



**Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem  
Bolyai János Katonai Műszaki Kar  
Repülő és Légvédelmi Intézet**



**Fedélzeti Rendszerek Tanszék  
Repülőfedélzeti Fegyvertechnikai szakirány**

# **REPÜLŐFEDÉLZETI LŐTORNYOK KÖVETŐ HAJTÁSAI**

**SZAKDOLGOZAT**

**Készítette:**

**KOVÁCS JÁNOS HALLGATÓ**

**Konzulens:**

**Szilvássy László okl. mk. alez.**

**Kovács József okl. mk. alez.**

**SZOLNOK  
2008.**

ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM  
BOLYAI JÁNOS KATONAI MŰSZAKI KAR  
Fedélzeti Rendszerek Tanszék

J ó v á h a g y o m !  
Szolnok, 2007. május 31.

.....  
tanszékvezető

## **SZAKDOLGOZATI FELADAT**

**Kovács János**

repülőfedélzeti fegyvertechnikai szakos  
hallgató részére

**1. Feladat:**

Repülőfedélzeti lőtornyok követő hajtásai

**2. Elkészítendő:**

- A repülőfedélzeti lőtornyok kialakulása;
- A lőtornyok mozgatása;
- A lőtornyok követő hajtásának kialakulása;
- A lőtornyok követő hajtásainak automatikai vizsgálata.

**3. A szakdolgozatot konzultálja:** Szilvássy László okl. mk. alez.

Kovács József okl. mk. alez.

**4. Beadási határidő:** 2008. április 30.

**5. A kidolgozáshoz javasolt eszközök és irodalom:**

- A repülőfedélzeti fegyverberendezések működésének és üzemeltetésének alapjai I. könyv (920/531 szabályzat)
- Zsilák András mk. alez.: Repülőgép-fedélzeti fegyverek megsemmisítő eszközei, 598/479, KGyRMF, 1984,
- Idegen hadseregek katonai repülőerőiben rendszeresített főbb fedélzeti pusztítóeszközök (Id/16 szabályzat)
- Zsilák András 1984 Repülőgép-fedélzeti lőfegyverek MN KGyRMF,
- A Mi-24D helikopter műszaki leírása III. könyv 2. rész Fegyverzet (Re/771)
- A repülőfegyverzet üzemeltetésének elméleti alapjai IV. Repülőlészerek (Re/997)
- Gunston, B. Korszerű harci repülőgépek fegyverzete, Zrínyi Kiadó 1995

- A témával foglalkozó szakdolgozatok, tanulmányok, doktori dolgozatok és Internetes oldalak.

**6. A szakdolgozat elkészítésének ütemterve:**

Ssz.	Feladat megnevezése	Határidő	Megjegyzés
		Aláírás	
1.	A megadott irodalom tanulmányozása, rendszerezése, egyéb források felkutatás	2007. 09. 30.	
2.	Önálló kutatás	2007. 10. 31.	
3.	A szakdolgozat vázlatának elkészítése	2007. 11. 30.	
4.	A szakdolgozat kéziratának elkészítése	2008. 02. 28.	
5.	Ábrák, fényképek fóliák, stb. elkészítése	2008. 03. 31.	
6.	A szakdolgozat bemutatása a konzulensnek	2008. 03. 31.	
7.	A szakdolgozat végleges formába öntése és bekötetése	2008. 04. 15.	
8.	A szakdolgozat leadása	2008. 04. 30.	

Szolnok, 2008. .... hó .....-n

.....  
hallgató

Egyetértek!

.....  
konzulens

**7. A konzulens javaslata:**

A szakdolgozat a formai és tartalmi követelményeknek

<b>megfelel</b>	<b>nem felel meg</b>
ezért elbírálását	
<b>javaslom</b>	<b>nem javaslom</b>

Szolnok, 2008. .... hó .....-n

.....  
konzulens

## A szakdolgozat értékelés

### 8. Összefoglaló bírálat:

Javasolt osztályzat: .....

2008. .... hó .....-n

.....  
bíráló

### 9. A záróvizsga bizottság döntése:

A szakdolgozatot ..... eredményűnek minősítjük.

Szolnok, 2008. .... hó .....-n

.....  
ZV bizottság elnöke

## TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	6
1. A MOZGATHATÓ LŐFEGYVEREK KIALAKULÁSÁNAK TÖRTÉNETE.	8
1.1. Repülőfedélzeti lőfegyverek kialakulása.....	9
2. A MOZGATHATÓ LŐFEGYVEREK ELŐBEÉPÍTÉSEI.....	16
3. A REPÜLŐFEDÉLZETI LŐTORNYOK MOZGATÁSA .....	20
3.1. Pneumatikus rendszer.....	20
3.2. Hidraulikus rendszer.....	21
3.3. Az elektromos követő meghajtás .....	22
4. A REPÜLŐFEDÉLZETI LŐTORNYOK KÖVETŐ HAJTÁSAINAK A KIALAKULÁSA ÉS AUTOMATIKAI VIZSGÁLATA.....	23
4.1. Az USzPU–24 lőtorny főbb részeinek a felépítése és a működése.....	25
4.1.1. Az alap .....	25
4.1.2. Az előbeépítés .....	27
4.1.3. A PN–24 vízszintes meghajtás.....	28
4.1.4. A PN–24-01 függőleges meghajtás .....	32
4.1.5. A lőtorny merev táprendszer .....	32
4.1.6. Az elektromos vezetérendszer .....	33
4.1.7. Védópajzsok és redőnyök .....	34
4.2. A repülőfedélzeti lőtornyok követő hajtásainak az automatikai vizsgálata	34
4.2.1. A követő meghajtás elemei és felépítése .....	34
4.2.2. Az egyeztetlenséget mérő rendszer .....	37
4.2.3. A szervo erősítő .....	45
4.2.4. A fegyverirányzás fajtái .....	46
ÖSSZEFOGLALÁS .....	48
FELHASZNÁLT IRODALOM .....	50

## BEVEZETÉS

A katonai harctevékenységekben gyakran alkalmazott és hatékony eszköze a hadseregek légierije, amely harci alkalmazására az ellenség légi vagy földi célpontjainak megsemmisítésére, illetve harcképtelenné tételének céljából kerül sor.

A harci alkalmazás hatékonyságát igen sok körülmény befolyásolja, amelyek közül a legfontosabbak:

- Az alkalmazott repülőgép harcászati-műszaki tulajdonságai:
  - repülési sebesség;
  - repülési magasság;
  - emelkedőképesség;
  - manőverező képesség;
  - műszerezettség stb.
- A repülőgép személyzet szakmai felkészültsége, kiképzettség foka, erkölcsi – pszichikai tulajdonságai stb.
- A repülést irányító rendszerek korszerűsége, zavarvédeltsége, az irányító személyzet felkészültsége és gyakoroltsága.
- A repülőgép-fedélzeti fegyverzet korszerűsége, a célok megsemmisítésében az eszközzel elérhető hatékonyság mértéke.

A katonai harci repülőgépek fegyverzetét a négy csoportra szoktuk felosztani:

- fedélzeti löfegyverzet;
- fedélzeti rakétafegyverzet;
- fedélzeti bombázó fegyverzet illetve;
- a fentiek hatékony alkalmazását elősegítő fedélzeti célzókészülékek.

A fedélzeti löfegyverzetbe tartoznak a fedélzeti löfegyverek mint például a géppuskák illetve a gépágyúk, azok merev vagy mozgatható elő beépítései, célzókészülékei, lőszer javadalmazása és a tűzvezérlő-rendszer.

A mozgatható löfegyverek repülőgépen történő alkalmazása viszonylag nem nagy múltra tekint vissza. Géppuskát először 1911-ben szereltek repülőgépre. A légsavarkörön át tüzelő, a légsavarral szinkronizált géppuska az első világháború alatt jelent meg a mozgékony, egyszemélyes vadászrepülőgépeken. Az Ilija

Muromec orosz bombázó már 8 fedélzeti géppuskával rendelkezett. Az első világháborút követően a fedélzeti löfegyverek gyors fejlődésnek indultak és beépítésük is változatossá vált. A vadászgépeken a löfegyvereket a szárnyba, a szárnytőbe vagy a törzsbe mereven építik be. A bombázók és egyes katonai szállítógépek (önvédelmi célra) mozgathatóan beépített löfegyverekkel rendelkeznek. Léteznek olyan géppágyú - és géppuskakonténerok, amelyekben a löfegyver korlátozott mértékben mozgathatók. Ezeket a konténereket főleg földi célok ellen alkalmazzák.



1. ábra. Mi-24D harci helikopter [19]

Napjainkban a mozgatható löfegyverekről inkább a harci helikopterek jutnak eszünkbe, de a lövegtornyok alkalmazásának a kezdetét nagy bombázó repülőgépeken használták mint védelmi eszköz céljából. Jelenleg bár a szovjet bombázókon és katonai szállító repülőgépeken alkalmaznak néhány lövegtornyot, a legtöbb mégis a harci helikoptereken található, mivel ezeknek a repülőgépeknek rendeltetése a harcoló szárazföldi alegységek mozgékonyságának növelése illetve még a harcmezőn, a tűztámogatás biztosítása. [3][8][10]

## 1. A MOZGATHATÓ LŐFEGYVEREK KIALAKULÁSÁNAK TÖRTÉNETE

Maga a lő torony kialakulásának a kezdetét a 19. század közepére tehetjük a csatahajók korszakába. A forgó lövegtorony ötletét ugyanis 1860-ban az angol származású Cowper Coles kapitány vetette fel, a Monitort nevezetű csatahajóján, amely szinte alig emelkedett ki a vízből, fedélzetén pedig egy 360 fokban mozgatható lövegtornyot helyeztek el, amelyben 2 db 280 mm-es löveget építettek be. Majd ebből fejlődött ki az 1906-ig uralkodó csatahajó-típus, a Pre-Dreadnought, vagy más néven, a tornyos csatahajó, amelynek a fedélzetén két forgatható ágyútornyot helyeztek el. Ezután az angolok 1906-ban vízre bocsátották az addigi legerősebb csatahajójukat a HMS Dreadnought-ot, amelynek a fedélzetén már tíz darab nehéz hajóágyút hordozott, 5 toronyban kettesével felállítva. Mérete is jóval meghaladta a korábbi típusokét, mindezek miatt ára is rendkívül megnőtt. Ahogy a legtöbb, a Dreadnought sem maradt sokáig a világ legerősebb hadihajója, ráadásul megépítése nyomán egycsapásra minden korábbi csatahajó elavult, így anglia fölénye a tengereken egyetlen hajóra csökkent.



2. ábra. Dreadnought-típusú csatahajó [13]



Az I. világháború előtt és alatt a Dreadnought-típus tovább fejlődött, lövegeiket immár hármás és négyes lövegtornyokban kizárólag a hajó középvonalán helyezték el és másodlagos fegyverzetet is felszereltek az egységekre. A HMS Dreadnought még csak 305 mm-es ágyúkat hordozott, az 1910-es évek Dreadnought-jain viszont már 340, 356 és 380 mm-es ágyúkat helyeztek el, létrehozva az úgynevezett Super-Dreadnoughtokat.

A II. világháborúban már megmutatkozott más hajótípusok ereje is, mint pl. a tengeralattjáróké és a torpedónaszádoké. Ezek képesek voltak elsüllyeszteni a nagy csatahajókat, lényegesen kisebb költségigény mellett, emiatt már az ilyen típusú csatahajókra már nem nagyon volt szükség. [13]

### **1.1. Repülőfedélzeti lőfegyverek kialakulása**

A repülés kezdeti időszakában felmerült a kérdés: milyen lehetőségek vannak a repülőgépek harci alkalmazására?

A katonai repülés kezdetén a repülőgépeknek alapvetően felderítő szerepet szántak, de folytak kísérletek lőfegyverek és bombázó készülékek beépítésére is. A lőfegyver beépítésére, valamint az első légbombázás végrehajtására közel azonos időben, az 1911-es évben került sor.

Egyre nőtt a repülőgépek fegyverzete iránti érdeklődés, mégis az első világháború kezdetekkor a repülőgépek gyakorlatilag fegyvertelenek voltak és szinte kizárólag felderítési feladatokat hajtottak végre.

A háború első hónapjainak tapasztalata azt mutatta, hogy meg kell védeni a saját gépeket, utána meg kell semmisíteni az ellenséges repülőgépeket és csapást kell mérni az ellenség hátszágára.

Ez jó megoldásnak mutatkozott a levegőből támadni és a repülőgépen elhelyezett lőfegyverrel, löni a betolakodó ellenséges repülőgépeket. Ez a megoldás lehetővé tette, hogy a vadászgép elébe vagy utána menjen az ellenséges légi célnak, a támadás során közel repüljön a célhoz és a fedélzeti lőfegyverek tüzével lelője azt. Így lett a repülőfedélzeti lőfegyvereknek a rendeltetése a mai napig is:

- az ellenséges földi és légi célok megsemmisítése;
- az ellenséges földi és légi célok harcképtelenné tétele;

- illetve a kívánt hatás elérése a lövedék repesz, romboló, páncéltörő, gyújtó, zavaró, stb. hatásával.

Az első világháborúban a már felfegyverzett két repülőgép között kialakult harcot „légi harc”-nak, a repülőgép fedélzetéről végrehajtott lövészetet pedig „légi lövészet”-nek nevezték el. Ebben a kezdeti időszakban a légi harc megvívásának eszköze a gyalogsági géppuska volt.



**3. ábra. Géppuska repülőgép fedélzetén [20]**

A légi harc megvívására elsősorban kis méretű, nagy sebességű, jól manőverező, egy személyes vadászrepülőgépeket alkalmazták. A nagy testű, kis sebességű, nehezen manőverező bombázó repülőgépek igyekeztek elkerülni a számukra előnytelen légi harcot. Ha mégis támadás érte őket, akkor zárt köteléket alkotva a mozgathatóan beépített géppuskáik tüzével védekeztek.

Kezdetben nagy gondot jelentett a vadászrepülőgép fedélzetén úgy elhelyezni a jelentős tömegű és méretű gyalogsági géppuskát, hogy az a kezelőhöz közel kerüljön és a géppuskával ló legyen a kilövési lehetőség is.

A légi járműveken alkalmazott mozgatható lőfegyverek korszakának a kezdetét végül is az I világháború alatt 1914 és 1916 között tehetjük, mert ekkor már a repülőgépekről számos pisztoly-, revolver-, karabély-, és puskatípussal tüzeltek. Az első típusú pisztolyok a német Mauser és Luger, amelyek 9 mm űrméretűek, tárral ellátott, hosszú csövek voltak, ezért a kezelhetőségük és pontosságuk miatt nagyon kedvelték.

Az első típusú karabélyokat a Brit Királyi Légierő vetette be 1915 júliusában Martini és Lee-Metford karabély 7,92 mm űrméretűek voltak és ezeket úgy is használták, hogy különböző szögekben, szabad mozgathatósággal a repülőgépre erősítettek.



**4. ábra. Fokker E típusú egyfedelű vadászrepülőgép Lee-Metford karabéllyal [8]**

Az első korszerű géppuskát amelyet légi járműveken alkalmaztak az a német MG.08 típus, amely 7,92 mm űrméretű, tusával és pisztolymarkolattal, vagy első és hátsó markolattal ellátott fegyver volt. Tömege 16 kg volt, 100 vagy 200 löszert tartalmazott, a tűzgyorsasága pedig elérte az 500 lövést percenként. Ezt a

géppuskát kisebb módosításokkal mereven de legfőbbképpen mozgathatóan is beépítették.

A II. világháborúban bombázók fegyverzetének a kialakításában, fontos szerepet játszott a lőtornyok és a mozgatható lőfegyverek. Ez azért is fontos főleg a bombázó repülőgépeken, mert nem rendelkeztek olyan manőverezhető képességekkel, mint a kisebb gyorsabb vadászrepülőgépek, amelyeken csak elég mereven beépített géppuskák vagy gépágyúk, és csak így tudták megvédeni magukat az ellenséges gépektől. [1][3][5][8][11]

Az Egyesült Államokban 1917 és 1945 között a Martin és Browning volt a legelterjedtebb repülőgép fedélzeti géppuskatípus. Az Amerikai bombázó repülőgépek tornyába csak a Browning típusú géppuskát alkalmazták

A bombázó és felderítő repülőgépeken a géppuskákat a gép törzsében kialakított forgótornyokban helyezték el és azokat a légi lövészek közvetlenül kezelték, a korszerűbb változatoknál távvezérléssel működtették.



5. ábra. B-17-es Amerikai bombázó jobboldali oldalsó orrlövésze és az orrában kialakított forgatható lőtornya [15]

Ezekben a távol eső kényelmetlen tornyokban a légi lövészek helyzete igen nehéz volt, mivel a kilövési zónák eléggé korlátozottak voltak. Egyrészt vigyázni kel-

lett, nehogy ellőjék saját repülőgépük farok részét, vagy szárnyát, másrésztől a bombázó kötelék többi gépét.

A vadászok pedig ha teheték a légi lövészek által nem belátható „holt tér” felett igyekeztek támadni. A bombázó repülőgépek a vadászok támadása ellen zárt kötelékben való repüléssel és szervezett géppuska zárótűzzel védekeztek. Egy átlagos bombázón mint például a B-17-esen a pilótákon kívül legalább hét légi lövészre volt szükség. Három légi lövész volt a hátsó, alsó, és a felső toronyban két beépített 12,7 mm-es géppuskával. A másik négy lövész pedig olyan helyen kaptak tüzelőállást egy – egy 12,7 mm-es géppuskával, ahol még sebezhető volt a repülőgép. Mint például a gép orra, felső-hátsó része illetve az oldala.



**6. ábra. B-17-es Amerikai bombázó két felső lö tornya és az egyik oldallövésze [21]**

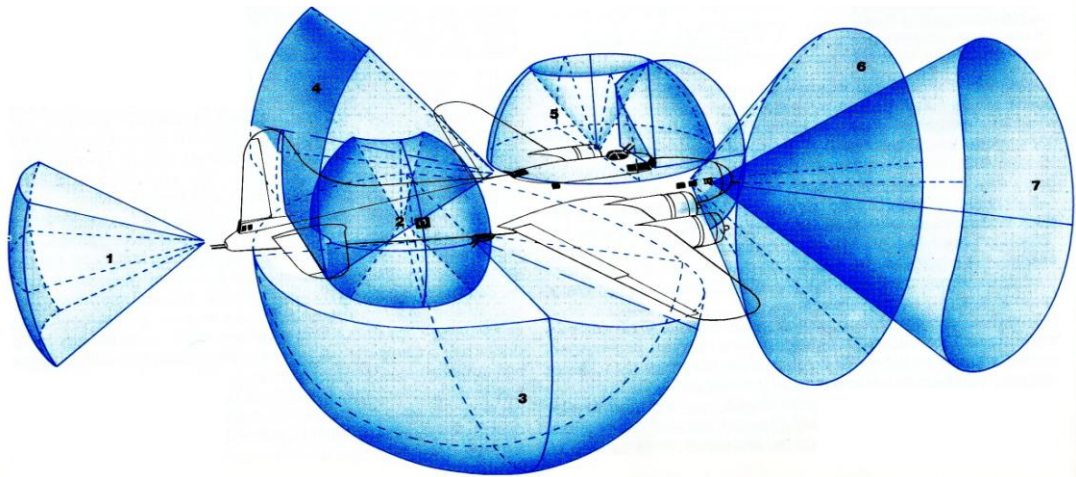
A II. világháború vége felé a hadba lépők már korszerű repülőgépekkel mint például, a B-17-es és később majd a B-24-es bombázókkal felszerelt és jól kiképzett hajózó műszaki állománnyal léptek harcba. Ebben a háborúban jelentős szerephez jutottak a légierők.

A légi fölényt majd a légi uralmat a repülőgépek a fedélzetükre mereven és mozgathatóan beépített lőfegyverekkel vívták ki. De jelentős szerephez jutottak a fedélzeti lőfegyverek a szárazföldi csapatok légi támogatása során is, amikor a



csatarepülőgépek kis repülési magasságból hatékonyan támadták az ellenség előerőit és szállítóeszközeit.

A légi harcot megvívó vadászpilóta repülőgépek lőfegyverzete ekkor már 2-4 darab mereven beépített 7-20 mm űrméretű, és 600-800 lövés percenkénti tűzgyorsaságú géppuskákkal és gépágyúkkal voltak felszerelve. A csapatrepülőgépek elsősorban a szárazföldi csapatok légi támogatását végezték 4-6 darab mereven vagy mozgathatóan beépített 23-45 mm űrméretű gépágyúk tüzével. A bombázó repülőgépek elsősorban mozgathatóan beépített 6-12 darab és a légi lövészek által kezelt 7-14 mm űrméretű géppuskával védekeztek a vadászok támadásai ellen.



7. ábra. A B-17-es bombázógép légi lövészeinek az összes kilövési zónái [8]

1. Hátsó torony (farok lövész – két 12,7 mm űrméretű géppuska)
2. Oldallövészek (egy-egy 12,7 mm-es géppuska oldalanként)
3. Alsó torony (két 12,7 mm űrméretű géppuska)
4. Felső-hátsó lövész (egy 12,7 mm-es géppuska)
5. Felső torony (két 12,7 mm űrméretű géppuska)
6. Oldalsó orrlövészek (egy-egy 7,62 mm-es géppuska)
7. Orrlövészek (két független 12,7 mm-es géppuska)

Az 1980-as évek után a korszerű modern vadászbombázókon továbbra is megtalálható a fedélzeti lőfegyverek, amelyek lehetnek a törzsbe mereven beépítve, vagy függeszthető gondolában mozgatható előbeépítésként is.

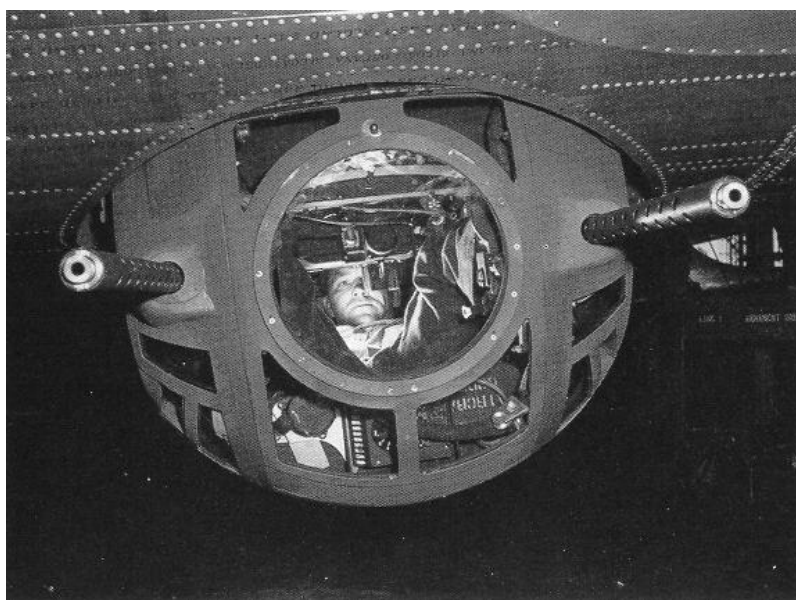
Napjainkban azonban a repülőgépeken ritka a forgó toronyba szerelt géppuska, inkább csak a helikoptereken főleg a harci helikoptereken használják, melyekről nagyon gyorsan képesek földi célpontokra tüzelni. [4][8][15][16][17][18]



**8. ábra.** Napjaink egyik moder harci helikoptere az AH-1W/Z Super Cobra, amelynek az orrába egy mozgatható 20 mm-es Gatling gépágyú található [22]

## 2. A MOZGATHATÓ LŐFEGYVEREK ELŐBEÉPÍTÉSEI

Az előbeépítés a repülőeszközökön elhelyezett, a lőfegyver hatékony alkalmazását és műszaki kiszolgálását biztosító különböző berendezések összessége. Ezek biztosítják a lőfegyvernek a repülőeszközön történő rögzítését, a lőfegyver irányítását, lőszerrel való ellátását, a lövés kiváltását és a fegyver folyamatos működését biztosító egyéb műveletek végrehajtását. Egy sor kisegítő berendezésnek az a rendeltetése, hogy megkönnyítse a légi lövész munkáját, így annak lehetősége nyílik teljes figyelmét a célra és a tűz vezetésére összpontosítani.



9. ábra. B-17-es Amerikai bombázó alsó lövegtornyában elhelyezett légi lövésze [15]

Az előbeépítéseket aszerint osztályozzuk, hogy a fegyver milyen mértékben mozgatható, valamint, hogy hol nyertek elhelyezést a repülőeszközön.

Merev előbeépítés esetén a lőfegyver megőrzi a beépítéskor és belövéskor rögzített helyzetét, a csőtengely és a repülőeszköz hossz tengelye közti szög nem változik. A lőfegyver csak hátrafelé mozdulhat el tüzeléskor, a visszalökő erő hatására. Ilyen előbeépítésű lőfegyverrel felszerelt repülőeszköznel a lőfegyver irányítása a repülőeszköz megfelelő manőverezésével érhető el.

Mozgatható előbeépítés esetén a repülőeszköz manővere részben vagy teljesen helyettesíthető a lőfegyver tüzeinek manőverével. Az ilyen lőfegyver irányítását



általában olyan kezelőszemélyzet (légi lövész) végzi, aki a repülőeszköz irányításában nem vesz részt.

A mozgatható előbeépítések szerkezeti megoldásai igen eltérőek lehetnek. A kialakítás egy sor tényezőtől függ, így például a lőfegyver típusától, a repülőeszköz rendeltetésétől és típusától, a lőfegyverzet elhelyezési követelményeitől, valamint a mozgatható szabadságfokainak számától. Ez utóbbi szempont alapján a mozgatható előbeépítéseket az alábbi csoportokba sorolhatjuk:

- korlátozottan mozgathatók (egy szabadságfokkal rendelkeznek);
- két szabadságfokú, körbe nem forgatók;
- körbeforgó lövéstornyok.

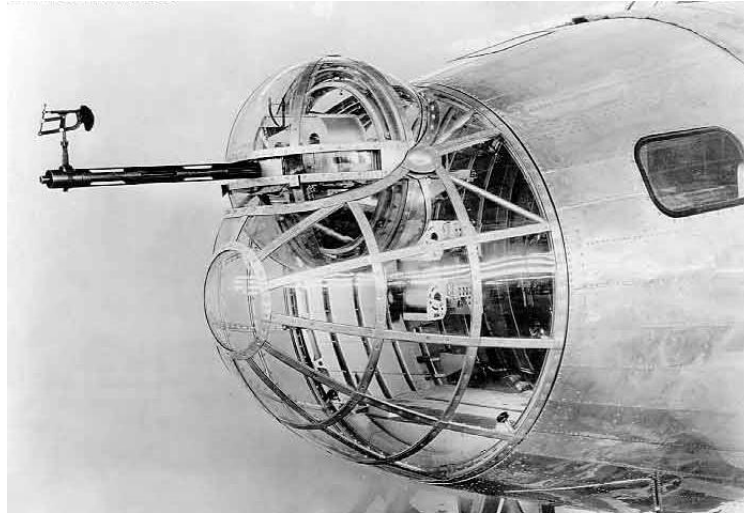
A korlátozottan mozgatható csoportba tartoznak például azok a gondolába szerelt lőfegyverek, amelyek csőtengelye a z tengely körül elforgatható, így a hordozó vízszintes repülése során adott program szerint mozgatva (repülési magasság és a repülési sebesség függvényében) a lőfegyvert, annak tüzeit huzamosabb ideig lehet egy célra összpontosítani.



**10. ábra.** UH-1 (Huey) szállító helikopter oldalán felszerelt egy szabadságfokú géppuskája [8]

Két szabadságfokú csoportba sorolhatók a harci helikopterek adott szektorban mozgatható előbeépítései, a bombázó- és szállítógépek farok lövéstornyai, valamint

azok a géppuskagondolák, amelyek a löfegyvernek z és x tengely (gépágyú) körüli elfordulást is megengednek.



**11. ábra. B-17-es Amerikai bombázón kialakított két szabadságfokú farok lőtornya [16]**

Körbeforgó lövésztornyok csoportba a hatvanas évek és az azt megelőző korszak bombázóinak törzsre (törzs alá) épített lő tornyai sorolhatók.



**12. ábra. B-17-es Amerikai bombázó alsó torony állása [17]**

Valamennyi típus tartalmazza a következő szerkezeti elemeket:

- a löfegyver rögzítő elemei;

- lőszerellátó rendszer;
- ismétlőrendszer;
- tűzvezérlő rendszer;
- határoló és blokkoló szerkezetek;
- az irányzás és mozgatás elemeit.

A mozgatott tömeg igen nagy lehet ha figyelembe vesszük a repülés közbeni manőverek során fellépő túlterheléseket, jelentős teljesítmény szükséges az élőbeépítés mozgatásához. [2][3][4][5][11][12]

### 3. A REPÜLŐFEDÉLZETI LŐTORNYPYOK MOZGATÁSA

A meghajtó berendezésekkel szemben támasztott általános követelmények a következők:

1. Biztosítsa a fegyver mozgási sebességének fokozatmentes változtatását  $0,25^\circ \dots 60^\circ / \text{mp}$  sebességhatárok között.
2. A meghajtás felpörgési ideje ne legyen több, mint  $0,1 \dots 0,2$  mp. Felpörgési időnek nevezzük azt az időt, amely alatt a meghajtás nyugalmi állapotból maximális sebességének 90%-át eléri.
3. A meghajtás teljesítménye - a repülőeszköz sebességétől, a fegyvercsöveknek a légáramba kilógó hosszától és átmérőjétől, valamint a mozgatott tömegtől függően -  $0,5 \dots 5$  kW legyen.
4. A meghajtás paraméterei maradjanak stabilak  $-60^\circ\text{C} \dots +60^\circ\text{C}$  intervallumban, valamint a változó páratartalom, légnyomás, légszennyezés (por, stb.) ne befolyásolja azokat.
5. Minimális tömeg és befoglaló méretek.

Mindezen követelményeket (az optimumra és a reális kompromisszumra törekedve) többféle módon lehet teljesíteni.

A meghajtások végrehajtó berendezésében alkalmazott energiaforrások alapján a meghajtásokat az alábbi típusokra oszthatjuk:

- pneumatikus;
- hidraulikus;
- elektromos (villamos).

#### 3.1. Pneumatikus rendszer

A pneumatikus rendszer több szempontból is előnytelen. Nem biztosít kellő sebességet és teljesítményt, nagy tömegű alkatrészeket tartalmaz, nehézkes a munkaközeg szűrése, vízmentesítése, tárolása és utánpótlása. Repülőfedélzeti rendszerekben nem terjedt el.

### 3.2. Hidraulikus rendszer

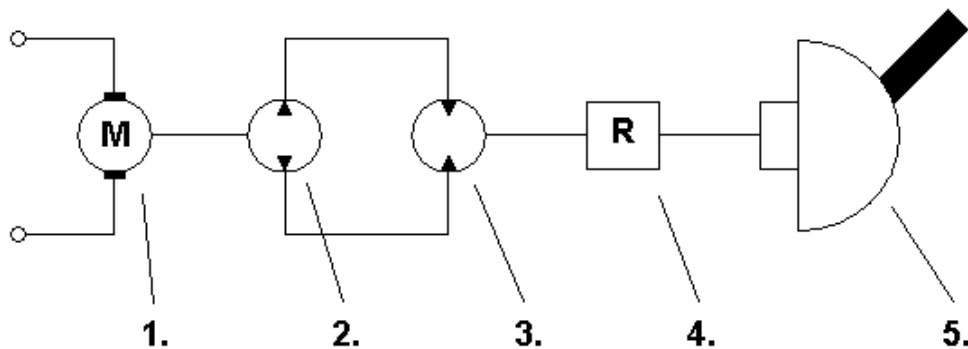
A hidraulikus rendszer előnyei és hátrányai az alábbiakban foglalhatók össze:

Előnyök:

- gyors működés;
- nagy teljesítmény.

Hátrányok:

- bonyolult és költséges előállítás;
- kompakt beépítést igényel a csővezetékek és a munkafolyadék tömege miatt;
- alacsony külső hőmérséklet esetén melegítést igényel;
- az esetleges folyadékszivárgás okozta tűzveszély és egyéb problémák.



13. ábra. A hidraulikus követő meghajtás vázlat rajza [10] [Kovács János–MSPaint]

A rendszer részei a következő elemekből áll:

1. villanymotor;
2. hidraulikaszivattyú;
3. hidraulikus motor;
4. reduktor;
5. a ló torony forgórésze.

A hidraulikaszivattyú kialakítása lehetővé teszi a szállított folyadék mennyiségének fokozatmentes változtatását, valamint a hidraulikus motor forgásirányának megváltoztatását.

A szivattyú felépítése sokféle lehet. A mozgatható elő beépítések meghajtó szerkezeteiben leginkább a bűvárdugattyús szivattyú terjedt el.

A hengerblokkot megforgatva a gép szivattyúként működik. A dugattyúk félfordulat alatt a tárcsa felé mozdulnak, és folyadékot szívnak a hengerbe, a másik félfordulat közben pedig ellentétesen mozognak és kiszorítják a folyadékot. A hengerek átkapcsolását a hengerblokk hátsó részében található elosztótárcsa végzi, amelynek vese alakú kivágásai közül a szívó-, a másik pedig a nyomóághoz kapcsolódik.

### **3.3. Az elektromos követő meghajtás**

A leggyakrabban alkalmazott repülőfedélzeti lő tornyok meghajtására a villamos hajtást alkalmazzák.

Villamos hajtásnak nevezzük az olyan berendezéseket, amely valamilyen munkagép működtetésére szolgál és három alapvető elemből áll:

- villamos motorból;
- a villamos motor és a munkagép között lévő közlőműből;
- és a villamos motort vezérlő készülékekből.

Az automatikában a villamos hajtást leginkább a követő rendszerekben, a önműködő mérőkészülékekben, az önműködő repülőgépekben, valamint egyes végrehajtó szervek működtetésére alkalmazzák.

Az automatika meghatározott követelményeket támaszt a villamos hajtás egyes elemeivel szemben.

- így például széles sávban és egyszerű módon legyen szabályozható a villamos motor fordulatszáma;
- a viszonylag nagy mechanikai teljesítmény ellenére a villamos motor mérete és tömege legyen kicsi;
- legyen minél kisebb a tömegtehetetlensége;
- illetve kicsi legyen a súrlódási nyomaték.

A repülőfedélzeti lőtornyoknak az elektromos követő hajtásainak a felépítését működését és az automatikai vizsgálatát egy nagyon jó példával mutatom be amelyet a következő fejezetben szemléltetem. [2][9][10][12]

## 4. A REPÜLŐFEDÉLZETI LŐTORNYOK KÖVETŐ HAJTÁSAINAK A KIALAKULÁSA ÉS AUTOMATIKAI VIZSGÁLATA

Ahogy a lőtornyok kialakulása című fejezetben említettem, napjainkban a forgó lőtornyok használata inkább már harci helikoptereken látható, amelyek közül (a mai napig a Magyar Honvédség is használ) az egyik legismertebb haditechnikai eszköz szerte a világon a Mi-24D,V típusú harci helikopter, amely egy SzPSzV-24 típusú forgatható lövészerendezéssel rendelkezik.

A repülőfedélzeti lőtornyok követő hajtásainak a vizsgálatát, a felépítését illetve a működését egy nagyon jó példával az SzPSzV-24 típusú lövészerendezéssel a következőképpen lehet szemléltetni.

Ahhoz hogy a lőtornyok követő hajtásainak a vizsgálatát, a felépítését illetve a működését megvizsgáljuk, ehhez elsőként ismernünk kell az SzPSzV-24 műszaki adatait, rendszer részeit, amelyek a következők:

- USzPU-24 forgatható lőtornyból, amely egy JakB-12,7-es géppuska került beépítésre;
- KPSz-53AV célzókészülék;
- távvezérlő rendszer;
- az „Aiszt” típusú lövészet és bombavetés számítómegoldó blokk;
- az operátor bal és jobb mellső kezelőpultjai;
- a 100 db löszert befogadó hevedervezető;
- az 1370 db löszert befogadó heveder szekrény.

Az SzPSzV-24 rendszer legfontosabb műszaki adatai:

1. A fegyver:

- a géppuska típusa: ..... JakB-12,7
- űrmérete:..... 12,7 mm
- tűzgyorsasága:..... 4000-5000 lövés/perc
- táplálása: ..... folyamatos, hevederből
- tömege: ..... 45 kg
- ismétlés: .....elektropirotechnikai

2. Löszerkészlet (maximum): ..... 1470db

3. Az USzPU–24 lőtorony elfordulási szögei:
  - függőleges síkban:..... 20° felfelé, 60° lefelé
  - vízszintes síkban: .....± 60°
4. A géppuska alaphelyzete: vízszintes, a helikopter hossz tengelyével párhuzamos
5. Az USzPU–24 meghajtása:.....elektromos
6. Hüvely és hevedertag elvezetése:..... a lő tornyon kívülre
7. Az USzPU–24 tömege (géppuska nélkül): ..... 70 kg
8. A géppuska sebessége vízszintes és függőleges síkban:
  - minimális: ..... legfeljebb 0,25° / mp
  - maximális: ..... legalább 18° / mp
  - átdobás sebessége:..... legalább 45° / mp
9. Egyenáramú áramforrás feszültsége:..... 27 V ± 10%
10. Váltakozóáramú áramforrás feszültsége:
  - 200 V ± 4%
  - 115 V ± 4%
  - 36 V ± 10%
11. A felvett teljesítmény:
  - az egyenáramú áramforrásról (bekapcsolt működés esetén): ..... 2250 W
  - a váltóáramú áramforrásról:..... 4250 W
12. Az SzPSzV–24 rendszer tömege (géppuska, számító-megoldó blokk, hevederszekrény, hevedervezető és lőszer nélkül): ..... 169 kg

Az elektromechanikus egységesített mozgatható USzPU–24 lő torony a helikopter fegyverzetének szerves része és az orr részébe van beépítve, amelynek a rendeltetése a következő:

- a géppuska rögzítése és mozgatása;
- a géppuska függőleges és vízszintes síkban történő elmozdulásának lehatárolása;
- a lövészet végrehajtásával kapcsolatos műveletek végrehajtása (a géppuskának töltényekkel való táplálása, az üres hüvelyek, a hevedertagok és az elcsattant lőszer elvezetése);



- valamint az ellenség könnyen páncélozott céljainak és élőerőinek géppuskatűzzel való megsemmisítése.

A lő torony hibamentes működését a következő üzemi feltételek teszik lehetővé:

- a környezeti levegő viszonylagos páratartalma 98%-ig;
- a környezeti levegő hőmérséklete + 60°-tól - 60°-ig;
- a tengerszint felett mért 5000 m magasságig;
- zúzmara és harmat hatása alatt;
- por hatása alatt;
- légköri csapadék alatt (hó, eső);
- a helikopteren a különböző repülési, felszállási és leszállási üzemmódokban fellépő vibrációk és ütődésszerű túlterhelések mellett.

Az USzPU–24-es lő torony következő főbb egységekből áll:

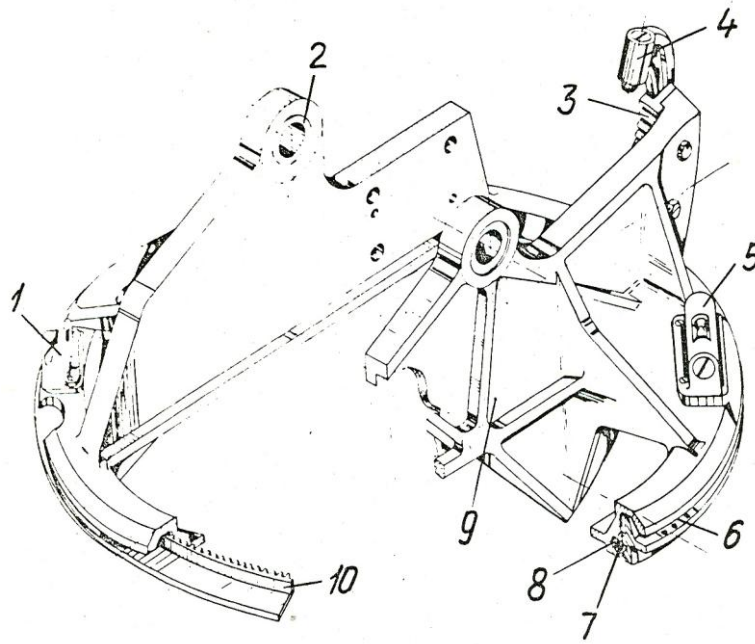
1. alapból;
2. elő beépítésből;
3. a PN–24 típusú vízszintes meghajtásból;
4. a PN–24-01 típusú függőleges meghajtásból;
5. merev táprendszerekből;
6. elektromos vezeték kötegekből;
7. bal és jobb oldali védőpajzsokból;
8. illetve alsó és felső redőnyökből áll. [6][12][14][19]

#### **4.1. Az USzPU–24 lőtorony főbb részeinek a felépítése és a működése**

##### *4.1.1. Az alap*

Az alap a lőtorony alapvető teherhordó elemeként szolgál, az alap veszi fel és adja tovább a helikopter szerkezetének azokat az erőket, amelyek a lövés során és az aerodinamikai erők keletkezésekkor fellépnek.

Az alap szerkezeti megoldása biztosítja a lőtorony vízszintes síkban elmozdulását amely egy gyűrű alakú alumínium ötvözetű öntvényből készültek. Az alapra van felszerelve a lő torony valamennyi egyéb kiegészítő eleme.



**14. ábra. Alap [6] [Kovács János–MSPaint]**

1. tartó; 2. hüvely; 3. fogasív; 4. felső támasz; 5. támasz; 6. lemez; 7. golyó;  
8. acélgűrű; 9. alap; 10. állógűrű.

Az alap a mozgóalapról, a fogas koszorúval ellátott állógűrűből és a mozgógyűrűből áll.

A mozgóalap magnézium ötvözetből van kiöntve és Z-alakú keresztmetszetű gyűrű formája van. Az alap két pófája furattal van ellátva, amely furatok a hüvellyel az elő beépítés féltengelyeinek befogadására szolgálnak. A mozgó alapon vannak rögzítve az acélgűrű, a fogas ív, az alsó és felső támaszok, és a támasztartó. Az álló acélgűrű a mozgó alappal a golyó segítségével csatlakozik, amelyeket az acélgűrű közé a belső gyűrűben lévő furaton keresztül helyeznek be. A belső acélgűrű egyben az alap csapágyazás belső gyűrűjeként is szolgál. Az alap egyik pófáján egy kilépő él található, amelyhez a PN–24 vízszintes meghajtás van rögzítve. A belső kapcsolódású fogas ív szolgál a PN–24-01 függőleges meghajtás kimenő fogaskerekével történő összekapcsolásra. Az alap alsó részén perem található, amely a tápdob belső gyűrűjének rögzítésére szolgál. A felső és alsó két támasz a gumi ütközőbetétekkel lehatárolja az elő beépítés függőleges síkban mozgását, amikor a támaszok a PN–24-01 függőleges meghajtás reduktor tetején lévő speciális kör alakú kilépő éllel ütköznek.

A támasz a kétoldali működésű gumi lengéscsillapítók segítségével lehatárolja a lőtorny vízszintes síkban történő mozgását, amikor a támasz emelője az állógyűrű felső mennyezetére rögzített lemezének egyikével ütközik.

Az állvány a bal oldali és jobb oldali védőpajzsok alapon történő rögzítésére szolgál.

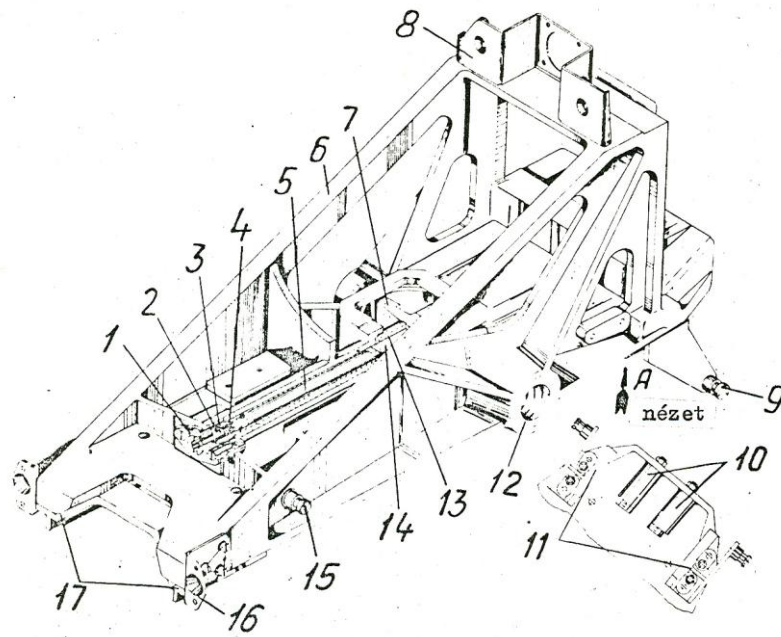
#### **4.1.2. Az előbeépítés**

Az előbeépítés a lőtorny teherviselő eleme és a rendeltetése a géppuska rögzítése, a géppuska függőleges síkban irányzása, valamint a lövészetkor és az aerodinamikai tehetetlenségi erőktől keletkező terhelések felvétele és az alapra való továbbítása. Az előbeépítés u-keresztmetszetű és magnézium ötvözet öntvény, amely merevítő bordákkal van ellátva és egy sík lap van rajta kiképezve PN-24-01 függőleges meghajtás elhelyezésére.

Az elő beépítés középső részén lévő oldalpofákon két vastagított rész található, amelyekbe a féltengelyek befogadására szolgáló bronzperselyek vannak bepréselve. A féltengelyeken fordul el az elő beépítés az alaphoz viszonyítva függőleges síkban. Az elő beépítés elülső és hátsó részén vannak rögzítve az acél vezetősínek, amelyek a géppuska beépítésére szolgálnak. Az elő beépítés középső részén egy furat található, amelybe a hüvely van bepréselve. A hüvelyen halad át a tengely, amelyen található a fordító ék, melynek segítségével történik a géppuska rögzítése, miután a géppuskát az acélsínekre felhelyeztük és az ék veszi fel a hátrasiklási erőket a lövészet folyamán.

Az előbeépítés elülső részén található a 2 darab tartó, amelyeken a rugós zár szerkezet van felhelyezve, a hátsó részén pedig a hátsó vezetősínekre rögzített csapok találhatóak, amelyekhez az alsó redőny van rögzítve.

Ugyancsak az előbeépítésen található a csap és az állvány a rugókkal, a felső redőnyök rögzítése céljából.



**15. ábra. Elő beépítés [6] [Kovács János–MSPaint]**

1. hüvely; 2. csapszeg; 3. rúd; 4. rúgó; 5. tengely; 6. előbeépítés; 7. ék;  
 8. és; 9. és; 10. támaszok; 11. és; 12. és; 13. hüvelyek;  
 14. tengely; 15. csapok; 16. tartók; 17. vezetősínek.

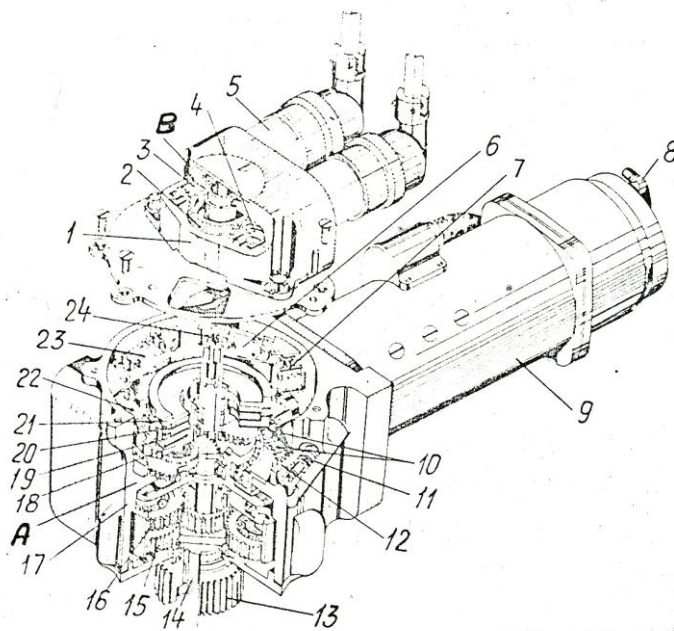
#### 4.1.3. A PN–24 vízszintes meghajtás

A PN–24 vízszintes meghajtás egy elektromos szerkezet, amelynek rendeltetése:

- a lőtorony elfordítása
- és a géppuska irányzószervezettel való automatikus egyeztetése vízszintes síkban.

A vízszintes meghajtás az alap vastagított részére van felszerelve és a kimenő fogaskereke kapcsolatban áll az alap állógyűrűjének fogas koszorújával.

Amikor a vízszintes meghajtás működik, a kimenő fogaskerék körbe megy a fogas koszorún, eközben elforgatja az alapot vízszintes síkban. Azért, hogy a lőtoronyt a géppuskával a célzókészülék helyzetével szinkronba hozzuk, a vízszintes meghajtás kimenő fogaskereke kinematikusan össze van kapcsolva a vízszintes meghajtás durva és finom szelszin-vevőivel, amelyek elektromosan vannak összekapcsolva a célzókészülék szelszin-adóival.



**16. ábra. PN–24 vízszintes meghajtás [6] [Kovács János–MSPaint]**

1. reduktor ház; 2. központi fogaskerék; 3. csiga fogaskerék; 4. ferde fogaskerék;  
 5. szelszin-vevő; 6. és; 7. és; 8. rögzítő; 9. elektromotor; 10. kúp fogaskerék pár;  
 11. csavarorsó; 12. csiga fogaskerék; 13. fogaskerék; 14. kimenő tengely; 15. és;  
 16. bolygó kerék fokozatok; 17. meghajtásház; 18. bolygó kerék tartó 19. és;  
 20. és; 21. vezető bütyök; 22. menethelyzet mikrokapcsolók;  
 23. véghelyzet mikrokapcsolók; 24. kúpos csavar;  
 A. – meghajtó szerkezet; B. – szelszin reduktor

A vízszintes meghajtás az „A” meghajtó szerkezetből és a „B” szelszin reduktorból áll, amely a meghajtó szerkezeten van elhelyezve.

Az „A” meghajtó szerkezet és a „B” szelszin reduktor közötti kinematikai kapcsolat bordás tengely segítségével van biztosítva. A meghajtó szerkezet kimenő tengelyének bordás vége, amelynek a belseje kúposan van kialakítva, a kotyogásmentes csatlakozás biztosítására szét van vágva és a kúpos csavar segítségével a szelszin reduktor fogaskerekének hornyába szét van fészítve.

Az „A” meghajtó szerkezet:

Az „A” meghajtó szerkezet a következő főbb egységekből áll:

- a reduktorból
- a mikrokapcsoló egységekből
- és az MU–550-TU elektromotorból

A reduktor szerepe az elektromotorra nehezedő terhelés csökkentése és az elektromotor forgórésze és a kimenő fogaskerék közötti fordulatszám csökkentése. A reduktorban a kúp fogas kerékpár és két fokozatú bolygókerékes áttétel van alkalmazva, amelynek az elektromotor tengelyről a kimenő tengelyre történő együttes áttétel száma 96,977 aránylik az 1-hez. Az elektromotor tengelyéről a forgatónyomaték a reduktor tengelyére, a kúp fogas kerékpár segítségével adódik át, amelyek közül a kisebbik az elektromotor tengelyére csapszeg segítségével van rögzítve.

A kimenő fogaskerék bordás csatlakozással és ellenanya segítségével van rögzítve a kimenő tengelyre. A kimenő tengely másik vége a „B” szelcsin reduktorral csatlakozik. A reduktor magnézium ötvözetből készült ház illesztő felülettel rendelkezik, ennek segítségével van rögzítve a lö torony mozgó alapjára, és ugyancsak illesztő hellyel rendelkezik, melynek segítségével van rögzítve az alapra az elektromotor és a „B” szelcsin reduktor.

A mikrokapcsoló egység a reduktor házban van elhelyezve és rendeltetése az elektromos vezérlőjelek kiadása a távvezérlő rendszerre az alábbiak biztosítása céljából:

- a lö torony mozgásának lehatárolása egy meghatározott munkaszög szektor tartományon belül,
- illetve a lö torony alaphelyzetbe való visszatérítése.

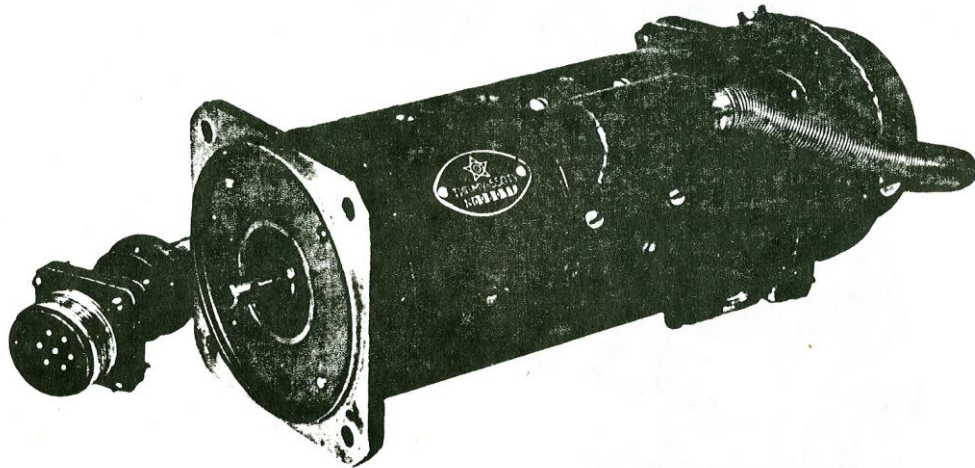
A mikrokapcsoló egység az alábbiakat foglalja magába:

- a véghelyzet mikrokapcsolókat;
- a menethelyzet mikrokapcsolókat;
- a bolygókerék tartót, amely szabadon ül a tengelyen;
- illetve 3 darab különleges profilú bütyköket, amelyek mereven vannak csatlakoztatva a bolygókerék tartóhoz.

Az MU–550-TU elektromotor rendeltetése a meghajtás forgatónyomatékának a létrehozása. Az elektromotorba egy elektromágneses fékező tengelykapcsoló van beépítve, amely elektromosan független az elektromotortól és amelyet elektromosan vagy mechanikus úton lehet szétkapcsolni. Az elektromágneses tengelykap-

csoló jelenléte megakadályozza, hogy az elektromotor forgó része önkényesen elforduljon és ennek az a következménye, hogy az elektromotor áramtalanított helyzetében a lő torony szabad elfordulását akadályozza.

Az elektromos tengelykapcsoló mechanikus szétcsatlakoztatására egy kirögzítő szerkezet szolgál, amely nem más mint az elektromotor bilincisére rögzített rögzítő.



17. ábra. MU-550TU elektromotor [6] [Kovács János-MSPaint]

A „B” szelszin reduktor:

A szelszin reduktor az alábbi szerkezeti egységeket foglalja magába:

- a reduktort
- és 2 darab KSZ-4 szelszin-vevőt. /durva és finom vevő/

A szelszin reduktor az „A” meghajtó szerkezetre rögzítő csavarokkal és csapok segítségével van rögzítve.

A reduktor a következő részekből áll:

- házból
- központi fogaskerékből
- ferde fogaskerékből
- és csiga fogaskerékből.

A durva és finom szelszin-vevők a célzókészülék és az USzPU-24 lő torny közötti elektromos szelszin kapcsolat elemeiként szolgál.

Mindegyik szelszin indukciós, váltakozó áramú, a forgórészen elhelyezett egyfázisú tekercsel ellátott villamos gép. A szelszin-vevők a házon szorító hüvelyekkel és csavarok segítségével vannak rögzítve. Az irányzás meghajtó szerkezetben alkalmazott durva és finom szelszin-vevők nagy pontosságú szinkronizálást biztosítanak és egyértelműen meghatározzák a célzókészülék és a lőtorony egymáshoz viszonyított elhelyezkedését.

Külsőleg is megtudjuk különböztetni a durva és finom szelszint, azok záró feldelén a következő feliratok találhatóak:

- a durva szelszin: Sz1
- a finom szelszin: Sz31.

#### **4.1.4. A PN–24-01 függőleges meghajtás**

A függőleges meghajtás szerkezeti kialakítása hasonló a Pn-24 vízszintes meghajtáshoz, és attól csak a ház, a fedél, a kimenő fogaskerék fogainak száma, a mikrokapcsolók besabályozása és a szelszin reduktor elhelyezése tekintetében különbözik.

A függőleges meghajtás a lőtorony előbeépítésére van szerelve. A meghajtás kimenő fogaskereke kapcsolatban áll az alap fogasa ívével és amikor a fogas íven a fogaskerék elmozdul, elfordítja az előbeépítést a rajta lévő géppuskával függőleges síkban a megadott szögértékre.

#### **4.1.5. A lőtorony merev táprendszer**

A merev táprendszer rendeltetése a helikopterhez mereven rögzített külső tápszakaszról a lőszerheveder géppuskához való folyamatos adagolása, amely az alábbi fő szerkezeti egységekből áll:

- Táptorokból amelynek a rendeltetése a lőszerheveder külső tápszakaszról a B-24 tápdobba való továbbítása. A táptorok egy hegesztett kivitelben készült doboz alakú szerkezet, amely rozsdamentes acélból készült. Az oldalfalai pedig zezzugosan vannak kiképezve és ezeken a zezzugokon halad előre a töltényheveder. A táptorok a tápdobhoz a rúgós zár segítségével vannak rögzítve.
- A tápdob a lőszerheveder táptorokból az adogató nyílásba, majd tovább a géppuskába való továbbítására szolgál és adogatás közben azt is biztosítja,

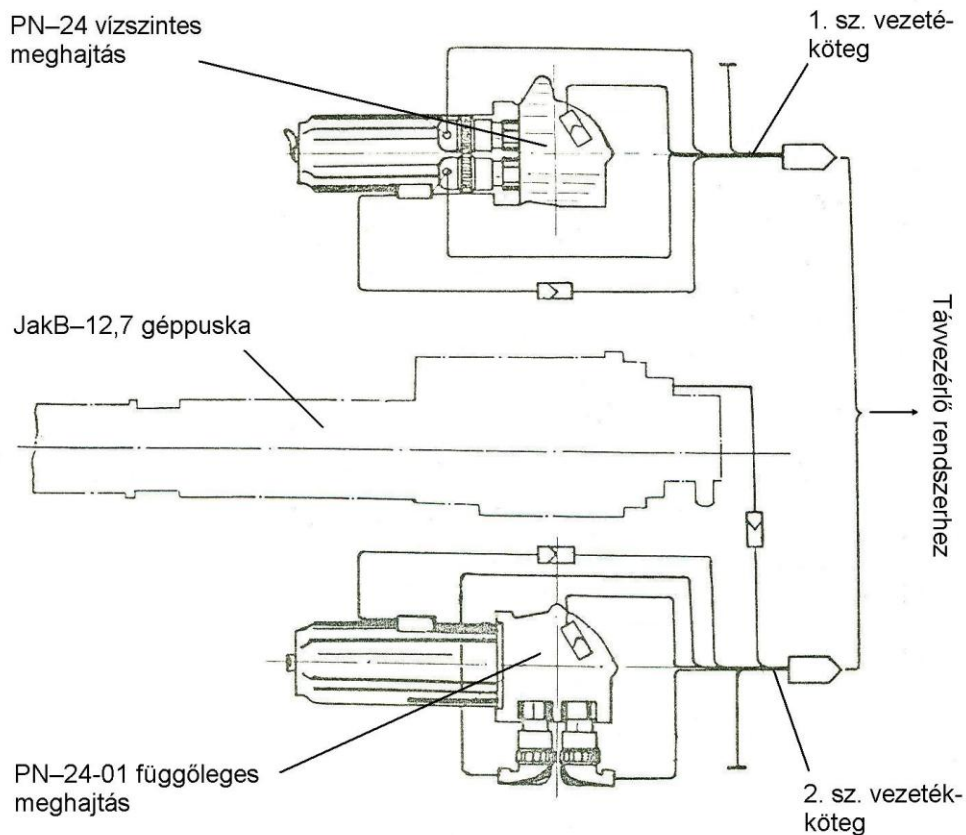


hogy a lőszerheveder állandó hosszúsága megmaradjon, amikor a lő torony a vízszintes síkban a megengedett szögértékeken belül elmozdul. A tápdob egy belső gyűrűből, egy külső gyűrűből, és egy szánból áll. Maga a gyűrűk és a szán alumínium ötvözetből vannak kiképezve.

- Az adogató nyílás a töltényheveder B-24 tápdobból a géppuska adogató berendezésébe való továbbítására szolgál. Az adogató nyílás egy mozgó adogató nyílásokból, egy álló adogató nyílásokból, és egy adogató fedélből áll. A mozgó adogató nyílás és az álló adogató nyílás egy doboz alakú szerkezetek, amelyek rozsdamentes acélból készültek.

#### 4.1.6. Az elektromos vezetékrendszer

A lőtorony belső elektromos vezetékrendszere az elektromos táplálásnak a lőtorony elektromos berendezéseire való továbbítására szolgál és két árnyékolt vezeték köteggel van megoldva: Az 1-es számú és 2-es számú vezeték kötegekkel.



18. ábra. A belső vezetékhalozat vázlata [6] [Kovács János–MSPaint]

A vezeték kötegek egyes részei bowden azaz rúgós burkolatban vannak bújtatva, amely azt a célt szolgálja, hogy ezeken a szakaszokon rugalmas és puha hurkokat tudjunk képezni és védve legyen az elektromos vezeték a mechanikus sérülésektől, amikor a lő torony függőleges és vízszintes síkban mozog. A vezetékkötegek a lő torony szerkezeti elemeihez horgok és bilincsek segítségével vannak rögzítve. Az 1-es számú elektromos vezetékköteg a lő torony géppuska függőleges irányzócsatornához tartozik, míg a 2-es számú elektromos vezetékköteg pedig a vízszintes irányítócsatornához tartozik.

Mindegyik elektromos vezetékköteg elágazásának végződése dugaszos csatlakozással van ellátva.

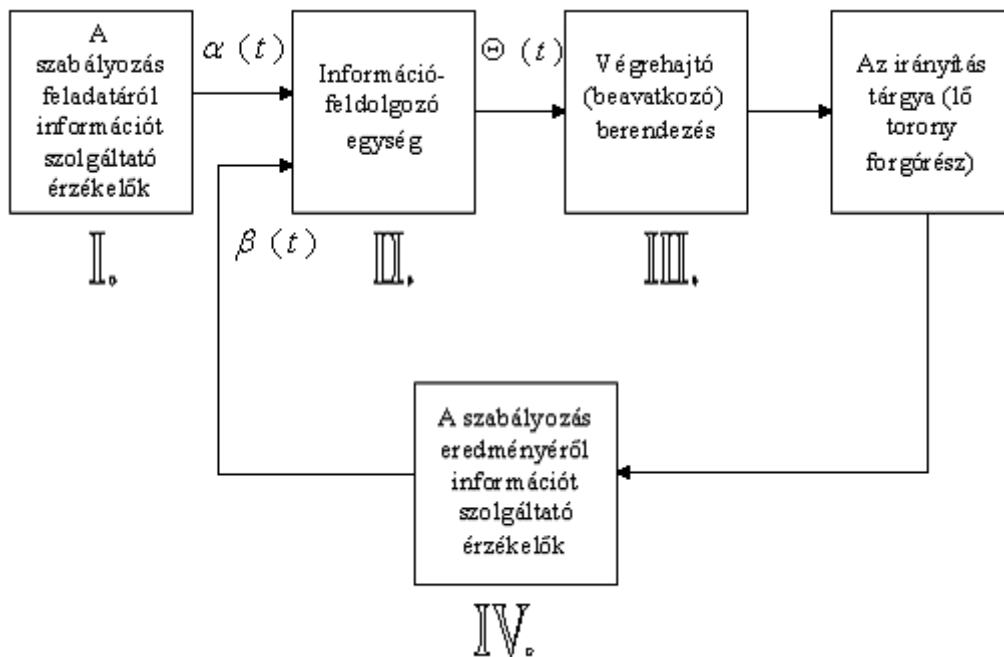
#### **4.1.7. Védőpajzsok és redőnyök**

A védőpajzsok és a redőnyök legfontosabb feladata hogy lezárják a lőtorony alsó részét és a légáramlatait, a légköri csapadékoktól a portól és a szennyeződésektől. A bal oldali és a jobb oldali leszerelhető védőpajzsok alumínium ötvözetből készült lemezből vannak kialakítva, és olyan a profiljuk, hogy a szerkezetnek bizonyos szilárdságot biztosít. Az összeszerelt állapotban védőpajzsok egy fél gömbfelületet alkotnak. Mind a két védőpajzs 3 darab elfordítható zárszerkezet segítségével van az alap mozgó gyűrűjéhez rögzítve. Ezeknek a zárszerkezeteknek a kinyitása és a bezárása speciális kulcs segítségével történik. A felső és az alsó redőnyök a lőtoronyra az elő beépítésen elhelyezett rugós zárok és csapok segítségével vannak rögzítve és függőleges síkban a géppuskával és az előbeépítéssel együtt mozognak a védőpajzsok között. [6][11][12][18][19]

## **4.2. A repülőfedélzeti lőtoronyok követő hajtásainak az automatikai vizsgálata**

### **4.2.1. A követő meghajtás elemei és felépítése**

Mint már korábban már leírtam, a mozgatható előbeépítések vezérlő rendszerei nagymértékben megkönnyítik a légi lövész feladatát, akinek csak az irányzásra kell koncentrálnia. Széleskörűen elterjedtek az úgynevezett követő meghajtások, amelyek lényegüket tekintve automatikus szabályzó rendszerek.



19. ábra. A követő meghajtás elvi felépítése [9] [Kovács János–MSPaint]

A rendszert alkotó elemeinek a feladata:

- I. A szabályozás feladata: olyan helyzetbe állítani a löfegyver csövét, amely biztosítja a lövedékek célba jutását. Ezt a helyzetet a célzó berendezés határozza meg; a repülési sebesség, a szélesebbesség, bólintási és bedöntési szög, valamint a lövedék ballisztikai paramétereinek felhasználásával kiszámítja a cső szükséges beállítási szögeit függőleges és vízszintes síkban.
- II. Az információ feldolgozó egységben összehasonlításra kerül a kiszámított helyzet és a cső által elfoglalt aktuális szöghelyzet.

$$\Theta(t) = \alpha(t) - \beta(t) \quad (1)$$

A  $\Theta(t)$  értéket egyeztetlenségi jelnek, illetve hibajelnek nevezzük.

A szabályozás minőségének javítása érdekében nemcsak a  $\Theta(t)$  hanem ennek időszerinti differenciálja is meghatározásra kerül. A  $\Theta(t)$  jel differenciálját előállító berendezést funkcionális átalakítóknak, több ilyen berendezés összességét pedig korrekciós áramkörnek nevezzük.

Az esetek többségében a hibajel erőssége nem elegendő a beavatkozó szerv működtetéséhez. Ezért szükség van erősítő közbeiktatására.

- III. A beavatkozó berendezés - a felhasznált energiaforrástól függően – lehet hidraulikus, elektromos vagy pneumatikus meghajtás.
- IV. A lőtorny és a célzó berendezés kölcsönös szöghelyzetének meghatározása egy szelszin kapcsolat segítségével történik.

A szelszin kapcsolat biztosítja az irányzóvonal és a lőfegyver szöghelyzetének egyeztetését. A célzó rendszer rendeltetéséből eredően figyelembe vesz egy sor paramétert, amelyek hatása befolyással van a célzás végrehajtására. Ezek a következők:

- repülési sebesség és magasság;
- szélesebbesség;
- fedélzeti effektus;
- parallax.

A fedélzeti effektus a lövedék röppálya elhajlásának azon összetevője, amely a repülési iránytól eltérő irányba tüzelés miatt következik be, a parallax pedig a célzókészülék és a lőfegyver távolsága a repülőeszközön.

A fenti paraméterek figyelembevételével a célzó rendszer számító berendezése kiszámítja a szükséges célzási szöghelyesbítéseket. Tehát az irányzóvonal és a lőfegyver csöve között kívánatos egy ismert értékű szögeltérés megléte. Ennek a szögeltérésnek a biztosítására a szelszin-adó és vevő közé úgynevezett differenciál szelszint iktatnak be (mindkét csatornában, a durva és finom körben egyaránt).

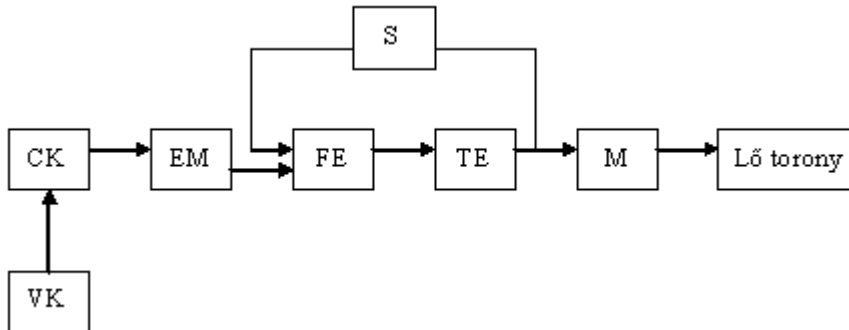
A differenciál szelszin a szögelfordulások összegének vagy különbségének mérését tudják elvégezni és a szerkezeti felépítésük abban különbözik a hagyományos szelszintétől, hogy csillagba kötött háromfázisú állórész-tekerccseléssel és ugyancsak háromfázisú forgórész-tekerccseléssel rendelkeznek. A forgórész-tekerccselés végződése a három csúszógyűrűhöz vannak kivezelve.

A mozgatható lőfegyver előbeépítése az esetek többségében két szabadságfokú:

- vízszintes
- függőleges síkban

téríthető ki a lőfegyver.

A szerkezeti felépítéshez és a rendszer paramétereinek értékeléséhez elegendő egy csatorna vizsgálata, mivel a csatornák egymástól függetlenül működnek.



20. ábra. Az elektromos követő meghajtás vázlata [9][12] [Kovács János–MSPaint]

A rendszer részei:

VK: Vezérlőkar, működtető elemek

CK: Célzőkészülék, gyakran van egybeépítve a vezérlőkarral

EM: Egyeztetlenség-mérő

FE: Csatoló (fázis érzékeny) erősítő

TE: Teljesítményerősítő

S: Stabilizáló áramkör

M: Végrehajtó berendezés (villanymotor)

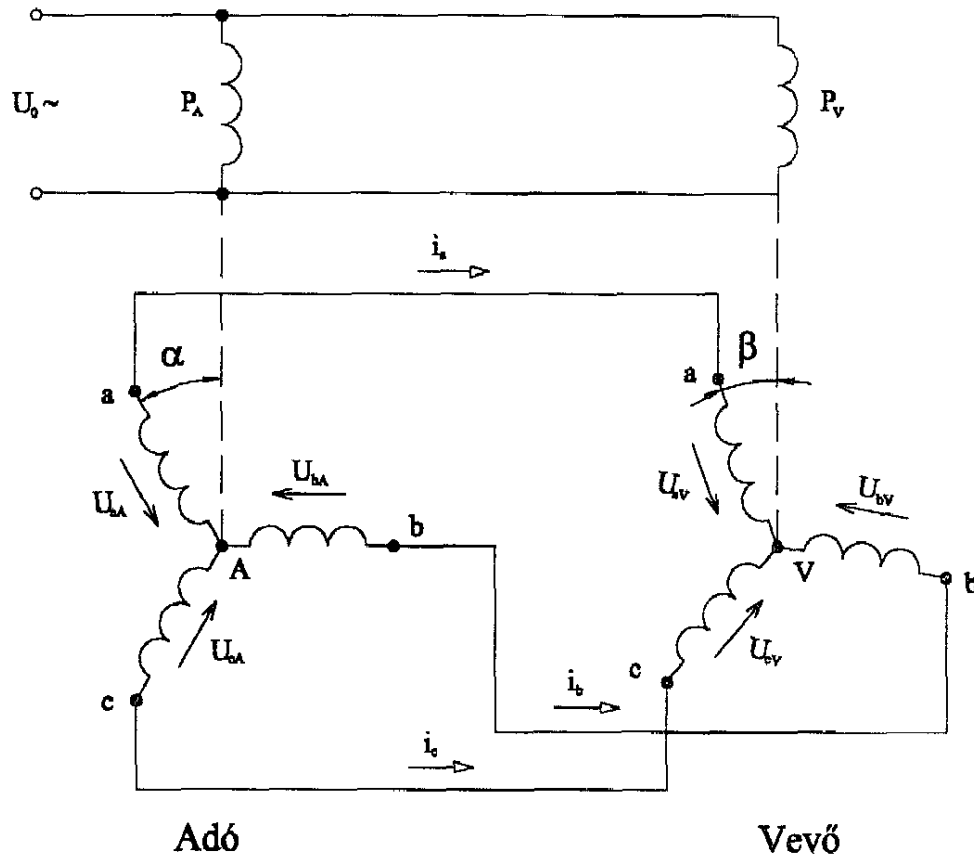
Lőtorony: A lőfegyver mozgó előbeépítése [9][10][12]

#### 4.2.2. Az egyeztetlenséget mérő rendszer

A pontos irányzáshoz elengedhetetlen, hogy az irányzóvonal és a lőfegyver csöve szinkronban mozogjon és ez a szinkronitás minden időpillanatban megmaradjon. Az azonos szöghelyzetek biztosításáról szelszin kapcsolat gondoskodik.

A szelszin egy váltakozó áramú elektromos gép. A forgórész kefékkel ellátott csúszógyűrűvel kapcsolódik a külső áramkörhöz. A szelszineket párban használják, ilyenkor szelszin-adóról és szelszin-vevőről beszélünk. Az adó és a vevő szerkezetiileg azonosak. Az egyik szelszinnek (az adó szelszinnek) forgórész-tekercsét villamosan összekötik a másik (a vevő) szelszin forgórész-tekercsével. Az szelszin-adó állórész-tekerce pedig villamosan van kapcsolva a szelszin-vevő állórész-tekercsével. Az ilyen fajta távátvitel fő előnye hogy nagy a szinkronozó

nyomaték és a viszonylag kis súrlódási nyomatéka van (csak a forgórész-tekercshez csatlakozó csúszógyűrűkön és a csapágókban lép fel súrlódás). Nagy hátránya viszont, hogy szerkezete bonyolult és a mozgórészek jelentősen nagyobb tömegűek, mint az egyenáramú távátvitelben.

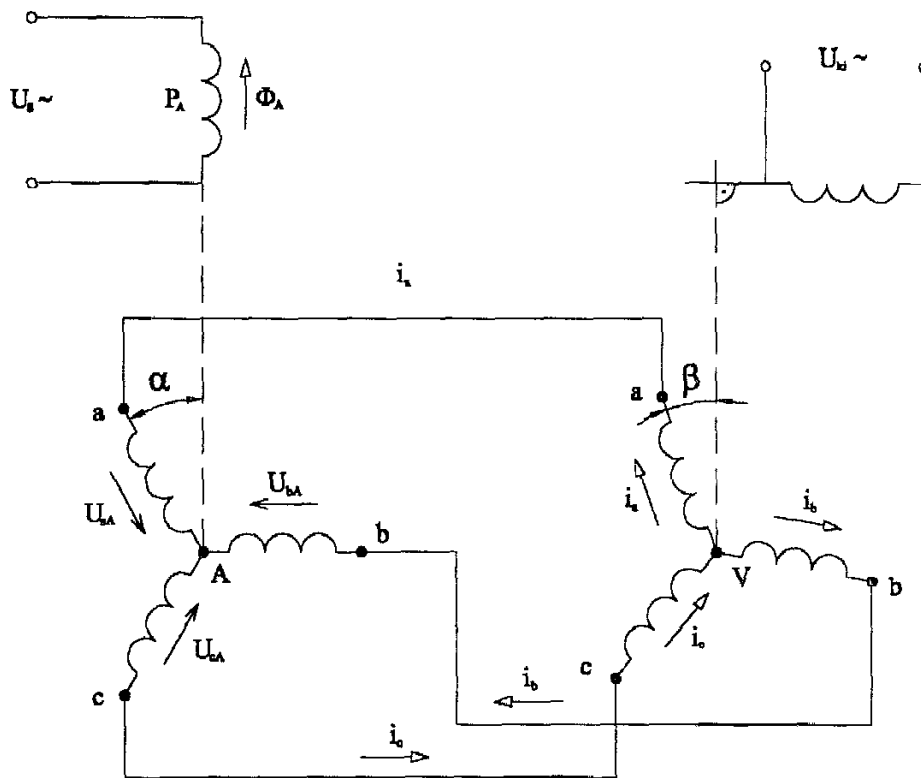


21. ábra. Az adó és a vevő szelszin összekapcsolási sémája [9] [Kovács János–MSPaint]

A fenti ábrán jelölt módon összekapcsolva a szelszinek állórész tekerceit, az adó forgórészének elfordulása a vevő forgórészének azonos mértékű szögelfordulását eredményezi. Ez annak a következménye, hogy  $\alpha \neq \beta$  esetén az azonos indexű állórész tekerceken indukált feszültségek eltérő értékűek, ezek pedig kiegyenlítő áramokat ( $i_a, i_b, i_c$ ) hoznak létre. A szekunder áramok által létesített eredő gerjesztés a forgórész tekercek fluxusával szinkronizáló nyomatékot hoz létre, amelyek olyan értelműek, hogy az  $\alpha \neq \beta$  egyenlőtlenség megszüntetése irányába hatnak. Szabadon forgó vevő-forgórész esetén ez azt eredményezi, hogy a vevő forgórésze „lemá-

solja” az adó forgórészének szöghelyzetét. Nyilvánvaló, hogy az egyszerű szelszin kapcsolat esetünkben nem alkalmazható, mert a vevő forgórészén ébredő nyomaték nem képes a lótorony elfordítására. (Ha képes volna, a követő meghajtás szerkezete rendkívül leegyszerűsödne.)

Emiatt a kapcsolást át kell alakítanunk az úgynevezett kontroll-transzformátor kapcsolásnak megfelelően. A kontroll transzformátorok esetében a váltakozó tápfeszültséget csak az adó szelszin gerjesztő tekercsére (állórész-tekercsére) kapcsoljuk rá.  $\alpha$  - ával és  $\beta$  -ával van jelölve az adó és a vevő forgórészének a szöghelyzete. Az adó szelszin gerjesztő tekercsének mágneses fluxusa a forgórész fázistekercseiben feszültséget indukál.



22. ábra. Kontroll transzformátor [9] [Kovács János–MSPaint]

$$\begin{aligned}
 U_{aA} &= U_m \cdot \cos \alpha, \\
 U_{bA} &= U_m \cdot \cos(\alpha - 120^\circ), \\
 U_{cA} &= U_m \cdot \cos(\alpha + 120^\circ).
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

A vevő forgórész-tekerce nincs a táphálózatra kötve, a vevő állórész-tekerceiben az adóban indukált feszültségek hatására folyik kiegyenlítő áram:

$$\begin{aligned}i_a &= \frac{U_{aA}}{2Z} \\i_b &= \frac{U_{bA}}{2Z} \\i_c &= \frac{U_{cA}}{2Z}\end{aligned}\tag{3}$$

Ahol  $Z$ : egy fázis impedenciája.

A fázisáramok a vevő fázistekercseiben gerjesztést hoznak létre, a három fluxus eredőjének a vevő forgórész-tekerce mágneses tengelyére vett összetevője a tekercsben feszültséget indukál. Amennyiben az adó és a vevő forgórészei a saját állórészükhöz képest azonos helyzetben vannak, a vevő forgórész-tekercsén az  $U_0$  feszültség jelenik meg.

Röviden összefoglalva: a szelszin-adó a benne keletkezett mágneses erővonalképet a galvanikus kapcsolat révén átmásolja a vevőre. Ezt a tulajdonságot használják fel egymástól távol eső forgó alkatrészek szöghelyzet szerinti szinkronizálására.

Ha a vevő forgórész-tekercsét az adóéhoz képest  $90^\circ$ -kal elforgatott állapotban ékelik a tengelyre, akkor „szinkron” állapotban rajta nem mérhető feszültség, mert tengelye merőleges lesz az állórész eredő fluxusára.

Az ettől eltérő szöghelyzetek esetén az indukált feszültség értéke az alábbi összefüggés szerint alakul:

$$U_{ki} = U_m \cdot \sin(\alpha - \beta) = U_m \cdot \sin \Theta \tag{4}$$

$$U_m = \frac{U_0}{2m} \tag{5}$$

(szelszineknél alkalmazott transzformációs tényező amelynek az értéke egyenlő 0,5-el.)

A  $\Theta$  szög nagysága meghatározható:



$$\Theta = \arcsin\left(\frac{U_{ki}}{U_m}\right) \quad (6)$$

A  $\Theta$  szög előjele (vagyis annak eldöntése, hogy  $\alpha$  vagy  $\beta$  a nagyobb) az  $U_o$  és  $U_{ki}$  feszültségek fázisainak összehasonlítása alapján határozható meg.

$\Theta > 0$  esetén  $U_o$  és  $U_{ki}$  fázisa megegyező

$\Theta < 0$  esetén  $U_o$  és  $U_{ki}$  fázisa ellentétes

Az előzőek alapján kijelenthető, hogy az  $U_{ki}$  feszültség változási törvényszerűsége egyértelműen jellemzi a  $\Theta$  egyeztetlenségi szög mindenkori értékét és előjelét.

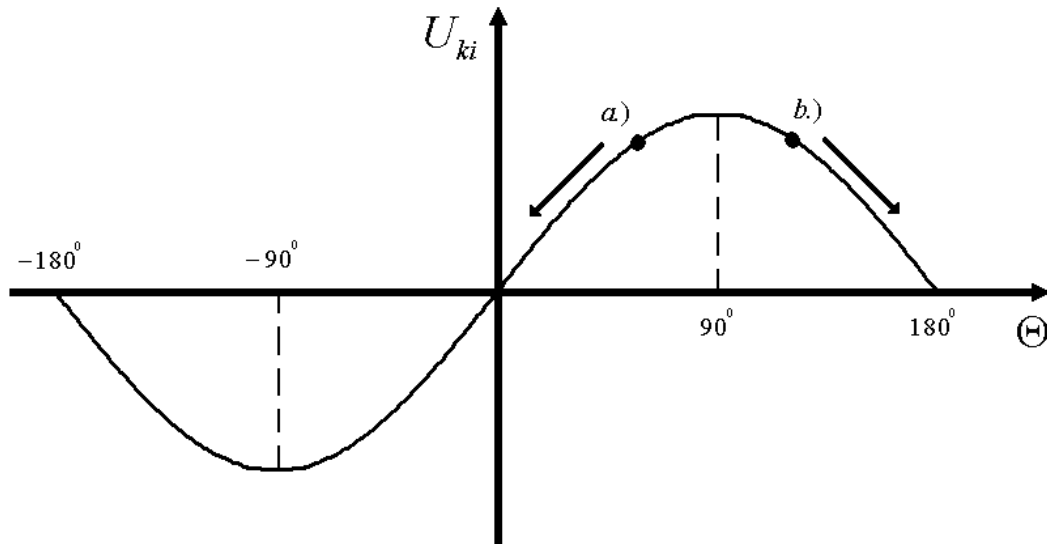
A szöghelyzet-szinkronizálást a következő módon valósítják meg a kontrollizálótranszformátor kapcsolat segítségével:

- A szelszin-adót a célzókészülékre építik úgy, hogy az állórész a repülőgéphez rögzített, a forgórész pedig a célzókészülék mozgatható irányzékához.
- A szelszin-vevőt a mozgatható elő beépítésre építik úgy, hogy az állórész a repülőgéphez, a forgórész a lő torony forgórészéhez kapcsolódjon.
- A vevő forgórész-tekercsén indukált  $U_{ki}$  feszültséget és a  $\Theta$  előjelét egy erősítőbe vezetik, amely előállítja a mozgató villanymotor működtetéséhez szükséges vezérlő feszültséget. A mozgatásnak az egyeztetlenségi szög nullává redukálódása irányában kell végbemennie.

A szelszin kapcsolat legfontosabb jellemzője a statikus pontosság. A szelszin kapcsolat statikus pontossága az a szögeltérés, amelyet az adó és a vevő már nem érzékel egyeztetlen helyzetnek nyugalmi helyzetben. A ma használatos szelszinek a szerkezeti kialakítás miatt olyan érzékenységgel rendelkeznek, amely 1°-os statikus pontosság elérését teszi lehetővé. Ez a pontosság azonban nem elegendő. Dinamikus üzemben, például célkövetéskor, az irányzóvonal és a lőfegyver csöve közötti szögeltérés nem lehet több, mint 5... 10 szögperc. Az ehhez szükséges statikus pontosság 1 ...2 szögperc.

A statikus pontosság növelése érdekében a követő meghajtás vezérlőrendszerében csatornánként két szelszin párt alkalmaznak.

A már említett szelszin kapcsolon kívül egy úgynevezett „pontos” szelszin pár is beépítésre kerül. Ennek megfelelően az előzőt „durva” szelszinnek nevezik. Megvizsgálva a kétféle szelszin pár együttműködését a durva szelszin jelfeszültség függvényéből a következő egyeztetett helyzetek láthatók.



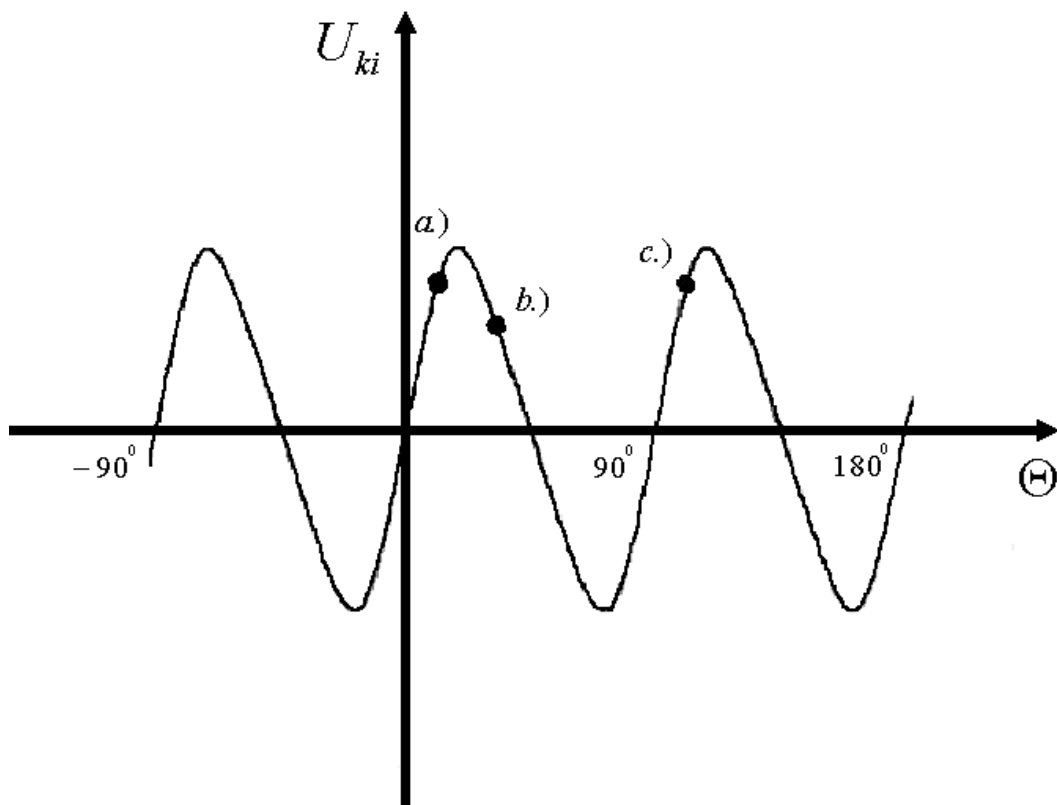
23. ábra. A durva szelszinkapcsolat valós és egyeztetett helyzetei [12] [Kovács János–Excel]

A rendszer az  $U_{ki}$  jelfeszültség, ezen keresztül a  $\Theta$  szögeltérés megszüntetési irányában avatkozik be. Látható, hogy az a.) helyzetben valóban a  $\Theta = 0$  irányba történik a lőtorony forgatása. A b.) esetben azonban - mivel a szinuszos törvényszerűség miatt az  $U_{ki}$  a  $\Theta = 180^\circ$ -os értékénél is zérus - hamis egyeztetett helyzet felé történik a kitérítés. A valóságban ez gyakorlatilag soha nem fordulhat elő, mert a vezérlőszervek kitérítését a fegyver kis tehetetlenséggel követi, így a „le-maradás” nem érhet el ekkora értéket. (Korábban említésre került, hogy a maximális eltérés célkövetéskor 5-10 szögperc lehet.) Helikopter-fedélzeti lőfegyverelő beépítéseknél pedig maga a kitérítés sem éri el a  $90^\circ$ -ot,

Általában:

- 60° a vízszintes csatornában és
- +15...-60° a függőleges csatornában.

Tehát megállapítható, hogy a durva szelszin pár nem rendelkezik hamis egyeztetett helyzetekkel. Viszont a  $\Theta = 0$  helyzet  $\pm 1^\circ$ -os környezetében érzéketlenné válik. A pontos szelszin pár ezt a hibát hivatott kiküszöbölni. Ha a szelszinek forgórészét olyan reduktoron keresztül kapcsoljuk a szinkronizálni kívánt elemekhez, amely jelentősen megnöveli a szögelfordulásukat, a jelfeszültség-függvény a 24. ábrán mutatottak szerint alakul.



24. ábra. A pontos szelszin pár valós és hamis helyzetei [12] [Kovács János–Excel]

Az ábrából látható, hogy a megnövelt frekvenciájú jelfeszültség-függvény arányosan több zérus hellyel rendelkezik. Nyilvánvaló, hogy a zérus helyek közül csak egy jelent valós egyeztetett helyzetet. Viszont a függvény meredeksége jóval nagyobb a  $\Theta = 0$  helyen, ezért azonos jelszint mellett kisebb lesz az érzéketlenségi zóna mérete.

Az irányzóvonal és a löfegyver szögeltérését  $\Delta\delta$  -val jelöljük. Ez a statikus pontosság amelyet a következőképpen lehet kiszámolni:

$$\Delta\delta = \alpha - \alpha^* \quad (7)$$

ahol: az  $\alpha$  = a szelszin-adó forgórész szögkitérése;

$\alpha^*$  = a szelszin-vevő forgórész szögkitérése

Reduktor közbeiktatásával az  $\alpha$  és  $\alpha^*$  értékek az áttételnek megfelelően  $i$ -szer nagyobbak lesznek, tehát

$$\Delta\delta = i \cdot \alpha - i \cdot \alpha^* \quad (8)$$

ebből:

$$\alpha - \alpha^* = \frac{\Delta\delta}{i} \quad (9)$$

tehát a szögeltérés a szinkronizált elemek között  $i$ -szer kisebb lesz. Pontosítva a korábban említett megnevezéseket, a szelszin kapcsolatot pontosnak nevezik, ha  $i > 1$ .

Ellenkező esetben a szelszin kapcsolat durva. A szükséges áttétel megvalósítható a szelszin szerkezeti statikus pontosságából és a megengedett legnagyobb szögeltéréseiből.

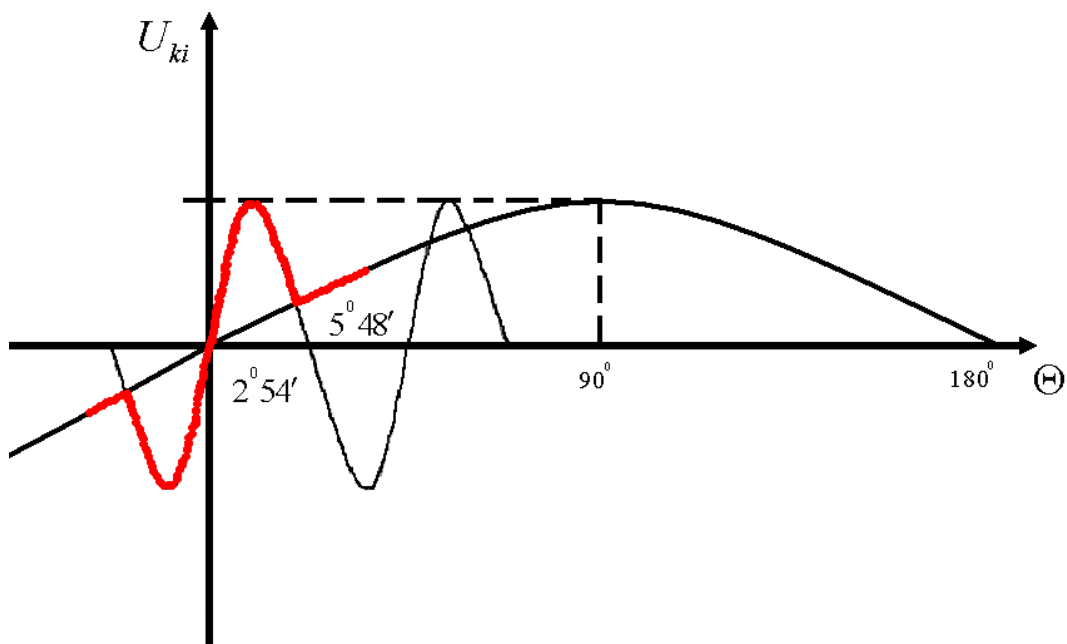
A statikus pontosság a pontos szelszineknél is  $1^\circ$ , ez azonban a szinkronizált elemeknél  $i$ -szer kisebb szögeltérést jelent.

Az előbbi egyenletben helyettesítsünk  $\alpha - \alpha^*$  helyére 2 szögpercet,  $\Delta\delta$  helyére  $1^\circ$ -ot.

$$2' = \frac{1^\circ}{i} \longrightarrow i = \frac{1^\circ}{2'} = 30 \quad (10)$$

tehát a 2 szögperces statikus pontosság eléréséhez maximum 30-as áttételre van szükség. A helikopter pontos szelszin párajainál  $i = 31$  áttételű reduktorokat használnak.

A korábban már említett nagyszámú hamis egyeztetett helyzet megléte miatt a pontos szelszinek önmagukban nem alkalmasak a lőtorony vezérlésében, a durva és pontos szelszin párok együttes működésére van szükség. Az eredő jelfeszültség kialakítását a következő, ábra mutatja.



25. ábra. Az eredő jelfeszültség jelalakja [12] [Kovács János–Excel]

A durva szelszin  $180^\circ$ -onként rendelkezik zérus helyekkel, a pontos pedig 31-szer gyakrabban, tehát  $\Theta_j = j (5^\circ 48')$  értékenként, ahol  $j = 0, 1, 2, \dots$  értékeket vehet fel.

Az egyértelműség biztosítása érdekében a durva szelszin pár által szolgáltatott kimenőjelet használják egészen addig, amíg a  $\Theta$  szögeltérés  $2^\circ 54'$  alá csökken, ekkor a rendszer átkapcsol a pontos szelszinekre, amelyek biztosítják a  $\Theta$  további csökkenését 2 szögperc alá. Az átkapcsolást a szelszin kapcsolat és a teljesítményerősítő közé beiktatott fázis érzékeny szervo erősítő végzi. [5][6][7][9][10][12]

#### 4.2.3. A szervo erősítő

A szelszin kapcsolat kimenőjele váltakozófeszültség, amelynek amplitúdója a  $\Theta$  egyeztetlenségi szög nagyságától, fázisa pedig  $\Theta$  előjelétől függ. A végrehajtó berendezés vezérléséhez olyan vezérlőjelre van szükség, amelyet jelformája és energiaszintje erre alkalmassá teszi. Mivel a szelszin  $U_{ki}$  kimenőjele ezeket a követelményeket nem teljesíti, így előerősítőre van szükség.

A helikopter lőtorony vezérlő rendszerében úgynevezett fázis érzékeny erősítőt alkalmaznak előerősítőként.

Az előerősítő rendeltetése:

- az  $U_{ki}$  jelfeszültség átalakítása és teljesítményerősítése;

- átkapcsolás a durva és pontos szelszin csatorna között;
- a durva szelszinnek működése alatt a lövés blokkolása. [10][11]

#### 4.2.4. A fegyverirányzás fajtái

A légi lövész feladata a cél követése az irányító rendszer segítségével. Az irányító rendszer mozgását a követő meghajtás továbbítja a mozgatható fegyverbeépítésre. Az irányzék, a fegyver és a vezérlő kar egymás közti kapcsolata többféle lehet. A változatok közül az adott repülőeszközhöz és feladathoz leginkább megfelelő választják ki. Az új kapcsolat megfelelő jellege szerint megkülönböztetünk elemek közti

- helyzet szerinti;
- sebesség szerinti és
- kombinált vezérléseket.

A helyzet szerinti vezérlésre jellemző, hogy a vezérelt elem a vezérlőkar elfordulásával (elmozdulásával) arányos szögre fordul el.

$$\alpha_F = K_H \cdot S \quad (11)$$

ahol:

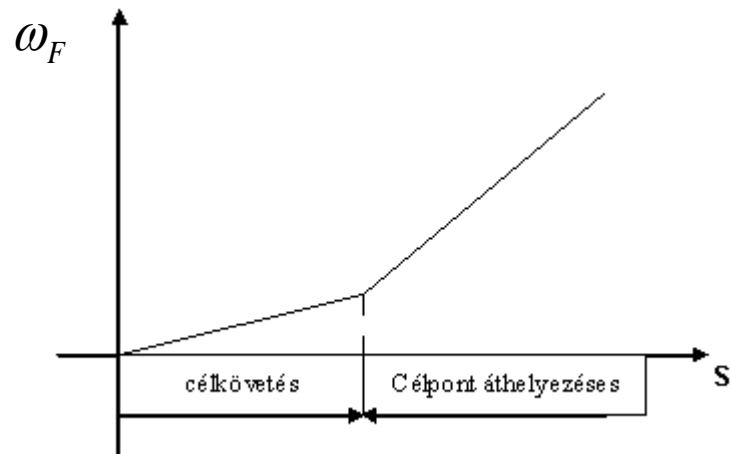
- $\alpha_F$  - a fegyver szögelfordulása (a vízszintes vagy függőleges vezérlés csatornáján);
- $K_H$  - a helyzet szerinti vezérlés arányossági tényezője
- $S$  - a vezérlőkar elmozdulása

A fegyver szögsebessége:

$$\omega_F = K_F \cdot S \quad (12)$$

vagyis a vezérlőkar kitérésének sebességével arányos.

A sebesség szerinti vezérlés rendszerében a vezérlő kar elmozdulásának (elfordulásának) mértéke határozza meg a fegyver elfordulásának nagyságát. Ha tehát a vezérlő kar semleges helyzetben van, a fegyver mozdulatlan marad.



26. ábra. A sebesség szerinti vezérlés szabályozási jellege [12] [Kovács János–Excel]

A sebesség szerinti vezérlés nem minősül követő meghajtásnak, mivel a vezérlőkar semleges helyzetének a lőfegyver bármilyen szöghelyzete megfelelő lehet.

Kombinált vezérlési rendszert kapunk, ha egyesítjük a helyzet és a sebesség szerinti vezérléseket. Ebben az esetben a fegyver szögsebessége a következőképpen alakul:

$$\omega_F = K_H \cdot S + K_V \cdot \dot{S} \quad (13)$$

A kombinált vezérlés 2-3-szoros javulást eredményez a követési pontosságban, de megvalósítása jóval bonyolultabb az előzőekénél. Ennek ellenére a forgatható lőtornyok vezérlési rendszereinek többségénél ez utóbbi elvet alkalmazzák. [12]

## ÖSSZEFOGLALÁS

A repülőgép-fedélzeti lőfegyverek (gépágyúk, géppuskák) fejlesztése az utóbbi évtizedben újból nagy lendületet kapott. A fejlesztés több irányban eredményesen folyik és ma már senki nem akarja ezeket a harci eszközöket a repülőgépek fedélzetéről eltávolítani, helyüket és szerepüket más eszközökkel, elsősorban rakétákkal betölteni. A repülés szakirodalmát rendszeresen olvasók előtt közismert, hogy az 1950-es években a fedélzeti lőfegyvereket egyesek elavultnak nyilvánították és egyáltalán nem, vagy csak alárendelt szereppel építették a repülőgépekre. Ennek okai összefüggtek a fedélzeti irányított és nem irányított rakéták eredményes fejlesztésével, illetve a rakéták szerepének túlbecsülésével. Szerepe volt természetesen ebben a fedélzeti lőfegyverek fejlesztésében, korszerűsítésében akkor tapasztalható lassú ütemnek is. Ez utóbbit támassza alá az a tény is, hogy amíg a vadászrepülőgépek sebessége, a második világháborút követően 3–5-szörösére növekedett, a fedélzeti lőfegyverek tűzgyorsasága és a lövedékek kezdősebessége alig növekedett valamit.

Az elmúlt két évtized helyi háborúinak tapasztalatai azokat a katonai szakembereket és fegyvertervezőket igazolták, akik felismerve a fedélzeti lőfegyverek fejlesztésében bekövetkezett lemaradást, megkeresték a korszerűsítés új útjait és ezzel visszaadták a fedélzeti lőfegyverek helyét és szerepét a repülőgépek fegyverzetének rendszerében. Természetesen a második világháborúban, elsősorban a légi harc megvívásában vívott egyeduralkodókat a korszerűsített gépágyúk nem kaphatták vissza, de napjainkban újból fontos harci eszközei a repülőgépek, helikopterek fegyverzetének.

Napjainkig a fedélzeti lőfegyvereknek a beépítését vadászgépekben szárnyba, a szárnytőbe vagy a törzsbe mereven építik be, míg a legtöbb harci helikopterekben a lőfegyvereknek a rögzítését illetve mozgását egy egységesített mozgatható lőtorny segítségével van biztosítva. A mai napig a repülőfedélzeti lőtornyok fejlődésének természetes tendenciája, hogy hatásosabbá és eredményesebbé ugyanakkor megbízhatóbbá váljanak az elődjeihez képest. Mint például az amerikai McDonnell Douglas helikopter cég az AH-64A Apache helikoptereken egy nagyon hatásos fegyverrendszert terveztek „Area Weapon System” néven amely a gépágyút, felfüggesztést és lőszeradagolást tartalmazta. A gépágyú teljesen külső



felfüggesztésű, egy könnyű toronyból nyúlik ki, amelynek az elektronikus vezérlésű meghajtását a helikopter szenzorai vagy a személyzet sisakcélzója segítségével a személyzet mindkét tagja pontosan célra irányíthatja az érzékelőt vagy a gépágyút azáltal hogy csak odanéz. Így tehát a jövőben mindenképpen fontos szerepet fog betölteni a repülőfedélzeti lőtornyok jelenléte a sisakcélzóval együtt a modern korszerű harci repülőgépek fegyverzetében.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A repülőfedélzeti fegyverberendezések működésének és üzemeltetésének alapjai I. könyv (920/531 szabályzat)
- [2] Zsilák András mk. alez.: Külső ballisztika, (TK529) 1987,
- [3] Zsilák András mk. alez.: Repülőgép-fedélzeti fegyverek megsemmisítő eszközei, 598/479, KGyRMF, 1984,
- [4] Idegen hadseregek katonai repülőerőiben rendszeresített főbb fedélzeti pusztító eszközök (Id/16 szabályzat)
- [5] Zsilák András mk. alez.: Repülőgép-fedélzeti lőfegyverek MN KGyRMF, 1984.
- [6] A Mi-24D helikopter műszaki leírása III. könyv 2. rész Fegyverzet (Re/771)
- [7] A repülőfegyverzet üzemben tartásának elméleti alapjai IV. Repülőszerek (Re/997)
- [8] Bill Gunston: Korszerű harci repülőgépek fegyverzete, Zrínyi Kiadó 1995
- [9] Sípos István: Repülőgépek automatikai berendezései és programvezérlései MN KGyRMF, 1987,
- [10] Nemes István: Fedélzeti műszerek és műszerberendezések I. MN KGyRMF, 1987,
- [11] Lőrincz Attila hdgy.: Repülőfedélzeti fegyverzet komplexum (TK730) 1990,
- [12] Repülőfedélzeti lőfegyverek I, II, tantárgy, RLI, saját jegyzet
- [13] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Csatahaj%C3%B3>
- [14] <http://hu.wikipedia.org/wiki/JakB%E2%80%939312%2C7>
- [15] [http://www.b17.org/history/aluminum\\_overcast.asp](http://www.b17.org/history/aluminum_overcast.asp)
- [16] <http://hu.wikipedia.org/wiki/B-17>
- [17] [http://en.wikipedia.org/wiki/B-17\\_Flying\\_Fortress](http://en.wikipedia.org/wiki/B-17_Flying_Fortress)
- [18] <http://www.world-war-2-planes.com/american-world-war-2-planes.html>
- [19] <http://www.modellversium.de/galerie/1-hubschrauber/2170-mil-mi-24d-hind-nva.html>
- [20] <http://www.first-to-fly.com/History/Wright%20Story/business.htm>
- [21] <http://skittles-combos.blogspot.com/2007/10/yb-40.html>
- [22] <http://www.guncopter.com/ah-1-cobra/>