata
10. ábra

Az egyszerűsített blokkvázlat alapján a nyílt rendszer átviteli függvényét a következőképpen írhatjuk fel:

$$\Psi_{e_1}(s) = \Psi_{\psi_a}^{e_1}(s) \Psi_{\psi}^{\psi_a}(s) \left[-\frac{1}{T_i s} \right]$$

$$\Psi_{e_1}(s) = -\Psi_{\psi_a}^{e_1}(s) \frac{1}{(T_{\psi} s + 1)(s^2 + 2\xi_M \omega_M s + \omega_M^2)} \frac{1}{T_i s}$$

A rendszer automatikai vizsgálatának lefolytatásához szükséges tehát az $\Psi_{\psi_a}^{e_1}$ átviteli függvény ismerete is.

Legyen a jelformáló tag átviteli függvénye arányos:

$$\Psi_{\psi_a}^{e_1}(s) = -\frac{K_{e_1}}{K_{\psi}}$$

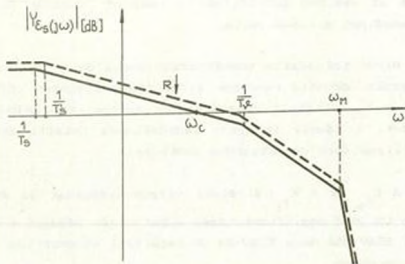
ahol: K_{e_1} - az iránypálya egyenlő jelű zónájától való szög-eltérés átviteli viszonyozsáma.

Ebben az esetben a nyílt vezérlő rendszer átviteli függvénye a következő alakban írható fel:

$$\Psi_{e_1}(s) = \frac{K_{e_1} v_e}{K_{\psi} L} \frac{1}{s(T_{\psi} s + 1)(s^2 + 2\xi_M \omega_M s + \omega_M^2)} = \frac{K}{s(T_{\psi} s + 1)(s^2 + 2\xi_M \omega_M s + \omega_M^2)}$$

Ahol: $K = \frac{K_{e_1} v_e}{K_{\psi} L}$ - a vezérlési kör erősítése.

Az átviteli függvény alapján határozzuk meg a rendszer Bode-diagramját (11. ábra).



A nyílt vezérlési rendszer Bode-diagramja
11. ábra

Mivel a leszállás gyakorlatilag állandó sebességgel történik, ezért állandó K_{ψ} ; K_{ε_1} átviteli viszonyszámok esetén a rendszer erősítése növekedni fog, mert a repülőgép tömegközéppontjának "KRM"-től mért távolsága folyamatosan csökken a bejövétel ideje alatt. Az erősítés megváltozása esetén a Bode-diagram is változni fog (szaggatott vonal a 11. ábrán). A Bode-diagram bejövételkor egyre magasabb frekvencia-tartományban metszi a vízszintes tengelyt. Ez tehát azt jelenti, hogy a vezérlő rendszer lengési hajlama növekszik. Az auto-

matikus vezérlő rendszer állandó dinamikai tulajdonságainak biztosítása érdekében szükséges a rendszer erősítésének állandó értéken tartása. Mivel automatikus bejövételkor a rendszer erősítése folyamatosan nő a "KRM" adótól való távolság függvényében, ezért ideális esetben az erősítés állandó értéken tartása a K_v vagy a K_{e_1} áttételi viszonyszámot szintén folyamatosan, a megfelelő módon kell megváltoztatni. Ebben az esetben biztosított a vezérlő rendszer dinamikai jellemzőinek állandó volta.

Mivel folyamatos szabályozást megvalósító áttételi viszonyszám módosító rendszer kiépítése túlságosan költséges, ezért a K_{e_1} áttételi viszonyszámot automatikus bejövételkor egyszer, a távoli irányadó rádióállomás feletti átrepülés időpillanatában ugrásszerűen csökkentik.

A K_{e_s} és a K_{e_1} áttételi viszonyszámoknak az említett módon történő megváltoztatását alkalmazzák például a SZAU-23 ESN, SZAU-23A és a SZAU-23 UB fedélzeti automatikus vezérlő rendszerekben.