

KISMAGASSÁGÚ REPÜLÉSEK AUTOMATIZÁLÁSA

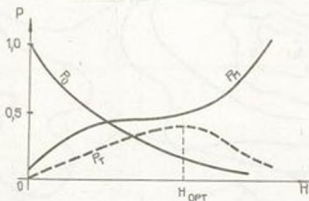
A kismagasságú repülést szinte az összes repülőfegyvernem alkalmazza. Ilyen repülés végrehajtásakor a repülőszerkezet szinte "láthatatlanná" válik az ellenséges légvédelem számára és jelentősen nő az ellenséges cél megsemmisítésének valószínűsége. Az elfogó vadászrepülő kismagasságú reptelést hajtának végre alacsonyan szálló légi célok elfogásakor (pl. szárnyasrakéták elfogása), valamint az ellenséges cél megközelítések és megsemmisítések. A csapatrepülő a földi célok megközelítése, valamint a szárazföldi csapatok támogatásakor; a szállítórepülő légi desszantok kidobásakor; a felderítő repülő a légi felderítés végrehajtásakor reptelnek földközeli magasságokon.

Mivel a kismagasságú repülést a légkör alsó rétegeiben hajtják végre, ahol a levegő sűrűsége nagy, ezért fokozott a hajtóművek igénybevétele és jelentősen megnő a tüzelőanyag-fogyasztás is egységnyi sebességre számítva. Nehezebbé válik továbbá a repülőgépvezető számára a vizuális tájékozódás a földközeli nagy repülési sebesség miatt és nagyobb lesz a pilóta pszichikai terhelése is.

Kismagasságú repülés végrehajtásakor jelentősen csökken a reptelés biztonsága a miatt, hogy növekszik az összeütközés veszélye a földfelszínnel, valamint a tereptárgyakkal. A földfelszínnel történő ütközés valószínűsége, a repülőgép megsemmisítésének valószínűsége, valamint a repülőgép túljutásának valószínűsége függvénye a repülési magasságnak (1. ábra), ahol:

P_U - az összeütközés valószínűsége a tereptárgyakkal, földfelszínnel;

P_M - a repülőszerkezet megsemmisítésének valószínűsége;
 P_T - a repülőszerkezet túlélésének valószínűsége.



1. ábra

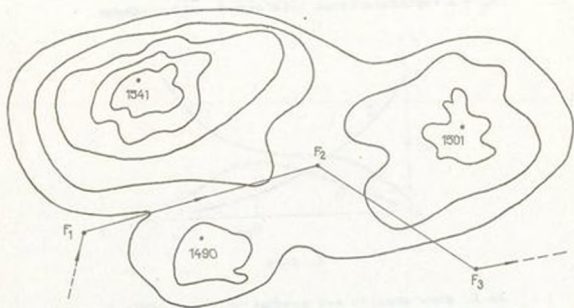
Az 1. ábra alapján azt mondhatjuk, hogy adott H_{opt} repülési magasságon a túlélés valószínűsége maximális: $P_T = P_{TMAX}$.

Mint már korábban említettem, kismagasságú repülés végrehajtásakor jelentősen megnő a repülőgépvezető idegi-fizikai terhelése, különösen ha az ellenséges cél közelébe érés előtt hosszú idejű útvonalrepülést kell végrehajtania. Ezért a modern repülőszerkezetek fedélzetén széles körben alkalmazzák a kismagasságú repülések automatizálását.

A kismagasságú repülést végrehajtó automatikus vezérlő rendszereket az alábbi módon lehet csoportosítani:

- átrepülést végrehajtó vezérlő rendszerek;
- megkerülést végrehajtó vezérlő rendszerek;
- összetett vezérlő rendszerek.

1. A megkerülést végrehajtó automatikus vezérlő rendszerekben a repülőszerkezet oldalirányú irányítását alkalmazzák (2. ábra), ahol F_1 ; F_2 ; F_3 - fordulópontok.



2. ábra

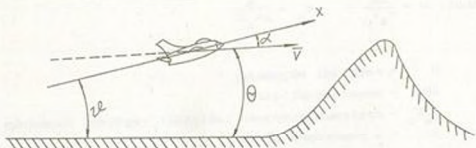
A kismagasságú repülés megvalósítása útvonalrepüléssel.

A tereptárgyak megkerülésekor a fedélzeti automatikus vezérlő rendszerek a repülési irányszög stabilizálását és adott módon történő megváltoztatását hajtják végre. A repülés automatizálását komplex navigációs rendszerek keretében fedélzeti számítógépek segítségével oldják meg.

Az ilyen típusú automatikus vezérlő rendszerek alkalmazásának hátránya, hogy az útvonal lefektetéséhez és a fordulópontok helyének meghatározásához nagyon pontos térképekkel kell rendelkezni. A kismagasságú repülések ilyen végrehajtását ritkán alkalmazzák.

2. Az átrepülést végrehajtó fedélzeti automatikus vezérlő rendszerek a legelterjedtebbek. A repülési magasság stabilizálására vagy adott módon történő megváltoztatására komplex repülő-navigációs rendszerek szolgálnak. Az automa-

tikus vezérlő rendszerek ezen csoportját a továbbiakban részletesen vizsgáljuk (3. ábra).



3. ábra

Kismagasságú repülés megvalósítása átrepüléssel.

3. Az összetett vezérlő rendszerekben együtt alkalmazzák az átrepülés és a megkerülés elvét. A repülés egyes fázisaiban repülési irányszöveget stabilizálnak vagy adott módon változtatnak, a repülés többi fázisában a repülési magasságot stabilizálják vagy adott törvények szerint változtatják. A kismagasságú repülés ilyen formáját hajtják végre a felde-
ritő repülőgépek és a robotrepülőgépek fedélzeti automatikus vezérlő rendszerei.

A továbbiakban részletesen vizsgáljuk meg az átrepüléseket végrehajtó automatikus vezérlő rendszereket. A repülőgép hosszirányú mozgásakor annak térbeli helyzetét a vízszintes horizonthoz képest a pályaszög, állásszög és a bólintási szög határozza meg (4. ábra).

Az ábra alapján: $H = v \cdot \sin \theta$

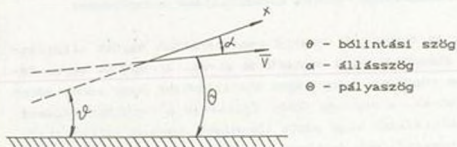
A fenti egyenlet linearizálásakor kezdeti feltételeknek az egyenes vonalú, állandó sebességgel végrehajtott vízszintes repülés paramétereit tekintjük. A linearizált egyenlet ope-

rátörtartományban:

$$H(\dot{s}) \cdot s = \frac{\theta(\dot{s})}{\tau_a} \quad (1)$$

ahol: $H = \frac{\Delta H}{\tau_a V_0}$; $\tau_a = \frac{m}{\rho V_0 S}$

- H - repülési magasság;
 ΔH - magasságváltozás;
 $\tau_a V_0$ - bázismennyiségnek tekintett repülési magasság;
m - a repülőgép tömege;
 ρ - a levegő sűrűsége;
S - a szárnyak felülete;
 V_0 - a vízszintes repülés állandó sebessége.



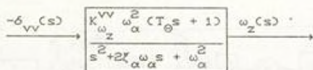
4. ábra

A repülőgép térbeli helyzete a vízszintes
horizonthoz képest

A 4. ábrán és az (1) egyenletből is látható, hogy a pályaszög változni fog a repülőgép sebességvektorának helyzete a vízszintes horizonthoz képest, tehát változni fog a repülés magassága is.

Az átrepülést végrehajtó automatikus vezérlő rendszerek vizsgálatakor abból indulunk ki, hogy a repülőgép hosszirányú mozgásának átviteli függvényei adottak. A repülőgép "vízszintes vezérsík" irányítási csatornájának átviteli

függvénye:



ahol: δ_{VV} - bemenőjel, a vízszintes vezérsík belépőjének szögkitérése;

ω_z - kimenőjel, a repülőgép kereszt tengely körüli mozgásának szögsebessége;

ω_{α} - a repülőgép csillapítatlan lengéseinek körfrekvenciája, melyet a repülőszerkezet paraméterei egyértelműen meghatároznak;

ζ_{α} - logaritmus dekrementum;

$K_{\omega_z}^{VV} = \frac{K_{\alpha}^{VV}}{T_{\Theta}}$ - a repülőszerkezet erősítése;

T_{Θ} - a repülőszerkezet paramétereitől függő időállandó.

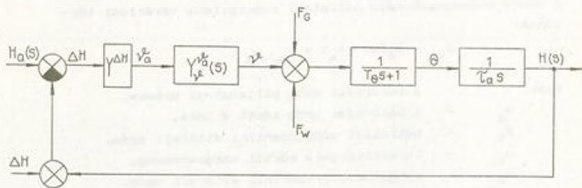
Mint már korábban említettem, a pályaszög megváltozása esetén megváltozik a repülés magassága is. Ismeretes, hogy $\Theta = \theta - \alpha$. Ebből arra következtethetünk, hogy bőlintási robotpilóta alkalmazásával lehetséges a repülési magasság stabilizálása vagy adott törvény szerinti megváltoztatása.

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

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

Az eddig elhangzottak figyelembevételével rajzoljuk meg a magasság stabilizálására vagy adott módon történő megváltoztatására szolgáló automatikus vezérlő rendszer blokkvázlatát, melynek alapjául merev visszacsatolású bőlintási robotpilóta szolgál (5. ábra).

Az $Y_{\theta}^a(s)$ átviteli függvény ismeretében határozzuk meg az automatikus vezérlő rendszer egyszerűsített blokkvázlatát:



6. ábra

A magassági robotpilóta egyszerűsített blokkvázlata.

A blokkvázlat alapján (6. ábra) a nyílt rendszer átviteli függvényeit a következőképpen írhatjuk fel:

$$Y_H(s) = Y_{\theta}^{\Delta H}(s) Y_{\theta}^a(s) \frac{1}{T_a s (T_{\theta} s + 1)} = Y_{\theta}^{\Delta H}(s)$$

$$\frac{T_{\theta} s + 1}{(T_{\theta} s + 1)(T_{\theta} s + 1)(s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2) T_a s};$$

$$Y_H(s) = Y_{\theta}^{\Delta H}(s) \frac{1}{T_a s (T_{\theta} s + 1)(s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2)}$$

A rendszer dinamikai vizsgálatát végezzük el a $Y_{\theta}^{\Delta H}(s)$ átviteli függvény néhány lehetséges alakjára.

1. Legyen a jelformáló tag átviteli függvénye:

$$Y_{\theta}^{\Delta H}(s) \frac{\theta_a(s)}{\Delta H(s)} = \frac{\theta_a(s)}{H_a(s) - H(s)} = \frac{K_H}{K_{\theta}} \quad (2)$$

ahol: H - pillanatnyi repülési magasság
 H_a - adott, stabilizálni kívánt repülési magasság.

A merev visszacsatolású bólintási robotpilóta vezérlési törvénye:

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

ahol: θ - a bólintási szög pillanatnyi értéke,
 θ_a - a bólintási szög adott értéke,
 K_{θ} - bólintási szög szerinti áttételi szám,
 ω_z - keresztengely körüli szögsebesség,
 K_{ω_z} - szögsebesség szerinti áttételi szám,
 $\theta - \theta_a$ - hibajel,
 $K_{\omega_z} \cdot \omega_z$ - csillapító jel.

Az (2) összefüggésből:

$$\theta_a = \frac{K_H}{K_{\theta}} (CH_a - HD) \quad (3)$$

Helyettesítsük be a (3) kifejezést a vezérlési törvénybe:

$$\delta_{VV} = K_{\theta} \left(\theta + \frac{K_H}{K_{\theta}} (CH - H_a) \right) + K_{\omega_z} \omega_z = K_{\theta} \theta + K_H (CH - H_a) + K_{\omega_z} \omega_z ;$$

ahol: $K_H(CH - H_a)$ - hibajel, mely arányos az adott repülési magasságtól való eltérés jelével;
 $K_{\theta} \cdot \theta$ - csillapítójel, mely a repülőgép tömegközéppontjának mozgását igyekszik gátolni;
 - biztosítja a vezérlő rendszer stabilitását;
 $K_{\omega_z} \cdot \omega_z$ - csillapítójel, mely a repülőgép keresztengely körüli lengéseit igyekszik gátolni.

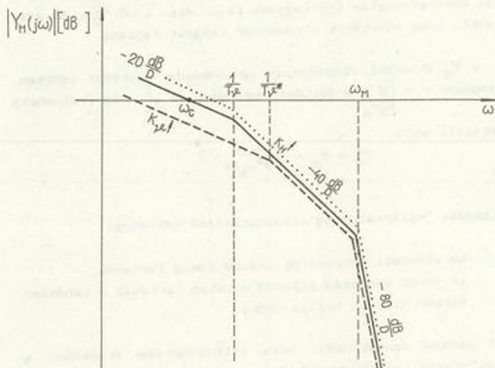
A jelformáló tag átviteli függvényének ismeretében a nyílt

vezérlési kör átviteli függvényét a következőképpen írhatjuk fel:

$$Y_H(s) = \frac{K_H}{K_\theta} \frac{1}{\tau_a s(T_\theta s + 1)(s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2)}$$

$$= \frac{K}{s(T_\theta s + 1) \cdot (s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2)}$$

ahol: $K = \frac{K_H}{K_\theta \cdot \tau_a}$ - a vezérlő kör erősítése.



7. ábra

A nyílt vezérlési kör Bode-diagramja

A nyílt rendszer átviteli függvénye alapján rajzoljuk meg a vezérlési kör aszimptotikus logaritmikus amplitúdó-

-kőrfrekvencia jelleggőrbét és elemezzük a rendszer dinami-
kai tulajdonságait (7. ábra).

Ha megnöveljük a K_H áttételi viszonyszámot, a rendszer erősítése növekedni fog. A vezérlő rendszer Bode-diagramja ebben az esetben a 7. ábrán látható módon változik (pontvonal). A rendszer erősítésének növekedésekor a metszési kőrfrekvencia ω_c tart az $\frac{1}{T_\theta}$ kőrfrekvenciához. Azokon a kőrfrekvenciákon, amelyeken a Bode-diagram $\left| 20 \frac{db}{D} \right|$ törést szenved, az aszimptotikus és a valóságos logaritmikus amplitúdó jelleggörbe $\left| 3 \frac{db}{D} \right|$ -al tér el egymástól. A valóságos logaritmikus amplitúdó jelleggörbe meredeksége a metszési kőrfrekvencián így nagyobb lesz, mint $(-20 \frac{db}{D})$. Ez azt jelenti, hogy növekszik a rendszer lengési hajlama.

A K_θ áttételi viszonyszám növelésekor egyrészt csökken a rendszer $K = \frac{K_H}{K_\theta \tau_a}$ erősítése, másrészt az $\frac{1}{T_\theta}$ kőrfrekvencia növekszik, mert

$$T_\theta^* = T_\theta + (K_\theta K_{\omega_z}^{VV})^{-1}$$

A vizsgált jelformáló tag alkalmazásának hátrányai:

- az átmeneti folyamatok hosszú ideig tartanak;
- az adott magasság állandó értéken tartását a rendszer maradó hibával hajtja végre.

2. A maradó szabályozási hiba kiküszöbölése érdekében a jelformáló tag következő alakját szokás használni:

$$V_{\theta a}^{\Delta H}(s) = \frac{K_H^V}{K_\theta s} \left(\frac{K_H}{s} + 1 \right) = \frac{1}{K_\theta} \left(K_H + \frac{K_H^V}{s} \right) = \frac{\theta_a(s)}{H_a(s) - HC(s)}$$

$$\theta_a = \frac{1}{K_\theta} \left(K_H + \frac{K_H^w}{s} \right) (H_a - H)$$

A merev visszacsatolású bólintási robotpilóta vezérlési törvénye az adott bólintási szög ismeretében a következőképpen írható fel:

$$\begin{aligned} \delta_{vv} &= K_\theta (\theta - \theta_a) + K_{\omega_z} \omega_z = K_\theta \left(\theta + \frac{1}{K_\theta} \left(K_H + \frac{K_H^w}{s} \right) (H - H_a) \right) + K_{\omega_z} \omega_z = \\ &= K_\theta + \left(K_H + \frac{K_H^w}{s} \right) (H - H_a) + K_{\omega_z} \omega_z; \end{aligned}$$

ahol: $\frac{K_H^w}{s} (H - H_a)$ - a maradék hiba kiküszöbölésére szolgáló integrál jel;

K_H^w - a hibajel integráljának átviteli viszonyozása.

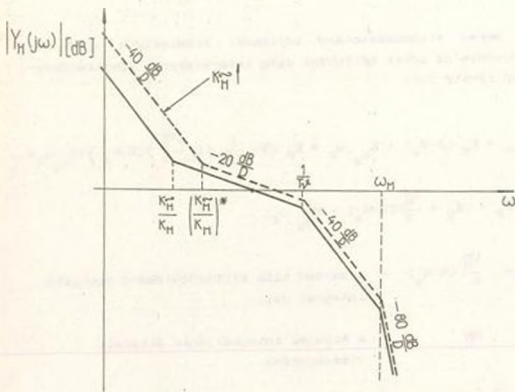
A jelformáló tag átviteli függvénye ismeretében határozzuk meg a nyílt vezérlési kör átviteli függvényét:

$$\begin{aligned} Y_H(s) &= \frac{K_H^w \left(\frac{K_H}{K_H^w} s + 1 \right)}{K_\theta \tau_a s (T_\theta s + 1) (s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2)} = \\ &= \frac{K \left(\frac{K_H}{K_H^w} s + 1 \right)}{s^2 (T_\theta s + 1) (s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2)} \end{aligned}$$

ahol: $K = \frac{K_H^w}{K_\theta \tau_a}$ - a rendszer erősítése.

A nyílt vezérlő rendszer átviteli függvénye alapján ha-

tárazzuk meg a Bode-diagramot és végezzük el a rendszer dinamikai tulajdonságainak vizsgálatát (8. ábra).



8. ábra

A nyílt vezérlési rendszer Bode-diagramja

Ha megnöveljük a K_H^* áttételi viszonysszámot, akkor egyrészt nő a rendszer erősítése

$$K = \frac{K_H^*}{K_0 T_d}, \text{ másrészt nő a}$$

$\left(\frac{K_H^*}{K_H}\right)$ körfrekvencia is.

Ez azt jelenti, hogy a logaritmusos amplitúdó jelleggörbe egyre magasabb körfrekvencia-tartományban metszi a vízszintes tengelyt, tehát $\omega_c \rightarrow \frac{1}{T_d}$. Mivel $\left|20 \frac{db}{D}\right|$ -t törést előidéző körfrekvenciákon az ászimptotikus a valóságos logaritmusos amplitúdó jelleggörbe $\left|3 \frac{db}{D}\right|$ -al különbözik egy-

mástól, ezért a Bode-diagram meredtsége az " ω_c " körfrekvencián nagyobb lesz, mint $(-20 \frac{db}{D})$.

A rendszer lengési hajlama tehát erősödni fog, ami nemkívánatos jelenség.

3. Az átmeneti folyamatok idejének csökkentése és a maradék hiba kiküszöbölése érdekében szokás a jelformáló tag alábbi alakját használni:

$$Y_{\theta}^{\Delta H}(s) = \frac{\theta_a(s)}{H_a(s) - H(s)} = \frac{K_H^{\Delta}}{K_{\theta} s} \left(\frac{K_H^{\Delta}}{K_H^{\Delta}} s^2 + \frac{K_H}{K_H} s + 1 \right);$$

$$\text{tehát: } \theta_a = \frac{K_H^{\Delta}}{K_{\theta} s} \left(\frac{K_H^{\Delta}}{K_H^{\Delta}} s^2 + \frac{K_H}{K_H} s + 1 \right) (H_a - H).$$

A merev visszacsatolású bölintési robotpilóta vezérlési törvénye az adott bölintési szög ismeretében a következő alakban írható fel:

$$\delta_{vv} = K_{\theta} (\theta - \theta_a) + K_{\omega_z} \omega_z = K_{\theta} \left[\theta + \frac{K_H^{\Delta}}{K_{\theta} s} \left(\frac{K_H^{\Delta}}{K_H^{\Delta}} s^2 + \frac{K_H}{K_H} s + 1 \right) \cdot \right.$$

$$\left. \cdot (H - H_a) \right] + K_{\omega_z} \omega_z = K_{\theta} \cdot \theta + \left(K_H + \frac{K_H^{\Delta}}{s} + K_H^{\Delta} s \right) (H - H_a) + K_{\omega_z} \omega_z;$$

ahol: $K_H^{\Delta}(H - H_a)s$ - az átmeneti folyamatok idejének csökkentésére szolgáló sebességi jel;

K_H^{Δ} - a hibajel sebességének áttételi viszony-száma.

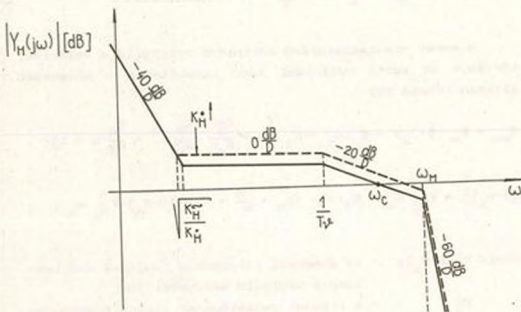
Ismerve a jelformáló tag átviteli függvényét, határozzuk meg a nyílt vezérlő rendszer átviteli függvényét:

$$Y_H(s) = \frac{K_H \left[\frac{K_H^{\Delta}}{K_H^{\Delta}} s^2 + \frac{K_H}{K_H} s + 1 \right]}{K_{\theta} T_a s (T_{\theta} s + 1) (s^2 + 2\xi_M \omega_M s + \omega_M^2)} =$$

$$= \frac{K \left(\frac{K_H^*}{K_H} s^2 + \frac{K_H}{K_H} s + 1 \right)}{s^2 (T_\theta s + 1) (s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2)}$$

ahol: $K = \frac{K_H}{\theta T_a}$ - a vezérlő rendszer erősítése.

A nyílt vezérlő rendszer átviteli függvénye alapján rajzoljuk meg a rendszer Bode-diagramját és vizsgáljuk meg dinamikai tulajdonságait (9. ábra).



9. ábra

A nyílt vezérlési rendszer Bode-diagramja

A K_H^* áttételi viszonyszám növelése a $\sqrt{\frac{K_H^*}{K_H}}$ törési frekvencia csökkentését eredményezi a rendszer állandó erősítése mellett, továbbá a K_H^* áttételi viszonyszám növelése csökkenti a kisfrekvenciás lengéseket, viszont az $\omega > 0,25 \cdot \omega_M$ frekvenciákat erősíti. Mivel a metszési körfrekvencia $\omega_c \rightarrow \omega_M$

-hez, ezért az átmeneti folyamatok ideje csökkenni fog. A Bode-diagram a 9. ábrán látható módon fog változni (szaggatott vonal).

Automatikus vezérlő rendszerek "Kismagasságú repülés"

Üzemmódja

1. A vadászbombázó repülőgépek fedélzeti automatikus vezérlő rendszere lehetővé teszi a valóságos repülési magasság (100...600 m) közötti stabilizálását.

A vezérlő rendszerben a hibajel formálása a következő összefüggés alapján történik:

$$\Delta H = H_a - H = \frac{K_H^{RV} \Delta H_{RV} + K_H \Delta H_{KV}}{T_H s + 1}$$

- ahol: H_a - adott, stabilizálni kívánt valóságos repülési magasság;
 H - pillanatnyi valóságos repülési magasság;
 ΔH_{RV} - eltérés az adott, stabilizálni kívánt repülési magasságtól;
 $s \cdot \Delta H_{KV}$ - a barometrikus repülési magasság változási sebessége;
 $K_H^{RV}; K_H$ - magassági és a függőleges sebességi jel áttételi viszonyszámai;
 T_H - időállandó.

A hibajel formálása a kismagasságú rádiomagasságmérő RV és a magassági helyesbítő egység KV jelei alapján történik. A magassági helyesbítőt és a rádiomagasságmérőt a vezérlő rendszerben több célra is használják: például veszélyes magasságról történő kivezetéskor vagy a barometrikus repülési magasság stabilizálásakor.

Az automatikus vezérlő rendszer vezérlési jelét a következő alakban lehet felírni:

$$\delta_{VEZ} = K_H \Delta H + K_H^* \Delta H s + K_\theta^* \frac{\theta}{T_\theta s + 1}$$

ahol: ΔH - hibajel, az adott valóságos repülési magasságtól való eltéréssel arányos villamos jel;

$s \cdot \Delta H$ - a hibajel változásának sebességével arányos villamos jel, mely az átmeneti folyamatok idejének csökkentésére szolgál;

K_H - a hibajel áttételi viszonyyszáma;

K_H^* - a sebességi jel áttételi viszonyyszáma;

$\theta = \frac{\theta}{T_\theta s + 1}$ - pályaszög;

$K_\theta^* \cdot \theta \cdot s$ - a repülőgép tömegközéppontja mozgásának csillapítására szolgáló jel;

- az adott jel segítségével a vezérlő jel formálásakor figyelembe veszik a repülőgép sebességvektorának a vízszintes horizonttal bezárt szögét is (4. ábra);

K_θ - áttételi viszonyyszám.

Az automatikus vezérlő rendszer kormánygépének vezérlési törvényét a vezérlési jel ismeretében a következő alakban adják meg:

$$\frac{T_f s}{T_f s + 1} \delta_{VV}^K = F_{ny} \left(\frac{1}{T_f s + 1} \delta_{VEZ} + K_\theta \frac{T_\theta s}{T_\theta s + 1} \theta \right) + K_{\omega_z} \omega_z$$

A vezérlési törvényben:

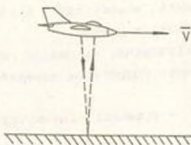
$\frac{T_f s}{T_f s + 1} \delta_{VV}^K$ - a "vízszintes vezérlés" irányítási csatorna kormánygépében izodróm visszacsatolást valósítanak meg;

δ_{VEZ} - vezérlési jel;

- $K_{\theta} \frac{T_{\theta} s}{T_{\theta} s + 1} \theta$ - a strukturális stabilitást biztosító jel;
- $K_{\omega_z} \cdot \omega_z$ - a kereszt tengely körüli lengések csillapítására szolgáló jel;
- F_{ny} - a határoló elem, mely a függőleges túlterhelés adott értéket meghaladó növekedését meggátolja.

Az automatikus vezérlő rendszer vezérlési törvénye alapján rajzoljuk meg a rendszer egyszerűsített blokkvázisát "kismagasságú repülés üzemmódban" (10. ábra).

A rádiomagasságmérő segítségével megvalósított kismagasságú repülések automatizálásának alapvető hibája, hogy a valóságos repülési magasság stabilizálása esetén a rádiomagasságmérő gyakorlatilag a repülőgép és a földfelszín távolságát méri a földfelszínre közel merőleges irányban (11. ábra).



11. ábra

A magasságmérés elve rádiomagasságmérővel

Az ilyen, kismagasságú repülést megvalósító rendszerek csak $(5 \dots 10)^{\circ}$ -os emelkedésű földfelszín feletti átrepülést tudnak biztonságosan végrehajtani. Nagyobb emelkedések esetén jelentős mértékben megnő a földfelszínrel történő ütközés valószínűsége.

2. Harci helikoptereink egy részének fedélzetén rendszerezett automatikus vezérlő rendszer biztosítja a valóságos repülési magasság (5...100 m) közötti stabilizálását. A vezérlő rendszer kombinált hidraulikus tolattyús erősítőjének vezérlési törvénye a következő alakú:

$$\delta_F = \frac{K_{V_y}^Y}{T_s + 1} (v_y - v_{ya});$$

ahol: $v_{ya} = K_{V_y}^H (H_{va} - H_v)$.

$$\text{Tehát: } \delta_F = \frac{K_{VV}^y}{T_s + 1} \left[K_{VV}^H (H_{va} - H_v) - v_y \right] = \frac{1}{T_s + 1} \left[K_{VV}^H K_{VV}^y (H_{va} - H_v) - K_{VV}^y v_y \right]$$

$$- K_{VV}^y v_y \left] = \frac{1}{T_s + 1} \left[K_{VV}^H (H_{va} - H_v) - K_{VV}^y v_y \right].$$

ahol: H_{va} - adott, stabilizálni kívánt valóságos repülési magasság;

H_v - pillanatnyi valóságos repülési magasság;

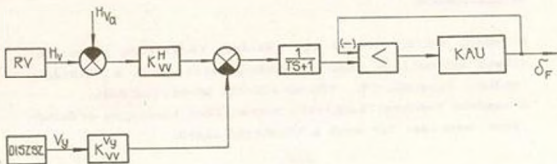
v_y - adott függőleges sebesség;

K_{VV}^H ; K_{VV}^y ; K_{VV}^H - áttételi viszonyszámok;

$H_{va} - H_v$ - hibajel;

$K_{VV}^y v_y$ - csillapítójel, mely a helikopter tömegközéppontja pályamozgását igyekszik gátozni.

A vezérlési törvény alapján rajzoljuk meg az automatikus vezérlő rendszer egyszerűsített blokkvázlatát. "Kismagasságú repülés" üzemmódban (12. ábra).



12. ábra

Az automatikus vezérlő rendszer egyszerűsített blokkvázlata

Az automatikus vezérlő rendszerben a pillanatnyi valószínű repülési magasság mérésére a kismagasságú rádiómagasságmérő szolgál. Ez azt jelenti, hogy a repülési magasság mérése gyakorlatilag a helikopter alatt történik a földfelszínre közel merőleges irányban. Az ilyen magasságmérési elv alapján működő automatikus vezérlő rendszert csak a kisemelkedésű földfelszín és tereptárgyak feletti átrepülésre lehet használni. Ha jelentős meredekségű földfelszín (domb, hegy) kell átrepülni, a vezérlő rendszert alkalmazni nem szabad, mert jelentősen nő a földfelszínnel vagy a tereptárggyal történő összeütközés veszélye.

A vadászbombázó repülőgépek és a helikopterek vezérlő rendszereinek vizsgálata után a következőket mondhatjuk:

- alkalmazásuk hátránya, hogy csak kisemelkedésű földfelszín és tereptárgyak átrepülésére alkalmasak (az emelkedés szöge: $\alpha < 10^\circ$);

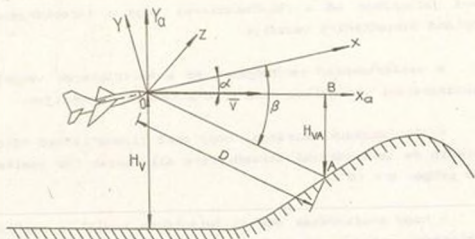
- nagy emelkedések esetén jelentősen romlik a repülés biztonsága azáltal, hogy nő a földfelszínnel, illetve a tereptárgyakkal történő ütközés veszélye;

- alkalmazásuk előnye, hogy a kismagasságú repülés automatizálásához nincs szükség újabb fedélzeti berendezések rendszerbe állítására, mert a vezérlő rendszert a már meglévő fedélzeti berendezésekre alapozzák.

Terekövető lokátorok

Mint már korábban említettem, az általunk vizsgált fedélzeti automatikus vezérlő rendszerek alapvető hibája, hogy a valószínű repülési magasság mérése gyakorlatilag a repülőszerkezet alatt történik, így tehát csak kisemelkedésű tereptárgyak átrepülésekor végezhet a repülőszerkezet automatikus repülést. A már említett hiányosságok kiküszöbölésére a repülőszerkezetek fedélzeti berendezései újabban a "való-

ságos" repülési magasságot az úgynevezett előretartási pontban mérik. Ezzel nagyobb meredekségű tereptárgyak automatikus átrepülése is lehetségessé válik, mivel ily módon több idő áll rendelkezésre a tereptárgy kikerülésére. A "valóságos" repülési magasság előretartási pontban történő mérésére speciális, monoimpulzus rendszerű terepkövető rádiólokátorok szolgálnak (13. ábra).



13. ábra

"Valóságos" repülési magasság mérése az előretartási pontban

- H_V - valóságos repülési magasság;
 α - állásszög;
 β - helyszög;
 H_{VA} - "valóságos" repülési magasság az "A" előretartási pontban;
 D - a repülőgép és az előretartási pont távolsága;
 V - a repülőgép sebessége;

A 13. ábra alapján:

$$H_{VA} = D \cdot \sin(\beta - \alpha)$$

Terepkövető lokátorok alkalmazása esetén az automatikus vezérlő rendszerek bőlintási csatornájának vezérlési törvényeit a rádiólokátor által előállított "H_{VA}" jel alapján formálják. Terepkövető lokátorok alkalmazásával jelentős mértékben kiszélesedik az automatikusan végrehajtható repülések tartománya, mivel az alkalmazott magasságmérési elv már jelentősebb emelkedésű tereptárgyak átrepülését is lehetővé teszi. A biztonságosan átrepülhető tereptárgyak, földfelszín maximális emelkedési szöge: $\alpha \leq 30^\circ$.

Sajnos, repülőcsapataink a kornak ezt a technikai színvonalát még nem tükrözik, de a műszaki szakembereinknek fel kell készülnie ezen fedélzeti rendszerek üzemeltetésére, esetleges csapatjavítására is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

A. A. Kraszovszkij: Szisztemi avtomaticheskogo upravlenija letatyelnih apparatov.

(Zsukovszkij Repülő Mérnöki Akadémia)

N. T. Vaszilenko: Rádielektronika i aviacionnie radiolokacionnie usztrójsztva.

(Zsukovszkij Repülő Mérnöki Akadémia).