

REPÜLŐGÉPVEZETŐ A REPÜLŐGÉP IRÁNYÍTÁSI
RENDSZEREBEN

*(Az MHTT Légvédelmi-, repülő- és űrhajózási
szakosztálya által kiírt pályaszatra
benyújtott pályamunka)*

A modern repülőgépek szinte kivétel nélkül rendelkeznek olyan fedélzeti rendszerrel, amely lehetővé teszi a repülés egyes fázisainak automatizálást. Ilyen rendszerek a repülőgép térbeli helyzetét stabilizáló robotpilóták vagy a repülőgép pályavezérlését biztosító automatikus vezérlő rendszerek.

A repülőgép automatizált vezetése során a repülőgépvezető nem vesz részt az irányítás folyamatában. Automatikus repülőgépvezetéskor a repülési paraméterek érzékelése és feldolgozása, a feldolgozott jelek alapján a beavatkozó jel kialakítása a repülőgépvezető nélkül történik. A repülőgépvezető azonban rendelkezik olyan tulajdonságokkal (gondolkodás, érzékelés, megérzés, képes gyorsan alkalmazkodni a változó repülési körülményekhez, a fedélzeti rendszerek meghibásodása esetén dönt a repülés folytatásáról stb.), amelyek egy-egy szabályozási kör elengedhetetlen részévé teszik őt.

A fedélzeti automatikus vezérlő rendszer alapvető feladata, hogy a fárasztó, egyhangú feladatokat (pl. útvonalrepüléskor az irányszög stabilizálása) elvégezve könnyítse a repülőgépvezető munkáját.

A vezérlő rendszer biztosítja továbbá:

- a gyors és pontos beavatkozást a repülőgépvezetésbe;

- a repülőgépvezető számára lehetővé teszi, hogy egyszerre több módszer jelzését dolgozza fel;
- a repülési feladat végrehajtására több ideje marad a repülőgépvezetőnek.

Mindazonáltal az automatizált repülések végrehajtásakor döntő fontosságú az irányítási rendszerben a repülőgépvezető szerepe. A repülőgépvezető irányítja a repülést, ő hoz döntést az adott repülési üzemmód megváltoztatásáról és ő hajtja azt végre, ő ellenőrzi a vezérlő rendszer működőképességét és kikapcsolja a rendszert, ha hibásnak véli működését.

Az automatikus vezérlő rendszer működésekor a repülőgépvezető tevékenysége gyökeresen megváltozik. Jelentős mértékben csökken szerepköre a repülőgépvezetésben, viszont lényegesen növekszik pszichikai terhelése. Az automatizált repülések során csökken a repülőgépvezető információ feldolgozása és a repülés modellezésére (elképzelésre) irányuló szellemi tevékenysége. Ha a repülőgépvezető bizik az automatikus vezérlő rendszer működésének helyességébe, úgy idegi terhelése jelentős mértékben csökkenhet.

A hosszú ideig tartó "nyugodt" körülmények között végrehajtott automatizált repülések során a repülőgépvezető fokozatosan elveszti gyors beavatkozóképességét, figyelme nem kellőképpen a repülésre összpontosul és egyre alacsonyabb készülségi szintre kerül. Ez abban nyilvánul meg, hogy a vezérlő rendszer meghibásodása esetén a repülőgépvezető nem a megfelelő módon avatkozik be az irányítás folyamatába és csak hosszú idő elteltevel (10...30 s) hajtja végre a megfelelő és szükséges műveleteket.

A bonyolult körülmények között (pl. leszállás korlátozott látási viszonyok között, automatizált kismagasságú repülés végrehajtása) a repülőgépvezető ún. aktív készenléti állapotban várja a meghibásodásra utaló jeleket, amelyek

sürgős beavatkozást igényelnek a repülőgépvezetés folyamatába. Az aktív készenléti állapotban a repülőgépvezető pszichikai terhelése jelentős mértékben növekszik és a stresszes állapotot is elérheti.

Foglaljuk össze az eddig elhangzottakat:

- a repülés egyes fázisaiban a repülőgépvezetés automatizálása lehetővé teszi a nagyszámú repülési paraméter gyors és pontos feldolgozását, a pontos repülőgépvezetést, valamint ha a repülőgépvezető megbízik a vezérlő rendszerben, jelentős mértékben csökken fizikai és idegi elfáradása;

- a "repülőgépvezető - automatikus vezérlő rendszer" irányítási rendszer alkalmazása a következő hátrányokkal jár:

- csökken a repülőgépvezető készültségi szintje;
- a repülőgépvezető kisebb túlterhelések elviselésére képes, mint kézi repülőgépvezetéskor;
- jelentős mértékben növekedhet a repülőgépvezető pszichikai terhelése.

- a modern repülőgépek fedélzetén olyan irányítási rendszerre van szükség, melyben az automatikus és a kézi repülőgépvezetés racionálisan kiegészíti egymást. Az ilyen irányítási rendszerben az automatikus vezérlő rendszer lehetőségein kívül maximálisan figyelembe kell venni a repülőgépvezető izom- és idegrendszerének adottságait és korlátait is.

REPÜLŐGÉPVEZETŐ A REPÜLŐGÉP VEZETÉSEBEN

Az automatikus vezérlő rendszer és a repülőgépvezető együttesen automatizált irányítási rendszert alkotnak. Az

automatizáltsági szint szerint a következő repülőgépvezetési formákat szokás megkülönböztetni:

- kézi vezérlés, melyet a megfelelő stabilitást és kormányozhatóságot biztosító rendszerek egészítenek ki;

- automatikus vezérlés, mely esetén a repülőgépvezetés a pilóta nélkül történik. Ebben az esetben a repülőgépvezető magasabb rendű feladatokat lát el (pl. ellenőrzi a feldélteti rendszerek működőképességét, a repülés útvonalát).

Ezen szélső repülőgépvezetési formák között többfajta félautomatikus vezérlési elv létezik:

- félautomatikus vezérlés, mely esetén a repülési paraméterek érzékelése, feldolgozása és a vezérlő jelek formálása automatikusan történik, míg a repülőgépvezető feladata a vezérlő jelek megfelelően a kormányiszervek működtetése;

- egyeztetett vezérlés, az olyan repülőgépvezetés, mely esetén egymást követik a kézi és az automatikus vezérlési fázisok, a soronkövetkező vezérlési mód egyeztetett az előző vezérlési móddal;

- összetett vezérlés, amely adott algoritmus szerint együttműködő automatikus és félautomatikus vezérlést foglal magába.

Ha a repülőgépvetés valamilyen félautomatikus vezérlési elv szerint történik, akkor egy új problémával találkozunk. Ez az új probléma nem más, mint a repülőgépvezető tevékenységének matematikai (automatikai) leírása. Általános esetben a repülőgépvezető modellje többváltozós függvény, amelyben a független változók lehetnek:

- a repülőgép dinamikai jellemzői;

- a repülőgépvezető képzettségi szintje;
- a repülési paraméter jellege, amely szerint a repülőgép vezetése történik;
- a végrehajtandó feladat nehézségi szintje.

Mivel úgy a kézi, mint a félautomatikus vezérlés esetén a repülőgépvezető gyakorlatilag valamely repülési paraméter pillanatnyi és kívánt értékét egyezteti, majd a képzett hibajelnek megfelelően működtetli a kormánysszerkezet, ezért a repülőgépvezető fent leírt tevékenységét a következő átviteli függvényrel jellemezhetjük:

$$Y_R(s) = \frac{X_K(s)}{X_H(s)} = \frac{A_R e^{-s T_H} (1+s T_2)}{(1+s T_1)(1+s T_3)} \quad (1)$$

ahol:

- $X_K(s)$ - kimenőjel operátortartományban;
- $X_H(s)$ - bemenőjel (hibajel) operátortartományban;
- A_R - a repülőgépvezető átviteli tényezője;

$T_H; T_1; T_2; T_3$ - időállandók.

A repülőgépvezető reakciójának holtidejét $T_H = (0,1 \dots 0,2)$ s a neuronok gerjesztése, a jelek végigfutásának ideje, a központi idegrendszerben a beérkező jelek feldolgozásának ideje és a rendelkező jel kialakításához szükséges idő együttesen határozzák meg.

A repülőgépvezető ideg- és izomrendszerének működését a T_1 időállandójú egytárolós tag jellemzi. A T_2 időállandójú

arányos, differenciáló tag a repülőgépvezető azon képességének leírására szolgál, hogy a $X_K(s)$ jel kialakítása során figyelembe veszi az $X_H(s)$ jel változásának sebességét is. A T_3 időállandójú egytárolás tag a pilóta olyan képességét írja le, hogy az információ megjelenítő eszközök (pl. parancsközlő módszer, DISPLAY) jelzéseiben tapasztalható hirtelen változásokat képes csillapítani.

A T_2 és a T_3 időállandók, valamint az A_R átviteli tényező értéke változó, értéküket a repülőgépvezető úgy változtatja, hogy a repülőgép vezetése megfeleljen a minőségi követelményeknek.

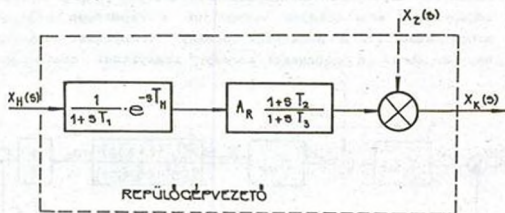
Az eddig elhangzottak alapján tehát a repülőgépvezető átviteli függvényét a következő alakban írhatjuk fel:

$$Y_R(s) = Y_1(s) Y_2(s)$$

ahol: $Y_1(s) = \frac{1}{1+sT_1} e^{-sT_H}$ - az $Y_R(s)$ átviteli függvény állandó összetevője, melyet az ember ideg- és izomrendszerének jellemzői határoznak meg;

$Y_2(s) = A_R \frac{1+sT_2}{1+sT_3}$ - az $Y_R(s)$ átviteli függvény változtatható része, melyet alapvetően a repülőgép jellemzői határoznak meg és hően tükrözi a repülőgépvezető képzettségi-, felkészültségi szintjét.

A repülőgépvezető reakcióját szokás kiegészíteni a zavaró jellemzővel $X_Z(s)$ (1. ábra), melyet a következő okokra lehet visszavezetni:



1. ábra

- a hibajel érzékelését és analizálását a repülőgépvezető hibás beavatkozása követi, mely a kormánysszervek nem megfelelő kezelésében nyilvánul meg;

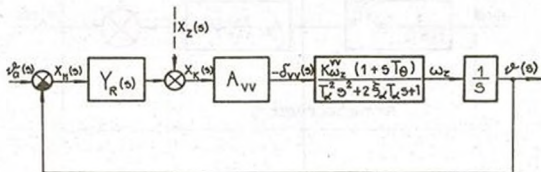
- a repülőgépvezető jellemzői bizonyos nemlinearitást képviselnek (pl. érzéketlenségi sáv, telítődés);

- a repülőgépvezetés során a pilóta jellemzői (A_R ; T_2 ; T_3) változnak.

Könnyen belátható, hogy a repülőgépvezető tevékenységét leíró átviteli függvény annál pontosabb, minél kisebb a zavaró jellemző értéke. Ha a hibajel frekvenciája kisebb, mint 0,5 Hz, akkor a zavaró jellemző a kiemelt jelnek kevesebb, mint 5 %-át képviseli.

Mint korábban említettem, a repülőgép dinamikai jellemzői repülés közben megváltoznak, melyekhez a repülőgépvezető úgy igazítja hozzá az $Y_Z(s)$ átviteli függvényt, hogy a "re-

pülógép-repülógépvezető" rendszer (R-R) a repülógép vezetést nagy pontossággal hajtja végre, az átmeneti folyamatok rövid idő alatt kis túllendülésekkel érjenek véget. A repülógépvezető adaptációját vizsgáljuk a repülógép bólintási szögét stabilizáló "magassági kormány" irányítási csatornában (2. ábra). A "magassági kormány" irányítási csatornában



2. ábra

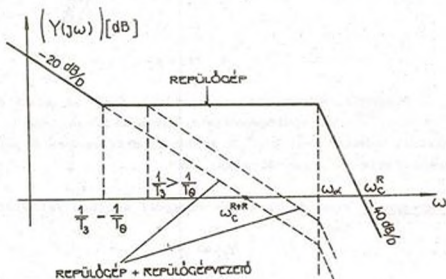
a repülógépvezető értékelése szerint létezik olyan optimális metszési körfrekvencia (3. ábra), amely esetén az átmeneti folyamatok minimális túllendülésekkel megfelelően rövid idő alatt érnek véget. Ez a metszési körfrekvencia nagy manőverezőképesseggű repülógépek esetében $\omega_c = (3 \dots 3,5) 1/s$, míg a szállító repülógépek esetében $\omega_c = 1 1/s$. Ezért a repülés dinamikájának függvényében, valamint a metszési ω_c és a repülógép csillapítatlan lengéseinek körfrekvenciája ω_a viszonyától függően a repülógépvezető tevékenysége jelentős mértékben eltér egymástól. Bizonyítsuk állításunkat!

Vizsgáljuk a repülógép bólintási szögének stabilizálását a repülógépvezető átmeneti függvényének ismeretében (2. ábra).

A 2. ábra alapján a felnyitott kör átviteli függvénye:

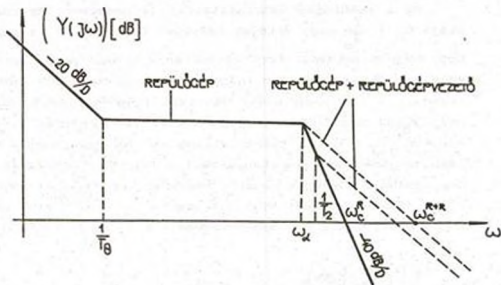
$$Y(s) = \frac{\Theta(s)}{\Theta_a(s)} = Y_R(s) A_{VV} \frac{K \omega_z^V (1+s T_\theta)}{s(T_a^2 s^2 + 2 \zeta_\alpha T_\alpha s + 1)}$$

Ha a repülőgép csillapítatlan lengéseinek körfrekvenciája $\omega_\alpha = \frac{1}{T_\alpha}$ nagy értéket képvisel ($\omega_\alpha \gg \omega_c^{R+R}$), akkor ahhoz, hogy a metszési körfrekvencián a Bode-diagram meredeksége -20 dB/D legyen (az irányítási csatorna stabil működésű legyen), a repülőgépvezető átviteli függvényében a változó rész $Y_2(s)$ egytárolós jelleggel kell rendelkezzen. Ideális esetben: $T_3 = T_\theta$. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a repülőgépvezetőnek csillapítania kell a hibajel változását (pl. parancsközlő műszerek mutatói végtelen kitéréseinek szűrése, csillapítása). A fent vizsgált esetre ($\omega_\alpha \gg \omega_c^{R+R}$) a felnyitott szabályozási kör Bode-diagramja a 3. ábrán látható.



3. ábra

Ha a repülőgép csillapítatlan lengéseinek körfrekvenciája $\omega_\alpha \cong \omega_c^R$, akkor ahhoz, hogy a metszési körfrekvenciája a felnyitott kör Bode-diagramja -20 dB/D meredekséggel rendelkezzen (tehát az irányítási csatorna stabil legyen), a repülőgépvezető átviteli függvényében a változó rész $Y_2(s)$ arányos, differenciálós jelleggel kell rendelkezzen (4. ábra).



4. ábra

Összességében azt mondhatjuk, hogy az első esetben ($\omega_\alpha > \omega_c^{R+R}$) a repülőgépvezető egytárolós jelleggel, míg a második esetben ($\omega_\alpha \cong \omega_c^R$) arányos, differenciálós jelleggel egészítette ki a szabályozási kört.

Megjegyzés: Mindkét ditalunk vizsgált esetben feltételezzük, hogy

$$Y_1(s) = 1$$

Tehát a repülőgépvezető tevékenysége a vizsgált két esetben lényegesen különbözik egymástól.

Meg kell említeni, hogy az általunk vizsgált matematikai modell csak abban az esetben állja meg helyét, ha a repülőgépvezető egycsatornás szabályozási körbe van bekapcsolva. A gyakorlatban azonban a repülőgépvezető mindig többcsatornás szabályozási körben dolgozik, amikor a repülőgép vezetése legalább két paraméter szerint történik (pl. dőlési - bólintási szög, magasság, sebesség stb.). Kétcsatornás irányítási rendszerben, ha az egyik repülési paraméter az alapértékkel megegyezik, akkor a rendszer tekinthető egycsatornás szabályozási körnek is. Ebben az esetben a repülőgépvezető az általunk vizsgált átviteli függvénnyel (1) jellemezhető. Ha a repülőgépvezető egyszerre kettő, vagy több irányítási csatornában avatkozik be a repülőgépvezetésbe, úgy az átviteli függvénye a következőképpen egyszerűsödik:

$$Y_R(s) = \frac{A_R}{1+sT_1} e^{-sT_H}$$

Ez azt jelenti, hogy többcsatornás szabályozási rendszerben a repülőgépvezető már nem tudja követni a hibajelek változásának sebességét, és nem tudja figyelembe venni azokat a beavatkozó jelek kialakításakor, valamint nem képes a hibajelek véletlen változásait csillapítani. Ha eltekintünk a repülőgépvezető ideg- és izomrendszerének sajátosságaitól ($Y_1(s) = 1$), akkor az átviteli függvény arányos tagnak tekinthető:

$$Y_R(s) = A_R$$

REPÜLŐGÉPEK FÉLAUTOMATIKUS VEZETÉSE

A félautomatikus repülőgépvezetést leggyakrabban útvo-nalrepüléskor, leszálláshoz történő bejövételkor, légi- és földi célokra történő rávezetéskor, valamint kismagasságú repülések során szokás alkalmazni. Félautomatikus repülések esetén a repülőgépvezető és az automatikus vezérlő rendszer között az alábbi módon lehet szétválasztani a megoldandó feladatokat:

1./ Az automatikus vezérlő rendszer funkciója kettős:

- a repülőgép stabilitási és kormányozhatósági jellemzőit a kívánt értéken tartja;

- összehasonlítva a repülőgép pillanatnyi térbeli helyzetét a kívánt (előírt) térbeli helyzettel a repülőgépvezető számára parancsjeleket állít elő a repülőgép kormány-szerveinek megfelelő kitérésre. A parancsjeleket parancs-közlő műszerek mutatóira vagy egyéb más információ megjele-nítő rendszerre (DISPLAY, homloküvegre vetítve) továbbítja. Az információ megjelenítő eszközön a parancsjel mutatón vagy mozgó index formájában jelenik meg.

2./ A repülőgépvezető feladata meglehetősen egyszerű: a parancsjelnek megfelelően a kormánysszervek működtetése, minek eredményeképpen a repülőgép a kívánt (előírt) térbeli hely-zetet veszi fel.

A félautomatikus repülőgépvezetés tehát megkönnyíti a repülőgépvezető munkáját, mivel a repülési paraméterek érzé- kelését és feldolgozását az automatikus vezérlő rendszer végzi, míg a beavatkozás a repülőgépvezető feladata. Félau- tomatikus repülőgépvezetéskor a repülőgépvezető az alábbi rendszerben dolgozik (5. ábra).

FELAUTOMATIKUS REPÜLŐGÉPVEZETÉS LESZÁLLÁSHOZ TÖRTENŐ
BEJÖVETELKOR

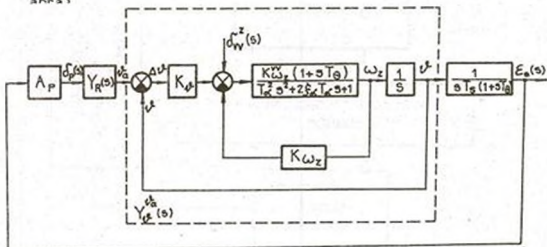
Leszálláskor a repülőgép tömegközéppontjának helyzetét a sikló pályához, valamint az iránypályához szokás viszonyítani. Ez azt jelenti, hogy félautomatikus leszállás esetén a repülőgépvezető kétcsatornás irányítási rendszerben dolgozik. Korábban már volt szó róla, hogy ilyen esetben a repülőgépvezető átviteli függvénye a következő alakban adható meg:

$$Y_R(s) = \frac{A_R}{1+sT_1} \cdot e^{-sT_H}$$

vagy jó közelítéssel:

$$Y_R(s) \cong A_R$$

Rajzoljuk meg a repülőgépet sikló pályán tartó, félautomatikus üzemben működő vezérlő rendszer hatásvázlatát (6. ábra)

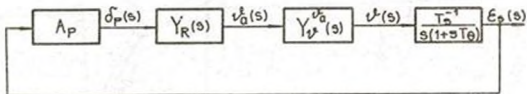


6. ábra

A hatásvázlaton jól látható, hogy az irányítási rendszer alapjául arányos (P) visszacsatolású bõlrintási robotpilóta szolgál, melynek $Y_{\theta}^{\theta a}(s)$ átviteli függvénye a következõ alakban írható fel:

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

A félautomatikus üzemmódon mûködõ vezérlõ rendszer hatásvázlatát megadhatjuk az alábbi egyszerűsített formában is (7. ábra).



7. ábra

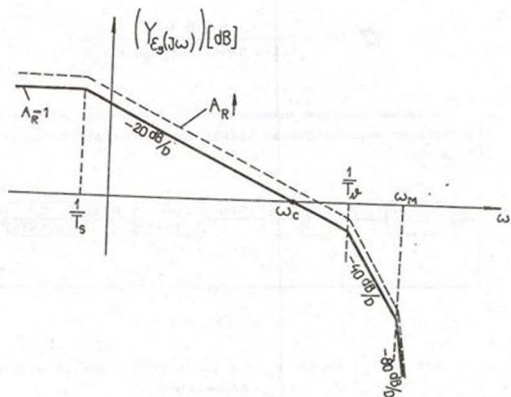
A 6. és 7. ábrán: A_p - a parancsközlõ mûszer átviteli tényezõje.

A hatásvázlat alapján (7. ábra) határozzuk meg a felnyitott kör átviteli függvényét:

$$Y_{e_s}(s) = A_p Y_R(s) Y_{\theta}^{\theta a}(s) \frac{1}{s T_s (1 + s T_{\theta})}$$

$$Y_{e_s}(s) = A_R \frac{A_p}{s T_s (1 + s T_{\theta})(s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2)} \quad (2)$$

A kapott átviteli függvény alapján (2) határozzuk meg a felnyitott szabályozási kör Bode-diagramját (8. ábra) és vizsgáljuk meg az irányítási csatorna viselkedését a repülőgépvezető különböző tevékenysége során.

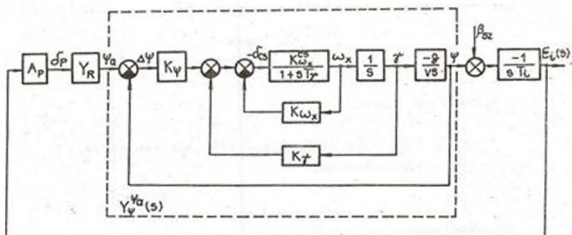


8. ábra

A metszési körfrekvencián ω_c a Bode-diagram meredeksége -20 dB/D . Ez azt jelenti, hogy az irányítási rendszer az $1,25 \frac{1}{T_s} \leq \omega_c \leq 0,25 \frac{1}{T_\phi}$ frekvenciatartományban egytárolós jelleggel bír, mely kielégíti a vezérlő rendszerrel szemben támasztott követelményeket (stabil működés, átmeneti folyamatok rövid ideig tartanak, a rendszer túllendülések nélkül szabályoz).

Ha nő az A_R erősítési tényező, akkor a Bode-diagram önmagával párhuzamosan tolódik el a függőleges tengely mentén, míg a törési frekvenciák nem változnak. A metszési körfrekvencia tart az $\frac{1}{T_\theta}$ körfrekvenciához. Mivel az aszimptotikus és a valóságos Bode-diagram az $\frac{1}{T_\theta}$ körfrekvencián $\approx |3$ dB/D|-al eltér egymástól, így az A_R erősítési tényező növekedése azt eredményezi, hogy a metszési körfrekvencián a valóságos Bode-diagram meredeksége nagyobb, mint -20 dB/D. Tehát az irányítási csatorna lengő jellege erősödik, a stabilitás határára is kerülhet, ami a repülőgépvezetés szempontjából nem megengedett.

A repülőgépvezetés különösen fontos szerepe a leszálláshoz történő bejövetelekor tehát abban nyilvánul meg, hogy olyan A_R erősítési tényezőt "állítson" be, úgy igazodjon a változó dinamikai jellemzőkhöz, hogy az irányítási csatorna stabil működésű maradjon (a valóságos Bode-diagram -20 dB/D meredekséggel messe a vízszintes tengelyt). Általában $A_R = (3 \dots 10)$ között változik és függ a bemenő jel spektrumától.



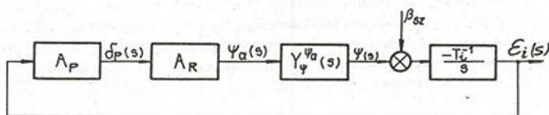
9. ábra

Vizsgáljuk meg a repülőgépvezető ténykedését az iránypályán tartó vezérlő rendszerben. A vezérlő rendszer épüljön arányos (P) visszacsatolású bedöntési robotpilótára. Rajzoljuk meg az irányítási csatorna hatásvázlatát (9. ábra).

A bedöntési robotpilóta $Y_{\psi}^a(s)$ átviteli függvényét a következő alakban lehet felírni:

$$Y_{\psi}^a(s) = \frac{1}{(1+sT_{\psi})(s^2 + 2\zeta_M\omega_M s + \omega_M^2)}$$

Az irányítási csatorna egyszerűsített hatásvázlatát a következő módon lehet megrajzolni (10. ábra):



10. ábra

A 9. és a 10. ábrán:

A_P - a parancsközvetítő műszer átviteli tényezője;

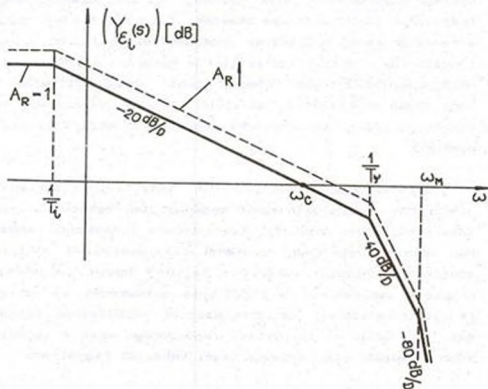
β_{sz} - szélirányszög.

A továbbiakban: $\beta_{sz} = 0$

A hatásvázlat alapján (10. ábra) határozzuk meg a felnyitott szabályozási kör átviteli függvényét:

$$\begin{aligned}
 Y_{\varepsilon_1}(s) &= A_P A_R Y_V^w(s) \frac{T_I^{-1}}{s} = \\
 &= A_R \frac{A_P}{(1+s T_V)(s^2 + 2\zeta_M \omega_M s + \omega_M^2) s T_I} \quad (3)
 \end{aligned}$$

A felnyitott kör átviteli függvénye (3) alapján rajzoljuk meg a felnyitott szabályozási kör Bode-diagramját (11. ábra) és elemezzük az irányítási csatorna viselkedését a repülőgépvezető tevékenysége során.



11. ábra

Az ω_c metszési körfrekvencián a Bode-diagram meredeksége -20 dB/D. Az irányítási csatorna tehát az $1,25 \frac{1}{T_1} \leq \omega_c \leq 0,25 \frac{1}{T_2}$ frekvenciatartományban egytárolós jelleggel bír és kielégíti a vele szemben támasztott követelményeket. Az A_R erősítési tényező növekedése esetén a diagram önmagával párhuzamosan tolódik el a függőleges tengely mentén, a törési frekvenciák pedig nem változnak. A metszési körfrekvencia ω_c viszont tart az $\frac{1}{T_2}$ körfrekvenciához.

Az ideális (aszimptotikus) és a valóságos Bode-diagram azonban eltér egymástól. Az A_R átviteli tényező növekedésével a metszési körfrekvencián a valóságos Bode-diagram meredeksége nagyobb lesz, mint -20 dB/D. Ez azt jelenti, hogy az irányítási csatornákon az átmeneti folyamatok ideje csökken a rendszer lengő hajlamának erősödésével, valamint a szabályozási kör a stabilitás-labilitás határára kerülhet. A repülőgépvezető szerepe ilyenkor tehát abban nyilvánul meg, hogy olyan maximális A_R átviteli tényezőt válasszon, amely esetén az irányítási csatorna megfelel az előírt követelményeknek.

Mint az eddigiekből kiderült, leszálláshoz történő bejövetelekor a repülőgépvezető meglehetősen összetett irányítási rendszerben dolgozik. Kétszatornás irányítási rendszerben végzi a repülőgép vezetését (iránypálya és siklópálya szerint), ezenkívül vezérli a hajtómű üzemét, ellenőrzi a repülési magasságot, a függőleges sebességet és az egyéb fedélzeti műszerek, műszerrendszerek működésének helyességét. Így tehát az irányítási rendszerben csak a legegyszerűbb formában, mint arányos tagot vehetjük figyelembe.

Az eddig elhangzottak alapján tehát azt mondhatjuk, hogy a repülőgépvezetőt nem szabad kizárni a repülőgépvetés folyamatából. Univerzális, gondolkodó láncszemként tudja igazítani az irányítási rendszer jellemzőit a megváltozott

repülési jellemzőkhöz, valamint a repülőgép paramétereire. Vele együtt az irányítási rendszer olyan potenciális lehetőségekre tesz szert, amelyekkel ma egyetlen automatikus vezérlő rendszer sem rendelkezik.