



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



**Fedélzeti Rendszerek Tanszék
Repülőfedélzeti Fegyvertechnikai szakirány**

REPÜLŐFEDÉLZETI IRÁNYÍTHATÓ RAKÉTÁKON ALKALMAZOTT RÁDIÓGYÚJTÓK MŰKÖDÉSE

SZAKDOLGOZAT

Készítette:

PAULIK LOTTI HALLGATÓ

Konzulens:

Szilvássy László okl. mk. alez.

Teréki Csaba okl. mk. őrgy.

**SZOLNOK
2008.**

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

.....
tanszékvezető

SZAKDOLGOZATI FELADAT

Paulik Lotti

repülőfedélzeti fegyvertechnikai szakos
hallgató részére

1. Feladat:

Repülőfedélzeti irányítható rakétákon alkalmazott rádiógyújtók működése

2. Elkészítendő:

- A repülőfedélzeti rakétákon alkalmazott gyújtókról röviden;
- A repülőfedélzeti rakétákon alkalmazott rádiógyújtók csoportosítása;
- A repülőfedélzeti rakétákon alkalmazott rádiógyújtók működése.

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

Teréki Csaba nyá. okl. mk. őrgy.

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)
- A légierő megsemmisítő eszközei (615/0621 Titkos 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)
- 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

megfelel

nem felel meg

ezért elbírálását

javaslom

nem javaslom

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

1. BEVEZETÉS	6
2. A FEDÉLZETI RAKÉTA FŐ SZERKEZETI ELEMEI	7
3. A GYÚJTÓKKAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK	9
4. A GYÚJTÓK MŰKÖDÉSI ELVE	11
5. GYÚJTÓK OSZTÁLYOZÁSA	13
5.1 CSAPÓDÓ GYÚJTÓK	14
5.2 IDŐZÍTETT GYÚJTÓK.....	16
5.3 TÁVOLSÁGI GYÚJTÓK.....	17
5.4 KÖZELSÉGI GYÚJTÓK.....	18
5.4.1 A közelségi gyújtók szerkezeti sajátosságai és jellegzetességük	20
6. RÁDIÓGYÚJTÓK	26
6.1 A RÁDIÓGYÚJTÓK FAJTÁI.....	27
6.1.1 Doppler rádiógyújtó	27
6.1.2 Frekvencia-modulált rádiógyújtó	30
6.1.3 Impulzus rádiógyújtó	33
6.1.4 Impulzus-Doppler rádiógyújtó	36
7. A RÁDIÓGYÚJTÓK MŰKÖDÉSI FELÜLETE	38
8. A RÁDIÓGYÚJTÓ ÉS A HARCIRÉSZ MŰKÖDÉSI TARTOMÁNYÁNAK ÖSSZEEGYEZTETHETŐSÉGE	43
9. A RÁDIÓGYÚJTÓK MEGBÍZHATÓSÁGA	49
9.1 A rakéta működési valószínűségének (p) meghatározása légi célok ellen..	49
10. A RÁDIÓGYÚJTÓK ZAVARVÉDETTSÉGE	51
11. ZAVARVÉDELMI ELJÁRÁSOK	53
11.1 Az antenna iránykarakterisztikájának módosítása	53
11.2 A rádiógyújtó adójának a cél közelében történő bekapcsolása.....	53
11.3 A vezérlő jel szelektálása különböző jellemzők alapján.....	54
11.4 Távolság szerinti jelszelektálás	54
11.5 Többcsatornás rendszer alkalmazása	54
IRODALOMJEGYZÉK	56

1. BEVEZETÉS

A katonai harctevékenységek egyik legfontosabb része a légierő bevetése. Széles körben, gyakran alkalmazzák, mivel mind légi mind földi célok megsemmisítésére illetve harcképtelenné tételére alkalmas. Rendkívül sok befolyásoló tényező létezik, mely kihatással van a harci alkalmazás hatékonyságára. Ilyen például:

- az alkalmazott repülőgép harci-technikai adatai, műszaki tulajdonságai (magasság, sebesség, manőverező-képesség, műszerezettség, felfegyverzhetőség, stb.);
- az irányító rendszer korszerűsége;
- a személyzet kiképzettsége;
- a fedélzeti fegyverzet korszerűsége, hatékonysága, technikai adatai.

A harci repülőgépek fegyverzetét általában három csoportba sorolhatjuk:

→ *fedélzeti löfegyver*

Ide sorolhatók a fedélzeti löfegyverek (géppuskák, gépágyúk), valamint azok merev vagy mozgatható előbeépítései, célzókészülékei, lőszerjavadalmazása illetve a tűzvezérlő rendszer;

→ *fedélzeti bombázófegyverzet*

Ide tartoznak a bombák és azok gyújtói, függesztő-, élesítő-, oldást vezérlő- és célzóberendezései;

→ *fedélzeti rakétafegyverzet*

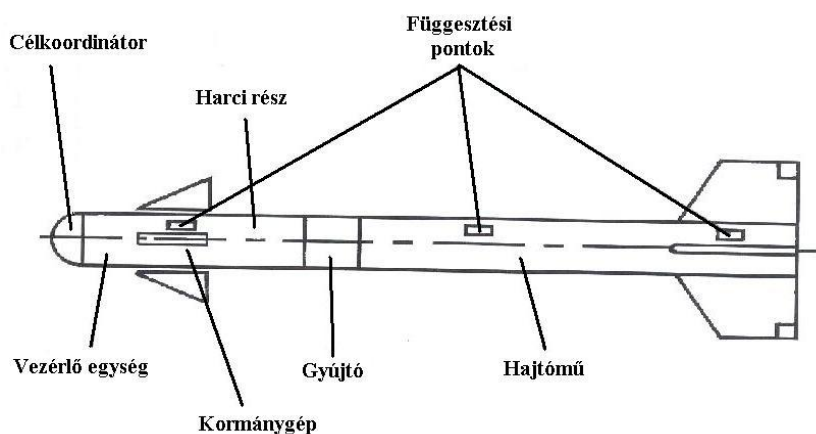
Ebbe a kategóriába az irányítható illetve a nem irányítható rakéták tartoznak a célzó-, indító- és célravezető rendszereikkel.

A rakétafegyverzet esetén a rakéta harci részek és a gyújtók azok, amelyek közvetlenül részt vesznek a célpont megsemmisítésében. [2][3]

2. A FEDÉLZETI RAKÉTA FŐ SZERKEZETI ELEMEI

A fedélzeti rakéta fő szerkezeti elemei az 1. ábrán láthatók.

Léteznek optikai, rádiólokációs és akusztikai célkoordinátorok, ezeken belül aktív, passzív és félaktív típusúak. Ebben az esetben a célkoordinátor nem más, mint egy miniatűr rádiólokátor állomás, amely a repülőgép rádiólokátora által kisugárzott és visszavert jelek alapján dolgozik.



1. ábra A fedélzeti rakéta fő szerkezeti elemei [3]

A célkoordinátor végrehajtja a célbefogást és a kidolgozott jelek alapján a kormánygép és a hajtómű segítségével célba juttatja a rakétát. A célhoz érkeve a gyújtó indító impulzusának hatására a harci rész fogja a kívánt pusztító hatást a célra kifejteni. A harci részek a célra kifejtett hatásaik szerint lehetnek:

- romboló;
- repesz;
- repesz-romboló;
- kumulatív;
- gyújtó;
- különleges rendeltetésű (világító, jelző, rádiólokátor-zavaró, stb).

Gyújtóknak, gyújtószerkezeteknek nevezzük azokat a szerkezeteket, amelyek kilövés után a röpálya szükséges pontján vagy az akadályba való ütközés után a lövedéket működésbe hozzák. Mivel a lövedékek működtetéséhez nagy teljesítményű kezdő impulzusra van szükség, szükségessé váltak a gyújtók. A brizáns robbanóanyagok és a pirotechnikai összetételek, melyeket a lövedékek tölteteiként alkalmaznak vi-

szonylag kevésbé érzékenyek a külső behatásokra (ütésre, melegítésre, stb.). Ez biztosítja a lőszer töltésének és kiszolgálásának veszélytelenségét. A brizáns robbanóanyagok iniciálása csappantyú-detonátorok alkalmazásával történik, amelyek egyszerű kezdő impulzusok segítségével képesek a detonálásra. A pirotechnikai összetételeket tartalmazó speciális és kiegészítő lövedékek esetében gyújtógyutacsokat alkalmaznak a begyújtásra, melyek erős szúrólángot hoznak létre.[3]

3. A GYÚJTÓKKAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

A modern gyújtókkal szemben támasztott követelmények az alap feladatokon, a lövedék töltetének begyűjtésén kívül a következők:

→ *Biztonságos tárolás, szállítás, kezelés és harci alkalmazás*

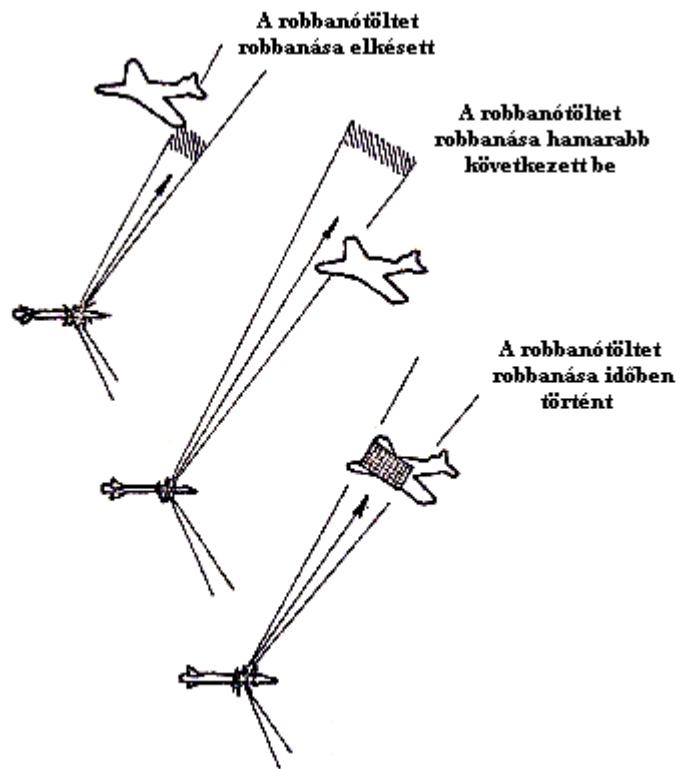
Ez alatt azt értjük, hogy a gyújtó idő előtti működése miatt a lövedék idő előtti robbanása ne következzen be. A gyújtószerkezetek idő előtti működésének megakadályozását gondos kidolgozással, a gyártási technológiai folyamat betartásával, minden egyes kifejlesztendő típus részletes üzemszerű vizsgálatával, gyakorlatilag ellenőrzött szerkezetek alkalmazásával, továbbá a használati és kezelési előírások maradéktalan betartásával biztosítják.

→ *A működés optimális pillanatának meghatározása*

Ez azért nagyon fontos, mert a robbanás megsemmisítő hatásának mértéke nagyon sok esetben attól függ, hogy a robbanás pillanatában a cél a lövedékhez viszonyítva hol foglal helyet. A robbanás kellő pillanatban való bekövetkezése nagyon nagy jelentőséggel bír a légi harc illetve a levegő-föld rakéták esetében. Ezeknél a rakétáknál a robbanótöltet távolsági gyújtó robbantja fel (melyről a későbbiekben részletesebben fogok beszélni) és a robbanás megsemmisítő hatásának irányítható jellege van. Ebben az esetben a cél megsemmisítése a rakéta harci részének felrobbanásakor a térnek meghatározott részén lehetséges. Ha a robbanás idő előtt vagy idő után következik be, a robbanás megsemmisítő elemei a cél mellett fognak elrepülni.

→ *Megbízható működés bármilyen időjárási körülmények között*

Ennek azért van nagy szerepe, mert a lőszer harci alkalmazásának sikere attól függ, hogy működik-e a gyújtó, vagy sem. A megbízható működést megfelelő érzékenységgű csapódó szerkezetek alkalmazásával és a biztosító szerkezetek megbízható működésével valamint kettőző szerkezetek (szerelei egységek) alkalmazásával érik el. [1]

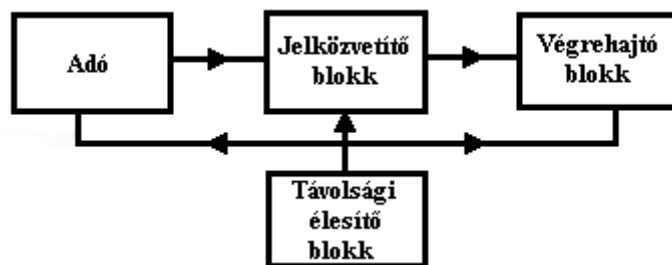


2. ábra A robbanótöltet robbanásának ideje[1]

4. A GYÚJTÓK MŰKÖDÉSI ELVE

A légierőnél alkalmazott gyújtók működési elve és szerkezete sokban megegyezik más fegyvernem gyújtóival. Bonyolultság szempontjából különbözőek lehetnek a gyújtók az egyszerű csapódó gyújtóktól a távolsági gyújtókig, amelyek meghatározzák a cél helyzetét és sebességét, valamint a harci rész felrobbanásának legkedvezőbb pillanatát. Vannak olyan gyújtók, amelyek a rakéta rávezetési rendszerével vannak kapcsolatban és az adott rávezetési rendszer határozza meg a robbanás kellő időpillanatát.

A gyújtó működési vázlatát a 3. ábrán látható.

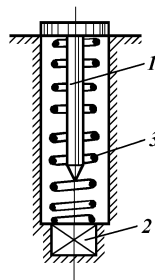


3. ábra A gyújtó működési vázlatát[1]

A gyújtók legfontosabb szerkezeti elemei a következők:

→ Adó

Az adó egy olyan szerkezet, amely a gyújtó működésére dolgoz ki jeleket. Ez a jel vagy akkor keletkezik, amikor az adó a céllal találkozik, vagy a céltől függetlenül, speciális időmechanizmus segítségével, mely méri az időt a lövedék kilövésétől vagy a bomba oldásától számítva. Az adó típusától függően a működtetési jel lehet robbanási impulzus jellegű, szúróláng vagy elektromos jel. Az ábrán látható egy egyszerű szerkezeti felépítésű adó.



4. ábra Egyszerű szerkezetű adó[1]

1 – tűske; 2 – csappantyú; 3 – rugó

A rugó a tüskét meghatározott távolságban tartja a gyutacs felett. Az adó akkor működik, ha a lövedék valamilyen felszínnel találkozik. A tüske át-szúrja a gyutacsot és szúróláng-jel keletkezik.

→ *Jelközvetítő blokk*

Az adó jelét a végrehajtó blokkba továbbítja meghatározott késleltetéssel. Ez a késleltetés biztosítja a töltet felrobbanásának optimális időpillanatát. A késleltetés ideje alatt a lövedék vagy bomba a célhoz viszonyítva olyan helyet foglal el, amelynél a cél megsemmisítésének valószínűsége maximális. A repülőfedélzeti rakéták esetében a jelközvetítő blokk egy kiegészítő berendezést is vezérelhet, amely berendezés a rakéta célközelítésének körülményeitől és más tényezőktől függően meghatározza a késleltetés szükséges idejét.

→ *Végrehajtó blokk*

Ez a blokk olyan nagyteljesítményű hő vagy robbanóimpulzust dolgoz ki, amely a lövedék töltetének felrobbanását idézi elő.

→ *Biztosító szerkezet*

Ez a szerkezet a gyújtó veszélytelenségét biztosítja az üzemeltetés minden stádiumában (tároláskor, szállításkor, szereléskor és harci alkalmazáskor). A biztosító szerkezet megakadályozza az adó működését és ha az adó véletlenül mégis működne, akkor megakadályozza a működtető jel bejutását a végrehajtó blokkba.

A biztosító szerkezet eltávolítását élesítésnek nevezzük, amely a lövedék kilövésének, rakéta indításának, bomba oldásának pillanatában kezdődik és akkor fejeződik be, ha a rakéta vagy bomba már biztonságos távolságba került a repülőgéptől. Ezt a távolságot nevezzük élesítési távolságnak. Ezt a távolságot a lövészet biztonsága határozza meg, hogy ha a biztosító szerkezet eltávolítása után idő előtti robbanás következik be, a robbanás ne veszélyeztesse a saját repülőgépek biztonságát. A gyújtó élesítésének műveletét az ún. távolsági élesítő szerkezet végzi.

→ *Távolsági élesítő szerkezet*

A távolsági élesítő szerkezettel kapcsolatban lévő biztosító szerkezeten kívül a gyújtók tartalmazhatnak földi biztosító szerkezetet is, melyet a harci bevetés előtt eltávolítanak. [1][2][3]

5. GYÚJTÓK OSZTÁLYOZÁSA

Rendeltetésük szerint a gyújtókat a következő csoportokba sorolhatjuk:

- irányítható és nem irányítható rakéták gyújtói;
- bombák gyújtói;
- gépágyúlövedékek gyújtói,
- légiaknák és légitorpedók gyújtói.

A gyújtók adóinak működési elve szerint az alábbi csoportokba sorolhatjuk a gyújtókat:

- csapódó gyújtók;
- időzített gyújtók;
- távolsági gyújtók;
- közelségi gyújtók.

A repülés és a repülőtechnika fejlődésével felváltották az eleinte használatos csapódó gyújtókat az időzített gyújtók, mivel alkalmazásukkal megnövekedett a harci rész megsemmisítési hatékonysága. Az időzített gyújtókat már az első világháborúban is ismerték és alkalmazták. Ezek jóval alkalmasabbak voltak a három dimenzióban mozgó célok harcképtelenné tételére. Ha ismerjük a lövedék röppályájának adatait (lőtávolság, magasság, repülési idő), az időzítés beállításával a gyújtó a röppálya tetszőleges pontján működtethető. De mint minden rendszernek, ennek is voltak hibái, amelyek a nagysebességű repülőgépek elleni alkalmazás során hatványozódtak.

Ezen hibák kiküszöbölése érdekében fejlesztették ki a közelségi gyújtókat, melyeknek nem kell a célba csapódniuk, kilövés előtt nem kell semmit beállítani rajtuk, hanem a cél meghatározott körzetébe érve működik, így „megnöveli” a célpont felületét, és ezzel a találati valószínűséget.

A közelségi gyújtók működési elvükben, csoportosításukban, fajtáiban, legfontosabb jellemzőikben, sajátosságaikban, típusaikban tökéletesen megegyeznek a távolsági gyújtókkal. A távolsági gyújtó elnevezést leginkább bombagyújtók esetében alkalmazzák, míg a rakéták, gépágyúlövedékek gyújtóit közelségi gyújtónak nevezzük. [3]

5.1 Csapódó gyújtók

Csapódó gyújtóknak azokat a gyújtókat nevezzük, amelyeknek az adói akkor működnek, amikor a gyújtó valamilyen felszínbe, vagy akadályba ütközik. Az ütés hatására az adó mozgó alkatrészei elmozdulnak. Ezt az elmozdulást fel lehet használni a csappantyú átszúrására vagy az elektromos áramkör zárására.

Rendeltetésüktől függően a csapódó gyújtókat bomba, gépágyú lövedék, nem irányítható és irányítható rakétagyújtókra oszthatjuk fel. Ezek elsősorban a távolsági élesítő szerkezetükben különböznek egymástól, amelyek viszont a különböző típusú lőszerre a lövés pillanatában és a röppályán a levegőben hatást gyakorló külső erőktől függenek.

A repülőbombáknál, amelyek a levegőben történő repülésük során nincsenek jelentős tehetetlenségi erőhatásnak kitéve, a gyújtókban általában pirotechnikai vagy óraszerkezettel működő távolsági élesítő és robbantó szerkezeteket alkalmaznak.

A repülőgépeken alkalmazott gépágyú lövedékek és a nem irányítható rakéták többségének gyújtói autonóm távolsági élesítő szerkezettel vannak ellátva, amelyek nincsenek a repülőgépek indítóberendezéseihez csatlakoztatva.

Némely típusú rakéta elektromos gyújtója össze van kapcsolva a repülőgép fedélzeti áramforrásával azért, hogy az indítási pillanatban egy speciális gyújtókonkondenzátort töltsenek fel. A továbbiakban a gyújtókonkondenzátorok által tárolt energiát használják fel a gyújtó ütközéskor történő indítására. Az irányítható rakéták gyakran kapcsolatban vannak az indítóberendezésükkel, ez az összekapcsolt állapot a gyújtó egyik biztosítási fokozatát is jelenti.

A légi célok ellen alkalmazott repülőgép fedélzeti gépágyúk és rakéták gyújtóinak speciális szerkezeti egységeként szolgálnak az önmegsemmisítő szerkezetek, amelyek rendeltetése az, hogy az indítás pillanatától számított bizonyos idő elteltével a gyújtót működésbe hozzák. Esetleges mellélövéskor az önmegsemmisítő szerkezet működésekor a lövedék vagy a rakéta robbanása a levegőben történik meg és ezzel biztosítva van a saját csapatok épsége és veszélytelensége a saját terület felett végrehajtott lövés vagy rakétaindítás alkalmával.

A csapódó gyújtók legszélesebb csoportját a repülőbomba gyújtói képezik, melyek sokrétűsége nem teszi lehetővé az egyetlen ismérven alapuló osztályozásukat.

A harci alkalmazási feltételüktől függően a következő csoportokat alakíthatjuk ki:

- nagy és közepes magasságú bombavetésnél alkalmazott gyújtók;
- kis magasságú bombavetésnél alkalmazott gyújtók;
- univerzális gyújtók (kis és nagy magasságon egyaránt alkalmazhatók).

A bombavetés minimális megengedett magasságát a gyújtó távolsági élesítés ideje határozza meg.

Az adó felépítési elvétől függően a következő csoportokba sorolhatjuk a bombagyújtókat:

- *Mechanikus gyújtók*

A gyújtó úgy lép működésbe, hogy az ütőszeg a csappantyúra rászúr vagy a csappantyú a hirtelen összepréselt levegő felmelegedése útján indul be.

- *Elektromos gyújtók*

A gyújtó úgy lép működésbe, hogy az elektromos gyullasztó vagy az elektromos detonátor izzószála felizzik. A vezérlő jel szerepét egy áramkör tölti be, mely célérintkezőből, tápforrásból és elektromos izzószálból áll.

Az adók működtetéséhez felhasznált külső erők szempontjából a következő csoportokat különböztetjük meg:

- *Reakciógyújtók*

Ezek az akadály reakciós erejét használják fel.

- *Tehetetlenségi gyújtók*

Ezek a bomba akadályba ütközésekor és a behatolás folyamatában fellépő tehetetlenségi erőt használják fel.

- *Reakció-tehetetlenségi gyújtók*

Ezek egyidejűleg használják a reakciós és a tehetetlenségi erőhatásokat is.

A bombákban való elhelyezkedésük szempontjából vannak:

- *Fejgyújtók*
- *Fenékgyújtók*
- *Oldalgyújtók*
- *Univerzális gyújtók*

Az indító szerkezet típusától függően léteznek:

- *Mechanikus indítószervezettel szerelt gyújtók*
- *Elektromos indítószervezettel szerelt gyújtók*
- *Vegyes típusú indítószervezettel szerelt gyújtók*

Működési idejüket tekintve vannak:

- *Pillanat működésű gyújtók* (ezek működési ideje a 0,001s-ot nem haladja meg)
- *Késleltetett működésű gyújtók* (működési idejük a másodperc töredékétől néhány percre terjedhet)
- *Nyújtott működési idejű gyújtók* (működési idejük a perctől egészen néhány napig terjedhet)

A késleltetett működésű gyújtóknál különböző működési időket lehet beállítani:

- *Rövid késleltetés* (másodperc századrészek)
- *Hosszú késleltetés* (tizedmásodpercek)
- *Csataoldás késleltetés* (néhány másodperctől néhány percre tarthat)

A bomba töltetének adott kezdőimpulzus formájától függően lehetnek:

- *Detonátorral szerelt gyújtók* (az ilyen gyújtó robbanóimpulzust közöl)
- *Gyullasztóval szerelt gyújtók* (az ilyen gyújtó tűzimpulzust közöl)[1][2]

5.2 Időzített gyújtók

Az időzített gyújtókban a vezérlőjel adóiként óraszerkezetek, vagy pirotechnikai késleltető művek szerepelnek. Ezekkel lehet beállítani a megfelelő késleltetési, működési időt. A beállított időnek megfelelően az idő eltelte után az óraszerkezetek iniciálják a bombák, lőszerkezetek töltetét. Az óraszerkezet indítása vagy a lövés (bombaoldás) pillanatában történik, vagy a röppálya meghatározott szakaszán (az élesítés pillanatában, a rakéta rávezetési rendszerének kikapcsolásának pillanatában). Azt az időt, mely alatt az időzített gyújtók működése végbemegy, az időzítés idejének nevezzük.

Az időzített gyújtók legfőbb tulajdonsága, amely meghatározza az alkalmazásukat a különböző lövés feltételek mellett, az óraszerkezet által kidolgozott időzítés idejének pontossága. A tényleges idő és a beállított idő közötti négyzetes eltérés közepes értéke meghatározza az időzített gyújtók pontosságát. Az óraszerkezet működési elvétől függően az időzített gyújtók lehetnek:

- Pirotechnikai
- Mechanikai
- Elektromos

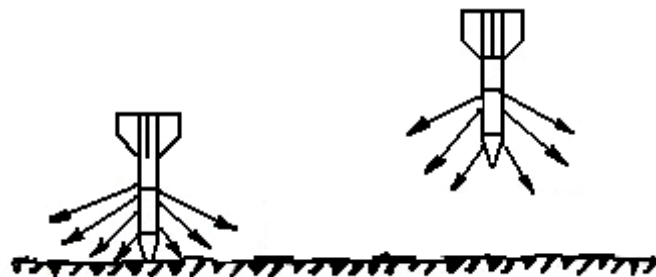
Napjainkban a pirotechnikai gyújtók gyakorlatilag ritkán kerülnek alkalmazásra, mivel legfőbb hátrányuk a működési idejük nagymértékű ingadozása, melyet nagymértékben befolyásolnak a meteorológiai viszonyok (főként a hőmérséklet és a nyomás), a pirotechnikai vegyületek készítésének technológiája, a gyújtó tárolásának ideje és körülménye.

Mechanikai időzített gyújtókat a légierről leggyakrabban bombarekeszekben, vagy speciális rendeltetésű bombáknál alkalmaznak. Mechanikai időzítő szerkezetet alkalmaznak a rakétagyújtókban távolsági élesítő szerkezetekként és önmegsemmisítő szerkezetként a rakéták közelségi gyújtóiban.

Az elektromos gyújtók esetében a működési pontosságot a kapcsolás elemeinek paraméterei, töltőfeszültség kiszámításának és beállításának pontossága határozza meg. A nem irányítható rakétákban alkalmazott időzített gyújtók időzítésének eltérése a beállított értéktől 3 %. [1][2]

5.3 Távolsági gyújtók

A távolsági gyújtókat leginkább a légibombákban alkalmazzák. Esetenként bombákban, tengeri aknáknak, torpedókban, lőfegyverek lövedékeiben és nem irányítható rakétákban is alkalmazást nyerhet. A hatásosság növelésének érdekében használják szélesebb körben a csapódó és az időzített gyújtók helyett. A rakéták földi lövészetkor vagy repesz-fugász bombák dobásakor a távolsági gyújtó a csapódó gyújtókhoz viszonyítva lehetővé teszik a repesz racionálisabb felhasználását és megnöveli a megsemmisítési felületet. A csapódó gyújtók esetében a repeszek egy része hatástalanul vész el behatolva a becsapódási pontot körülvevő közegbe, viszont ha a robbanás a föld felszínétől bizonyos távolságra történik, akkor ezek a repeszek a többi repesszel együtt felülről csapódnak a közegre, ezáltal megsemmisítve a célt azon a felületen, amelyik a robbanási pont alatt terül el.



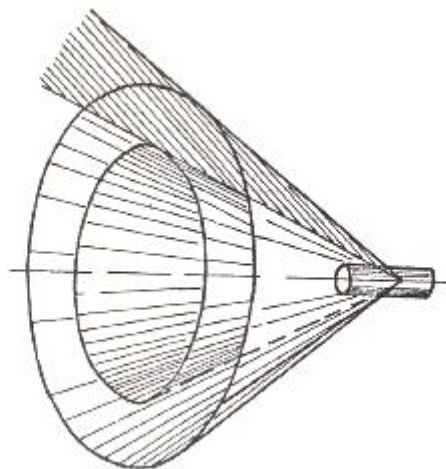
5. ábra Repeszek szétrepülése csapódó és távolsági gyújtó esetében[1]

A robbanási magasság növelésével nő az összfelület, amelyre a repeszek hullanak. Ezzel azonban nem nő határtalanul a megsemmisítési felület mivel a robbanási magasság növelésével csökken a repeszek sűrűsége a felszínen. Ebből az okból létezik egy optimális robbanási magasság, amikor a legnagyobb a megsemmisítési felület. [1][2]

5.4 Közelségi gyújtók

A közelségi gyújtók működési parancsadói általános esetben a céladót és a parancskialakító fokozatot foglalják magukba. A céladó mivel a céllal vagy a föld felületével nincs érintkezésben, elektromos jelet hoz létre, ez az elektromos jel a gyújtó típusától függően lehet egyetlen impulzus, vagy időben egy meghatározott törvény szerint változó feszültség is.

A lövészet hatásosságát legnagyobb mértékben rakéta-légilövészetkor befolyásolja a közelségi gyújtó. Mivel a közvetlen célbacsapódás valószínűsége légilövészet esetén igen kicsi, a légiharc rakétákban közelségi hatású harci részeket alkalmaznak, melyek mind közvetlen becsapódáskor mind a céltől meghatározott távolságban történő robbanás esetén képesek megsemmisíteni a célt. Az ilyen jellegű harci részek legjellemzőbb példája a repeszhatású harci rész, melynél meghatározott a repeszek repülési iránya. A repeszek repülésének területe általában két kúpos felszínnel adható meg.



6. ábra A repeszek szétrepülésének térbeli területe [1]

A harci rész tömegközéppontja a kúpok csúcspontjában van. A repeszek repülésének képei hegyesszögű szektorok, melyek szélessége $10-20^\circ$ bármelyik irányú síkban, amelyik a rakéta hossz tengelyén megy keresztül. A repesz hatású harci rész ezen sajátossága nagyfokú pontosságot tételez fel. A cél és a rakéta meghatározott, kölcsönös helyzetében kell felrobbannia a harci résznek annak érdekében, hogy az irányított repeszek célba találjanak.

A közelségi gyújtó indító impulzusát a cél vagy a célt körülvevő közeg szolgáltatja. A repülőgép a repülés során tápforrása lehet a hangrezgéseknek, az infravörös sugárzástól az ultraibolya sugarak elektromágneses energiájáig, ezen kívül a repülőgépek általában visszaverik a rádióhullámokat. A lövedék és a cél kölcsönös helyzete értékelhető lesz, ha ismerjük a cél vagy a cél körüli tér energia mennyiségének és minőségének eloszlását. Ez az, amit a közelségi gyújtók esetében működési alapelvnek hívunk.

A közelségi gyújtók által felhasznált energia származásától függően létezik:

→ *Passzív közelségi gyújtó*

Ez a cél által kisugárzott energiát használja fel.

→ *Aktív közelségi gyújtó*

Ezek saját maguk által kibocsátott, majd a repülőgépről visszaverődött energiát használják fel a robbanási pillanat meghatározására.

→ *Félaktív közelségi gyújtó*

Ugyanúgy, mint az aktív gyújtók a kisugárzott és a célról visszaverődött energiát használják, azzal a különbséggel, hogy nem rendelkeznek energiakisugárzó képességgel. Ebben az esetben a cél sugárzását a földről vagy a repülőgépről végzik.

A közelségi gyújtó működésére különböző fajtájú energiát lehet felhasználni:

- Elektromos tér
- Mágneses mező
- Elektromágneses mező
- Hangfrekvenciás rezgés
- Atommag radioaktív energia
- Stb.

A felhasznált energia fajtája határozza meg a gyújtó típusát. Ez nem más, mint a közelségi gyújtók osztályozásának alapelve.

A közelségi gyújtókat a következőképpen oszthatjuk fel:

→ *Elektrosztatikus közelségi gyújtó*

Az elektromos tér energiáját használja fel.

→ *Mágneses közelségi gyújtó*

A mágneses mező energiáját használja fel.

→ *Rádiógyújtók*

A rádióhullámok elektromágneses energiáját használják fel.

→ *Optikai közelségi gyújtók*

Az infravörös sugaraktól az ultraibolya sugarakig terjedő elektromágneses energiát használja fel.

→ *Akusztikai közelségi gyújtó*

A hangrezgés energiáit használják fel.

→ *Hidrodinamikai közelségi gyújtó*

A hajók mozgásakor keletkezett vízhullámok energiáját használja fel.

→ *Vibrációs közelségi gyújtó*

A talaj rezgésének energiáját használják fel, melyet előidézhethet tankok, vonatok vagy más harci technika mozgása.

Azoknak a közelségi gyújtóknak a működési elve, melyek a cél környezetének a hatására működnek, azon alapul, hogy a föld felszínén függőleges irányban a közeg nyomása meghatározott törvényszerűséggel változik. Az ilyen elven működő gyújtókhoz sorolhatók a barometrikus és a hidrosztatikus gyújtók is.

5.4.1 A közelségi gyújtók szerkezeti sajátosságai és jellegzetességük

A közelségi gyújtók az adók szerkezeti felépítésében különböznek a többi típusú gyújtóktól. A közelségi gyújtó adója vezérlő jelet úgy állítja elő a robbanásra, hogy közvetlenül nincs érintkezésben a céllal.

Az aktív típusú közelségi gyújtók adó-vevő berendezéssel rendelkeznek, amely valamilyen saját energiaforrással előállított energiát sugároz a cél felé, amely sugárzás visszaverődik és ezt a visszavert energiát fogja fel, majd vezérlő jellé alakítja.

Az olyan gyűjtőket, amelyek a cél által kisugárzott energiát fogják fel passzív típusú közelségi gyűjtőknak hívjuk, melyek céladójaként a vevőberendezés szolgál, amely veszi a cél által kisugárzott energiát és ezt munkajellé alakítja.

Félaktív gyűjtőnek nevezzük azokat a közelségi gyűjtőket, amelyek a repülőgépről vagy a földről kisugárzott és a célról visszaverődött energiát használják fel.

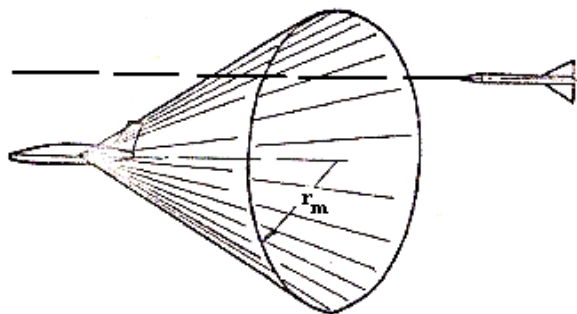
A közelségi gyűjtők az adón kívül szintén tartalmazznak gyűjtőláncot, közelségi élesítő, biztosító és önmegsemmisítő szerkezetet, melyek működési elve megegyezik a mechanikai, elektromos és időzített és távolsági gyűjtőkben alkalmazott szerkezetekével, de a közelségi gyűjtőkben ezeket a szerkezeteket gyakran egyesítik, melyeket végrehajtó-biztosító szerkezetnek nevezünk. Ezt a berendezést szerkezetileg és az elvégzendő feladatuk szerint elektromechanikus gyűjtőnek is lehet tekinteni, melyet az adó jele működtet.

A közelségi gyűjtők legfontosabb jellemzői:

- Működési felület
- Működési magasság
- Működési pontosság
- Zavarérzékenység
- Megbízhatóság

Működési felület

Ez nem más, mint a lövedék és a cél kölcsönös helyzetének geometriai helye a gyűjtő működésének pillanatában. A lövedék minden egyes célhoz viszonyított röppályájának esetében a működési felület határozza meg annak a pontnak a közepes helyzetét, amely a lövedék helyzetét jellemzi a közelségi gyűjtő működésének pillanatában. Ezt a pontot a gyűjtő működési pontjának nevezzük.



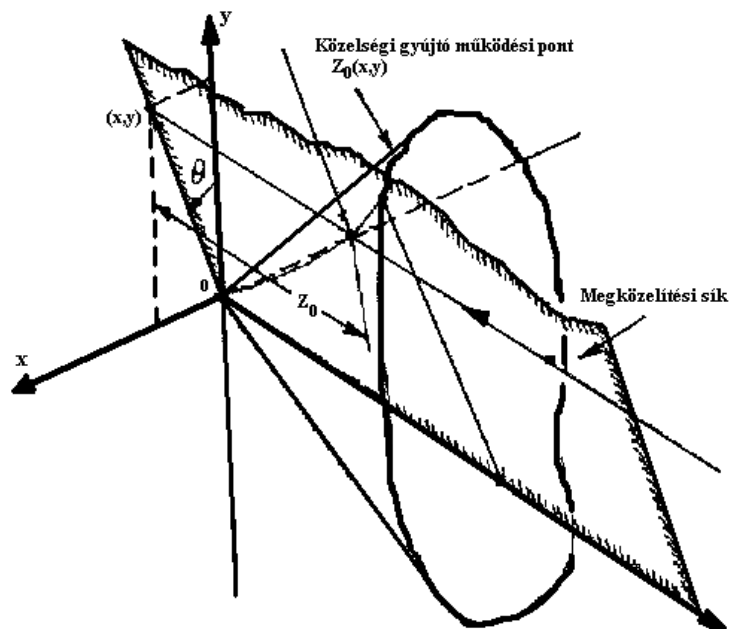
7. ábra A lövedék célhoz viszonyított röppályája[1]

A gyújtó működési felületének körvonala függ a gyújtó típusától, tulajdonságaitól és egyéb tényezőktől. A célhoz viszonyított helyzete a lövedék célközelítésének körülményeitől (például a megközelítés irányától, a lövedék relatív sebességétől, a gyújtó jellegétől, a cél típusától, a gyújtó és a cél megközelítésének feltételeitől stb.) függ. Amikor a gyújtó a céllal kölcsönhatásba kerül melynek mérete véges (például a repülőgép hossza), a működési felület nagyságát a lövedék bizonyos nagyságú céltévesztése (r_m) korlátozza, melyet a közelségi gyújtó működési felületének nevezünk. Földi lövészet esetében, amikor a gyújtó a föld felszínével kerül kapcsolatba, a lövedék helyzetét a célhoz viszonyítva a robbanás pillanatában a gyújtó működésének magassága határozza meg.

A működési felület egyenletét általános formában a következőképpen lehet felírni:

$$Z_0(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} Z\varphi(Z|x, y)dz \quad (1)$$

Ahol: $\varphi(Z|x, y)$ - a közelségi gyújtó működési pontja a z koordináta szórásának törvényszerűsége



8. ábra A közelségi gyújtó működési felülete[1]

Mivel a közelségi gyújtók adóinak érzékenysége egy bizonyos határértékkel rendelkezik a működési felület méreteit a rakéta és a cél bármely megközelítési síkjában (abban a síkban, amely magába foglalja a rakéta röppályáját és a z tengelyt)

lehatárolja egy bizonyos $r_m(\Theta)$ rakéta céltévesztési határérték, amelynek Θ szög határozza meg a nagyságát általános esetben, amely szög egyben meghatározza a megközelítési sík helyzetét is. Olyan mértékű céltévesztések esetén, amelyek meghaladják az $r_m(\Theta)$ értéket a közelségi gyújtó nem fog működni, mert a munkajel intenzitása ekkor alacsonyabb az érzékenységi küszöbnél, amellyel a gyújtó rendelkezik. Az $r_m(\Theta)$ értéket a közelségi gyújtó működési sugarának nevezzük.

A közelségi gyújtók közepes működési sugarát a következő egyenlettel adhatjuk meg:

$$r_m = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} r_m(\Theta) d\Theta \quad (2)$$

Működési magasság

A közelségi gyújtó működési felületeként egy sík szolgál, amely működési sík párhuzamos a föld felszínével. Általános esetben a működési magasságot a közelségi gyújtó paramétereit, a megközelítés feltételeit (sebesség, célbacsapódási szög) és a célakadály típusa határozza meg, amellyel a gyújtó kapcsolatba kerül. A tényleges működési magasság véletlen érték.

Működési pontosság

A gyújtó pontossága meghatározza a közelségi gyújtó tényleges működési pontjainak lehetséges eltérését a működési felülettől. A közelségi gyújtó működési pontjainak szórás oka lehet:

- A működési parancsadóba beépített különböző elemek gyártásából eredő konstrukciós hiba
- Tápfeszültség ingadozása
- Az adó és a cél együttműködésének véletlenszerűsége, stb.

A közelségi gyújtó működési pontosságának számszerű jellemzője σ_z működési pontok közepes négyzetes eltéréseinek nagysága a működési felülethez viszonyítva. A közelségi gyújtók pontosságukat tekintve messze meghaladják az időzíthető gyújtókat. A közepes négyzetes eltérés értéke néhány méterben mérhető.

Zavarérzékletlenség

Ez a közelségi gyújtók azon tulajdonsága, amely meghatározza, hogy a gyújtó mennyire nem lép működésbe hamis, zavaró jelek hatására. A közelségi gyújtók legfőbb hibája, hogy a csapódó és időzített gyújtókhöz viszonyítva különböző zavarok hatásának vannak kitéve. Léteznek természetes és mesterséges zavarok,

melyek negatív hatással vannak a közelségi gyűjtők működésére (nem a megfelelő pillanatban történő működésbelépés).

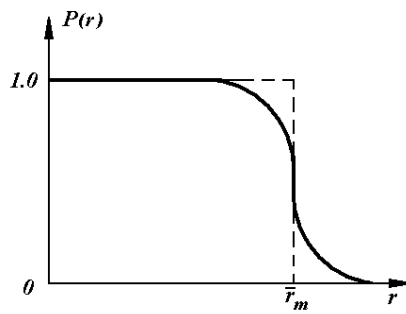
Természetes zavarokként szolgálnak a rádiótechnikai alkatrészek által létrehozott hő és vibrációs zajok, a tápforrás által keltett zajok, vagy akár az időjárási viszonyok (felhő, eső, hó, köd, stb.).

Mesterséges zavarok az ellenség által létrehozott speciális zavarjelek, melyek előidézik a közelségi gyűjtőknek a támadott objektumtól veszélytelen távolságra történő idő előtti felrobbantását. A mesterséges zavarok fajtája a közelségi gyűjtő típusától függ.

Megbízhatóság

Ezt a sajátosságot a zavartalan működésük valószínűségével lehet értékelni. A megbízható működést a biztonságos működés valószínűségének, a működés közbeni meghibásodás valószínűségének és az idő előtti működés valószínűségének nagysága határozza meg. A meghibásodás okai lehetnek a élesítő szerkezetek, a biztosító szerkezetek, az elektronikus és félvezető műszerek alkatrészeinek meghibásodása, az ellenállások kiégése, a kondenzátorok átütése, stb. Az idő előtti működést feszültségugrások idézhetik elő (amik előfordulhatnak az elektromos kapcsolásokban), a hibás áramkör bekapcsolásának pillanatában, vagy az elektromos kapcsolat meghatározott elemeinek váratlan meghibásodása esetén. Az elektromos kapcsolásokban a meghibásodások előfordulhatnak a tárolás folyamán, a repülőgép harcfelelő körzetében történő útvonalrepülésekor vagy a rakétaindítás végrehajtása után. A röppályán történő idő előtti működésbe lépés történhet a hő vagy a vibrációs zajok, esetenként a tápáramforrás által keltett zajok miatt. A repülés közben fellépő vibrációs túlterhelések vagy a rakétahajtómű működése, esetleg a rakétatestben elhelyezkedő, gyűjtő közelébe beépített alkatrészek elmozdulása (például a kormánygépek, elektromos generátor) idézhet elő vibrációs zajokat.

A működés közbeni meghibásodás bekövetkezhet a túl gyenge vezérlőjel miatt. Az ilyen meghibásodás mértékének valószínűsége a rakéta céltévesztésétől is függ, melynek növekedésével a meghibásodás egytől nullára fog csökkenni.



9. ábra A meghibásodás csökkenése[1]

Ha ismerjük a $P(r)$ függvényt, ki tudjuk számítani a valószínűség szerinti közepes működési sugarát a közelségi gyűjtőnek a következőképpen:

$$r_m = \int_0^{\infty} P(r) dr \quad (3)$$

A lövés hatékonyságának értékelése:

$$P(r) = \begin{cases} 1, ha : 0 \leq r \leq \overline{r}_m \\ 0, ha : r > \overline{r}_m \end{cases} \quad (4)$$

A közelségi gyűjtők kisebb biztonsággal működnek, mint a többi típusú gyűjtő, aminek oka, hogy a közelségi gyűjtők nagyszámú elektronikai alkatrészt és rádióelektronikai műszert tartalmaznak, amelyek kisebb biztonsággal működnek, mint a mechanikus szerkezetek.

A közelségi gyűjtők közül leggyakrabban a rádiógyűjtőket és az optikai gyűjtőket használják, melyek közül szakdolgozatomban elsősorban a rádiógyűjtőkkel foglalkozik. [1][2][3]

6. RÁDIÓGYÚJTÓK

A rádiógyűjtők működése a rádióhullámok tartományában levő elektromágneses energia felhasználására épül, melynek segítségével meghatározzák a gyűjtő működési pillanatát.

A rádiógyűjtők rendeltetése, és a velük szemben támasztott követelmények megegyeznek a gyűjtők általános leírásában foglaltakkal.

A repülő löszereknél a legelterjedtebbek az aktív típusú rádiógyűjtők, melyek saját rádióhullám-adóval rendelkeznek. Emellett alkalmazást nyertek még a félaktív és a passzív típusú rádiógyűjtők, melyeket általában földön telepített rádiólokátor állomások ellen alkalmaznak, de használják légiharc rakétákban is.

A rádióberendezés működési elve alapján két típust különböztethetünk meg:

- Heterodin (szuperpoláló kapcsolás)
- Autodin (visszacsatolásos vevőkapcsolás)

A heterodin rádiógyűjtőkben az adónak két elkülönített csatornája van: az egyik kisugározza a rádióhullámokat, a másik pedig a visszavert hullámokat fogja fel. Az ilyen gyűjtők antennarendszere két vagy több antennából áll. Az egyik antenna (vagy antennacsoport) a kisugárzást végzi, a másik pedig a vételt biztosítja. A visszavert jel átalakítása a keverőben történik meg, ahová a heterodin feszültséget a kisugárzási teljesítmény egy része biztosítja.

A heterodin rendszerű rádiógyűjtő előnyei:

- A belső zajok jelentősen csökkennek a vevő bemenetén
- Növelhető a megbízhatóság
- Növelhető a hatósugár
- A működési távolság csak az adó teljesítményétől függ

Az autodin gyűjtőkben a kisugárzást és a vételt egyetlen egység végzi egy blokkban, amelyet adó-vevő berendezésnek nevezünk. Az egycsatornás autodin kapcsolású rádiógyűjtők egyetlen antennával vannak ellátva, amely az adó és a vevő antenna szerepét egyszerre tölti be. Az autodin kapcsolású rádiógyűjtők egyszerű szerkezeti felépítésűek, kis méretük miatt általában kis űrméretű rakétáknál alkalmazzák. Hátrányuk, hogy működési távolságuk korlátozott, míg a heterodin kapcsolás esetén, a vevő bemenetén lényegesen csökkenthető a belső zaj olyan

módon, hogy a vevőt leválasztjuk az adótól. Ez a lehetőség a biztonságos működés vagy a hatósugár növelésére felhasználható. A rádiógyújtók hatótávolságát az adó teljesítménye határozza meg. [1][2]

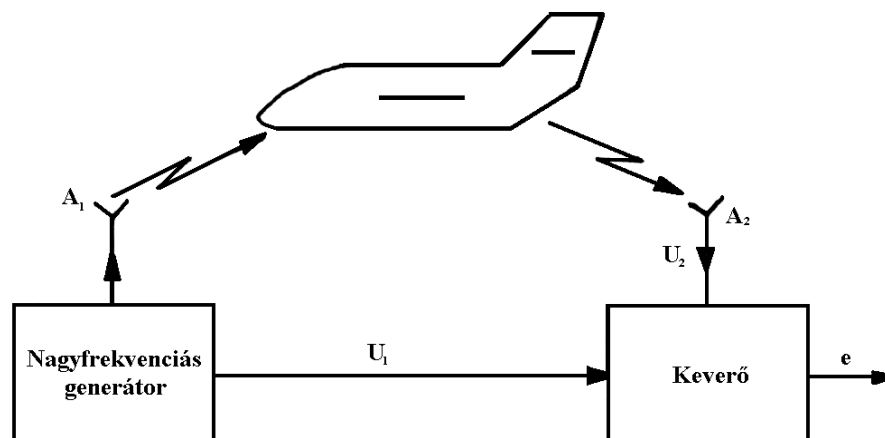
6.1 A rádiógyújtók fajtái

A rádiógyújtókat működési elvük alapján a következőképpen csoportosíthatjuk:

- Doppler rádiógyújtó
- Frekvencia-modulált (FM) rádiógyújtó
- Impulzus rádiógyújtó
- Impulzus-Doppler rádiógyújtó

6.1.1 Doppler rádiógyújtó

Doppler-rádiógyújtóknak nevezzük azokat a rádiógyújtókat, amelyek a vezérlő jel kiválasztásához a Doppler-elvet használják fel. A Doppler-rádiógyújtók sajátossága abban áll, hogy ezek adója folyamatos üzemmódban nagyfrekvenciás jeleket bocsát ki állandó amplitúdóval és frekvenciával



10. ábra A rádiógyújtó elvi működése[3]

Az adó nagyfrekvenciás generátora állandó amplitúdójú nagyfrekvenciás jeleket állít elő, amelyet az A_1 antenna sugároz ki, és ezzel egyidejűleg a keverőbe is eljut (U_1). A kisugárzott jel a célt elérve arról visszaverődik és a visszaút megtétele után ezt a jelet az A_2 antenna érzékeli. Ez a vevőantennában feszültséget indukál, ami szintén a keverőbe kerül (U_2). Tehát amikor a cél a rádiógyújtó kisugárzási

zónájába ér a keverőben két jel fog megjelenni: U_1 , amely a generátorról érkezik, és U_2 , amely a célról verődik vissza. A két jel amplitúdóban és fázisban különbözik egymástól, ugyanis a rádióhullámok szóródása miatt a visszavert jel lényegesen kisebb lesz, az amplitúdó pedig függ a céltávolságtól is. A visszavert jel fázisban a kisugárzott jelhez képest τ idővel késik, amely késési idő a rádióhullámok célig eljutásának és visszaérkezésének összideje. A keverő a két jelet összegzi, majd a kimenetén megjelenik a gyújtót vezérlő jel (e).

$$\text{A generátorról érkező jel: } u_1 = U_{1m} \cos \omega_1 t \quad (5)$$

$$\text{A visszavert jel: } u_2 = U_{2m} \cos \omega_1 (t - \tau) \quad (6)$$

Ahol U_{1m} – jelamplitúdó

ω_1 – a jel körfrekvenciája

$$\tau = \frac{2D}{c} \quad (7)$$

D – a céltávolság

c – a rádióhullámok terjedési sebessége, mely 300.000 km/s

A keverő kimenőjele:

$$u = u_1 + u_2 = U_{1m} \cos \omega_1 t + U_{2m} \cos \omega_1 (t - \tau) = (U_{1m} + U_{2m} \cos \omega_1 \tau) \cos \omega_1 t + U_{2m} \sin \omega_1 \tau \sin \omega_1 t \quad (8)$$

A következő jelöléseket bevezetve:

$$A = U_{1m} + U_{2m} \cos \omega_1 \tau \quad (9)$$

$$B = U_{2m} \sin \omega_1 \tau \quad (10)$$

$$\cos \Psi = \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}} \quad (11)$$

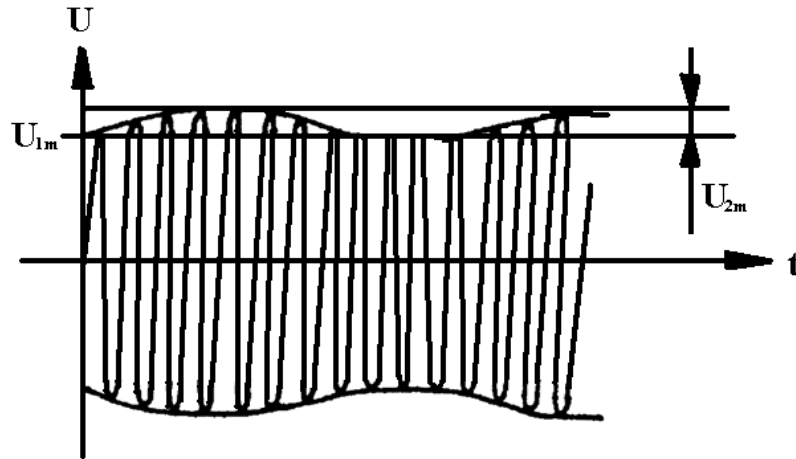
$$\sin \Psi = \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}} \quad (12)$$

$$\text{Majd ezeket behelyettesítve az } u = \sqrt{A^2 + B^2} \cos(\omega_1 t - \Psi) \quad (13)$$

egyenletbe, az egyszerűsítések elvégzése után a keverő eredő jelére a következő összefüggést kapjuk:

$$u = U_{1m} \left(1 + \frac{U_{2m}}{U_{1m}} \cos \omega_1 \tau \right) \cos(\omega_1 t - \Psi) \quad (14)$$

A keverő eredő jele egy nagyfrekvenciás feszültség, amely a $\cos \omega_1 \tau$ harmonikus függvény szerint amplitúdó modulált. Ennek a feszültségnek a burkológörbéje kiválik a keverő kimenetén, és ez lesz a gyújtó vezérlőjele.



11. ábra A rádiógyújtó vezérlőjele[3]

A gyújtó vezérlőjele: $e = E \cos \omega_1 \tau$ (15)

Ahol: $E = k_c U_{2m}$ – a vezérlőjel amplitúdója (16)

k_c – a keverő paramétereitől függő állandó

A vezérlőjel frekvenciája nem más, mint a visszavert és a kisugárzott jelek frekvenciájának különbsége.

$$\Omega = \omega_2 - \omega_1 \quad (17)$$

$$\omega_2 = \frac{d}{dt} [\omega_1(t - \tau)] = \omega_1 - \omega_1 \frac{d\tau}{dt} \quad (18)$$

$$\tau = \frac{2D}{c}$$

$$\omega_2 = \omega_1 - \frac{2\omega_1}{c} \frac{dD}{dt} \quad (19)$$

$$\Omega = \frac{2\omega_1}{c} \left| \frac{dD}{dt} \right| \quad (20)$$

Ahol $\frac{dD}{dt}$ – relatív közeledési sebesség

Ω – Doppler frekvencia

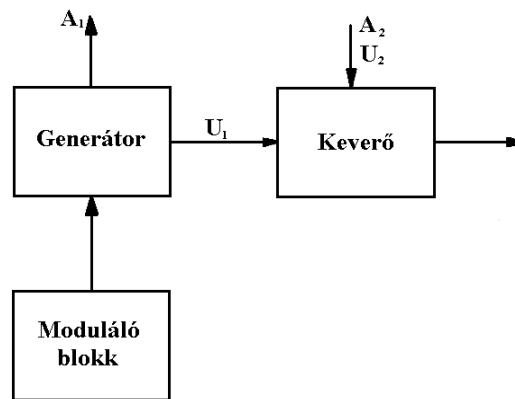
Ha $\frac{dD}{dt} < 0$, akkor $\Omega > 0$, míg ellenkező esetben, ha $\frac{dD}{dt} > 0$, akkor $\Omega < 0$.

Ez azt jelenti, hogy célközéltetés esetén a visszavert jel frekvenciája Ω -val több a kisugárzott jel frekvenciájától, a céltól való távolodáskor ugyanezen értékkel kevesebb. Ez a frekvenciaváltozás határozza meg a gyújtó működését, ezért kapta az eszköz a Doppler-rádiógyújtó elnevezést.

Az eddigiekben a heterodin rendszerű rádiógyújtókkal foglalkoztunk. Autodin rendszer esetében a vezérlőjel kiválasztása az adó üzemmódjának változtatásával történik a visszavert jel segítségével. A visszavert jel amplitúdó modulálja a kisugárzó elektromágneses hullámát $\cos \omega_1 \tau$ törvényszerűséggel.[1][2][3]

6.1.2 Frekvencia-modulált rádiógyújtó

Frekvencia-modulált rádiógyújtóknak nevezzük azokat a folytonos kisugárzású rádiógyújtókat, melyek rádióhulláma frekvenciamodulált. Ezeknek a szerkezete sokkal bonyolultabb a Doppler-rádiógyújtókénál. A generátor jelének frekvenciamodulálásához egy speciális moduláló blokkra van szükség.



12. ábra A frekvencia-modulált rádiógyújtó blokkvázlata[3]

A gyújtó működésének magyarázatához a frekvenciák magyarázata szükséges.

$$\text{A kisugárzott jel: } u_1 = U_{1m} \cos \varphi_1 \quad (21)$$

$$\text{A visszavert jel: } u_2 = U_{2m} \cos \varphi_2 \quad (22)$$

A jelek fázisai:

$$\varphi_1 = \int_0^t \omega_1(x) dx \quad (23)$$

$$\varphi_2 = \int_0^{t-\tau} \omega_1(x) dx \quad (24)$$

Vagyis a visszavert jel τ -val késik.

A visszavert jel frekvenciája a következőképpen írható fel:

$$\omega_2 = \frac{d\varphi_2}{dt} = \left(1 - \frac{d\tau}{dt}\right) \omega_1(t - \tau) \quad (25)$$

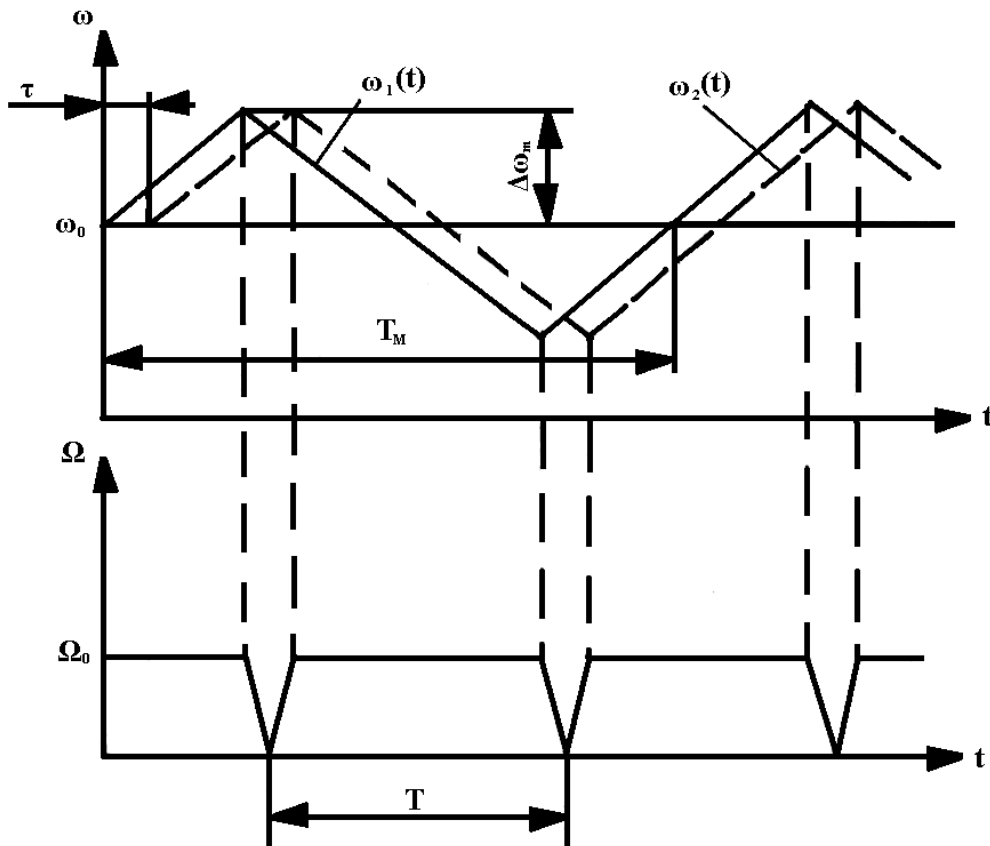
A keverő állítja elő a gyújtó vezérlőjelét, amely Ω frekvenciával jelenik meg a kimenetén:

$$\Omega = |\omega_2 - \omega_1| = \left| \omega_1(t - \tau) - \omega_1(t) - \frac{d\tau}{dt} \omega_1(t - \tau) \right| \quad (26)$$

Azért szükséges abszolút értékbe tenni az egyenlet jobb oldalát, mert a frekvencia minden esetben pozitív mennyiség. Az összefüggés egyik összetevője a visszavert jel késéséből, a másik pedig a Doppler jelenségből adódik.

Az összetevők közti összefüggés a modulációk paramétereitől függ, úgy mint modulációs periódusidejétől (T_M) és a frekvencia maximális eltérésétől ($\Delta\omega_m$).

Ha a kifejezés Doppler-összetevőjét elhanyagolhatónak tekintjük, akkor a vezérlőjel kiválasztását az következő ábra mutatja:



13. ábra A vezérlőjel kiválasztása[3]

A könnyebb ábrázolhatóság érdekében a szinuszos frekvenciaváltozást háromszögrezgés-függvénnyel helyettesítjük. A felső diagramon a generátor frekvenciaváltozása folyamatos vonallal látható, míg a visszavert jel frekvenciaváltozását a szaggatott vonal jelzi a Doppler-jelenség figyelembevétele nélkül. Az alsó diagram a vezérlőjel frekvenciaváltozását mutatja. Ezt a frekvenciaváltozást a felső diagram határozza meg. A vezérlőjel frekvenciaváltozásának periódusideje megegyezik a generátor frekvencia-modulációjának fél periódusidejével.

$$T = \frac{T_M}{2} \quad (27)$$

A vezérlőjel erősítője nem az Ω pillanatértékére, hanem a közepes értékére reagál. A különbségi frekvencia középértéke ($\bar{\Omega}$) egyenlő az Ω_m -mel, ebben az esetben:

$$0 \div t_1 \quad (\bar{\Omega}) = \Omega_m, \text{ vagyis } \omega_1(t) = \omega_0 + t \cdot \text{tg } \alpha, \text{ ahol } \text{tg } \alpha = \frac{4\Delta\omega_m}{T_m}$$

$$\Omega_m = |\omega_2(t) - \omega_1(t)| = |\omega_1(t - \tau) - \omega_1(t)| = \frac{4\Delta\omega_m}{T_M} \tau \quad (28)$$

$$\text{A (7) számú egyenletet behelyettesítve: } \Omega_m = \frac{8\Delta\omega_m}{cT_M} D \quad (29)$$

Tehát a vezérlőjel frekvenciája arányos a céltávolsággal (célközelítés esetén a vezérlőjel frekvenciája csökken).

Az eddig magyarázott részben a Doppler-frekvenciát elhanyagoltuk. Ha ezt figyelembe vesszük, akkor a Ω frekvencia Doppler-összetevője:

$$\Omega_D = \left| \frac{d\tau}{dt} \omega_1(t - \tau) \right| \quad (30)$$

$$\text{Mivel } \omega_m \ll \omega_0, \text{ ezért igaz, hogy } \Omega_D = \left| \frac{d\tau}{dt} \omega_0 \right|$$

A Doppler-frekvencia hatása a visszavert jel eltolásában jelentkezik a függőleges tengely mentén. Ha a lövedék közelít a célhoz ($\Omega_D > 0$), a görbe felfelé tolódik el, ellenkező esetben pedig lefelé mozdul. Ez az elmozdulás káros a működésre, ha a céltávolságot a különbségi frekvencia alapján akarjuk. A moduláció paramétereinek helyes megválasztásával a Doppler jelenség káros hatása kiküszöbölhető.

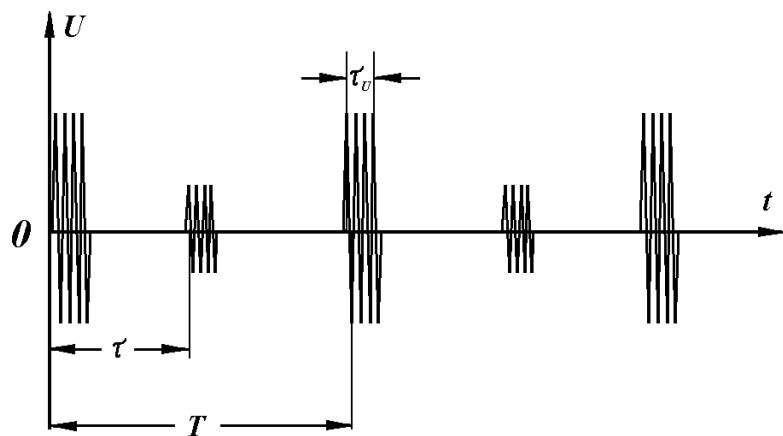
$$\frac{8\Delta\omega_m}{cT_M} D \gg \Omega_D \quad (31)$$

A frekvencia-modulált rádiógyújtó előnye a mestersége zavarokkal szembeni zavarérzékletlensége. Hátránya viszont, hogy a kisugárzott elektromágneses hullám amplitúdó-modulált. Ez a frekvencia-moduláció során elkerülhetetlen. Emiatt a vezérlőjel kimenetén egy hamis vezérlőjel fog megjelenni, amely a gyújtó idő előtti működéséhez vezethet. Ez a hátrány úgynevezett balansz-gyújtó alkalmazásával kiküszöbölhető. [2][3]

6.1.3 Impulzus rádiógyújtó

Az impulzus rádiógyújtók működési elve nagyban hasonlít az olyan lokátorállomások működési elvéhez, melyeket különböző objektumok távolságának meghatározására alkalmaznak.

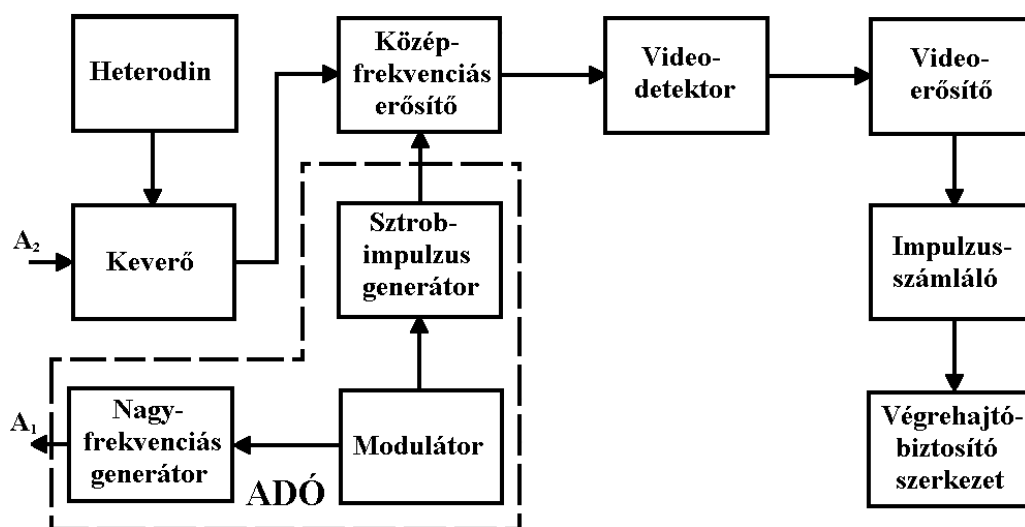
Az impulzus rádiógyújtó adója, nagy teljesítményű rezgéseket sugároz ki négyszögimpulzusok formájában.



14. ábra Az adó által kibocsátott rezgések [3]

Az impulzusok hosszúsága (τ_i) meghatározott és egymást követik T periódusidővel. A célról visszaverődő impulzusok a vevőkészülékbe τ időközéssel érkeznek. Az idő a céltávolsággal arányos. A gyújtó működését be lehet szabályozni, hogy a gyújtó akkor működik, amikor a rakéta meghatározott távolságra közelítette meg a célt, vagy akkor, amikor ez a távolság adott határok között van.

Az impulzus rádiógyújtók blokkvázlatát a 15. ábra mutatja.

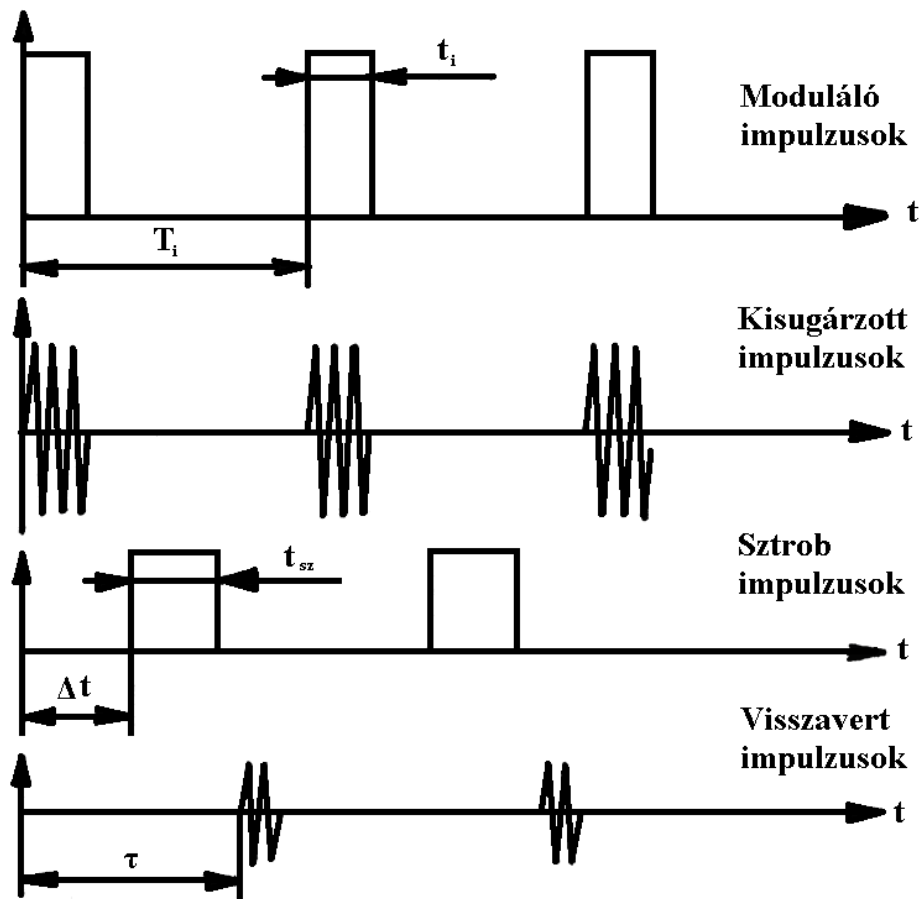


15. ábra Az impulzus rádiógyújtó blokkvázlata[3]

A modulátor adott hosszúságú (τ) és frekvenciájú (F) négyszögimpulzusokat alakít ki. Ezek az impulzusok modulálják a nagyfrekvenciás rezgéseket és irányítják a sztroboszkóp impulzus generátor működését.

A rádiógyújtó adója nagyfrekvenciás rezgéseket bocsát ki négyszögimpulzusok formájában, melyek a célról τ idővel késve érkeznek vissza a keverő bemenetére. Ez a késés a céltávolsággal arányos.

A sztroboszkóp impulzus generátor szintén négyszögjelet állít elő, melyek a moduláló impulzusok felfutó éléhez képest Δt idővel késleltetve vannak. A közép-frekvenciás erősítő egy pentóda, melynek egyik rácsára jut a sztrob-impulzus generátor jele, másakra pedig a visszavert jel. A sztrob-impulzusok közötti szünetben a pentóda zárt állapotban, és csak a sztrob-impulzusok jelenlétekor van nyitva. A moduláció frekvenciája miatt a visszavert jel két sztrob-impulzus szünetében érkezik az erősítőre, tehát a kimeneten nem lesz vezérlő jel. Mivel a célhoz közeledve a visszavert jelek késése (τ) csökken, egy idő után a visszavert jel és a sztrob-impulzus egybe fog esni. Ezt erősíti a középfrekvenciás erősítő, melynek kimenetén megjelenő vezérlőjelet egyenirányítjuk, majd erősítése után ez kerül a végrehajtó-biztosító szerkezetre.



16. ábra Az impulzus rádiógyújtó működése[3]

A zavarérzékenység növelése érdekében célszerű egy impulzusszámláló beépítése, amely a kimenetén a bemenetére kerülő impulzusok számával arányos feszültséget állít elő. Az impulzus rádiógyújtó egyik nagy hátránya, hogy a letapogató jel (kereső impulzus) beszivároghat a vevőbe, és ez a gyújtó idő előtti működéséhez vezethet, ha az impulzusok egybeesnek a sztrob-impulzusokkal, ezért az adó- és vevőantennát jól el kell különíteni egymástól.

Az átszivárgás hatását meg lehet szüntetni, ha a sztrob-impulzusok késleltetése (Δt) nagyobb, mint a kereső impulzusok hosszúsága (t_i). Ezesetben viszont légielővészlet esetén a gyújtó úgynevezett holt zónával fog rendelkezni. Ha $\Delta t = t_i$ akkor a holt zóna sugara:

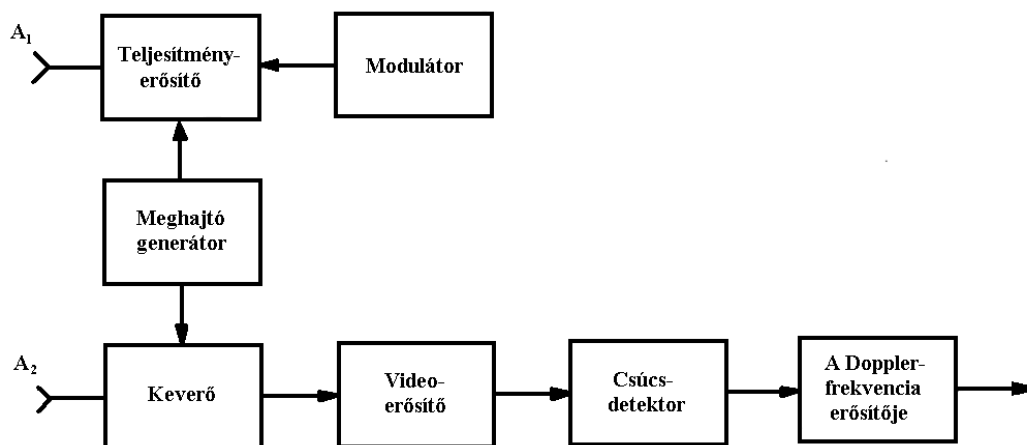
$$r_{\min} = \frac{c \cdot t_i}{2} \sin \varphi_0 \quad (32)$$

Az r_{\min} értékét a kereső impulzus hosszának csökkentésével lehet mérsékelni. Ezzel növelni tudjuk a zavarérzékenységet, mivel az impulzusok teljesítménye megnő, ami lehetővé teszi a vevő érzékenységének csökkentését.

A zavarérzékenység mellett az impulzus-rádiógyűjtő előnyeikhez tartozik a mesterséges zavarokkal szembeni megfelelő zavarvédelem és a távolság szerinti célkiválasztás (két cél közül a közelebbit választja ki). [1][3]

6.1.4 Impulzus-Doppler rádiógyűjtő

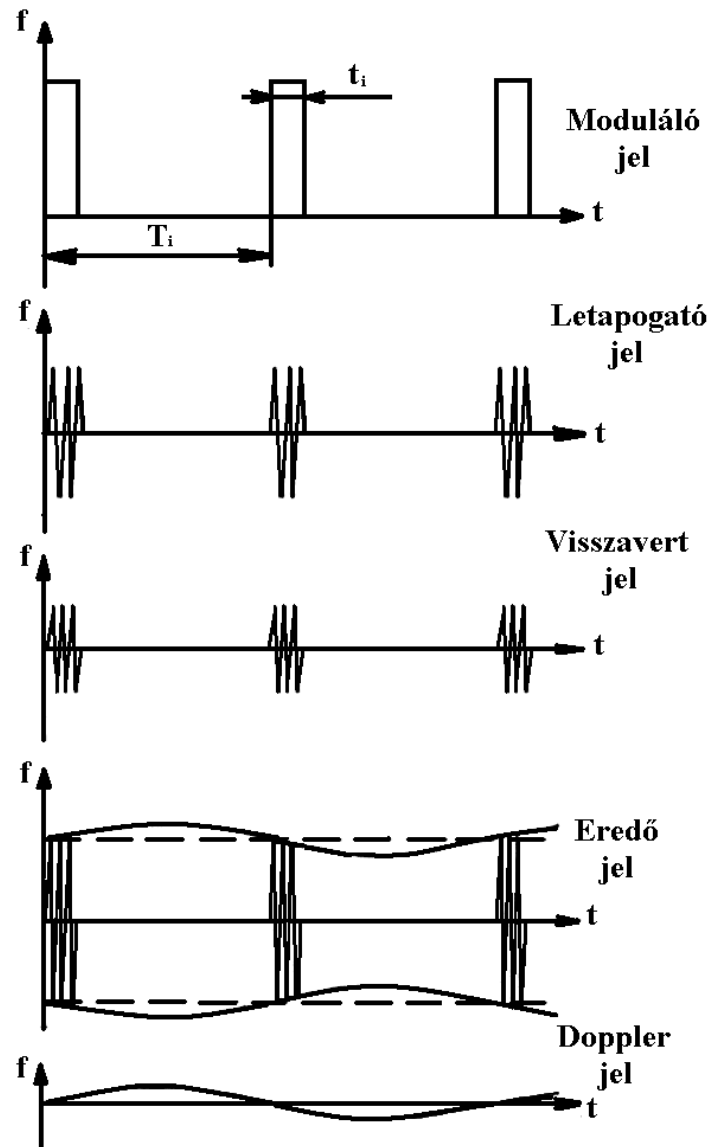
Az impulzus-Doppler rádiógyűjtőkben a vezérlőjel kidolgozására a mozgó célok kiválasztásának koherens-impulzus módszerét használjuk. A gyűjtő blokkvázlatát a következő ábra mutatja:



17. ábra Az impulzus-Doppler rádiógyűjtő blokkvázlata[3]

Az impulzus-Doppler rádiógyűjtő működése hasonlít az impulzus rádiógyűjtő működéséhez. A gyűjtő adója egy folytonos rezgésű meghajtó generátor, melynek rezgése a teljesítményerősítőre kerül. A teljesítményerősítőt a modulátor irányítja, amely a rezgéseket keverő impulzusokká alakítja. Ezeket a letapogató jeleket az A_1 antenna sugározza ki. A célról visszavert jelek a keverőben összegződnek a generátor feszültségével. A moduláló jelek hosszát úgy választják meg, hogy a céltól mért működési távolságon a visszavert jelek a letapogató jelekkel egy periódusban érkezzenek a vevőantennára. Ha ez a feltétel teljesül, akkor a visszavert jelek ráülnek, és az ezeket kitöltő nagyfrekvenciás jelek összegződnek. Ezt az eredő jelet hasznosítjuk a továbbiakban. A Doppler-jelenség hatására a visszavert jeleket kitöltő nagyfrekvenciás elektromágneses hullám eltolódott lesz a kisugárzott jel frekvenciájához képest, mégpedig

a Doppler-frekvenciával. Az összegzés következtében az eredő impulzus amplitúdója „beleng” a különbségi frekvenciával. Ezt az eredő jelet a csúcsdetektor átalakítja Doppler-frekvenciás szinuszos feszültséggé, amelyek ezután a végrehajtó-biztosító szerkezetet működteti. A vezérlőjel kiválasztását az ábra mutatja.



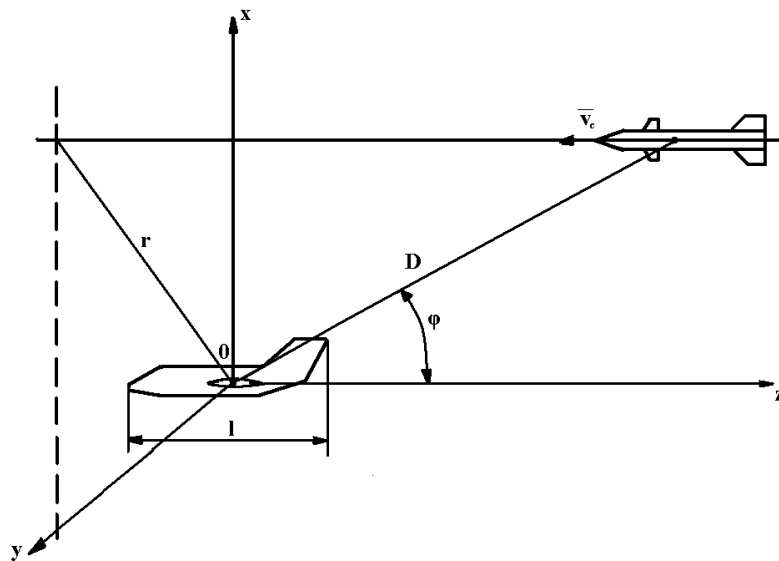
18. ábra A vezérlő jel kiválasztása[3]

Az impulzus-Doppler rádiógyűjtő legnagyobb előnye, hogy nem rendelkezik holt zónával, ezért nem kell nagyon rövid moduláló impulzusokat kidolgozni. [2][3]

7. A RÁDIÓGYÚJTÓK MŰKÖDÉSI FELÜLETE

A működési felület a rádiógyújtó egyik fő jellemzője. A működési felület nem más, mint a cél és a rakéta kölcsönös helyzetének geometriai helye, a gyújtó működésének pillanatában. A lövedék minden egyes célhoz viszonyított röppályájának esetében a működési felület meghatározza annak a pontnak a közepes helyzetét, amely jellemzi a rakéta helyzetét a célhoz viszonyítva a rádiógyújtó működésének pillanatában. Ezt a pontot a rádiógyújtó működési pontjának nevezzük.

A következőkben vizsgáljuk meg, hogyan kell megválasztani a rádiógyújtó iránykarakterisztikáját úgy, hogy a megsemmisítési valószínűség a legnagyobb legyen. Ehhez segítségül vesszük a következő ábrát.



19. ábra A rádiógyújtó iránykarakterisztikájának megválasztása[3]

Ebben az esetben a rakéta és a cél közelítése párhuzamos irányban történik. A cél középpontjába helyezzük a koordinátarendszer origóját. A z tengely iránya a $\overline{v_{lc}}$ rakéta viszonylagos sebességvektorának az irányával ellenkező irányba néz, az Oxy sík pedig merőleges a z tengelyre. Ezután meghatározzuk a rádiógyújtó működési felületének és az Orz közelítési sík metszési vonalát, tehát a működési felület nyomát ezen a síkon.

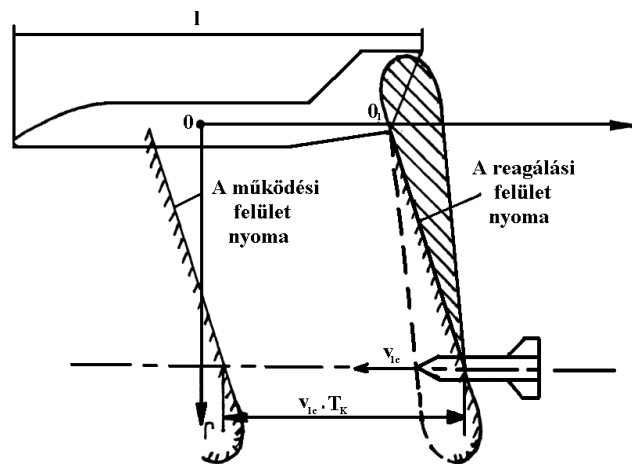
A legáltalánosabb esetben a működési felület nyomvonala egy n-ed fokú polinom formájában jelennek meg:

$$\text{ha } r_m \geq r$$

$$z_0(r) = a + br + cr^2 + \dots \quad (33)$$

- Ahol: a, b, c – állandó együtthatók
 r – a rakéta céltévesztése
 r_m – a rádiógyújtó működési sugara
 $Z_0(r)$ – a síkbeli görbe

A korszerű irányítható rakéták rádiógyújtói olyan antennával rendelkeznek, amelyek rendkívül keskeny az iránykarakterisztikája, és amelyek szélességét a gyújtó működési pont helyzetének meghatározásakor el lehet hanyagolni. Éppen ezért feltételezhetjük, hogy a rádiógyújtó elektromos kapcsolásában a vezérlő jel abban a pillanatban jelenik meg, amikor a rakétához a legközelebb eső és a cél legszélén elhelyezkedő pont a rakétáról φ_0 irányzási szög alatt látható olyan szög alatt, amelyet az antenna sugárzó (vevő) maximuma a rakéta hossz tengelyével bezár. Amennyiben a gyújtó tehetetlenség nélkül működik (abban a pillanatban működésbe lép, amikor a vezérlő jel beérkezik), úgy bármely $r \leq r_m$ rakéta céltévesztés esetén a gyújtó működési pontja azon az egyenes vonalon fog elhelyezkedni, amely egybeesik a cél legszélő pontját φ_0 szög alatt megírányzott irányzónalával.



20. ábra A működési felület nyomvonalá[3]

Az ábrán látható, hogy ennek az egyenesnek az egyenlete – a tehetetlenség nélkül működő rádiógyújtó működési felületének a nyomvonalá – és a következő képlet írható fel:

$$z_0(r) = a + br, \quad \text{ha } r_m \geq r.$$

Ahol $a = \frac{L}{2}$

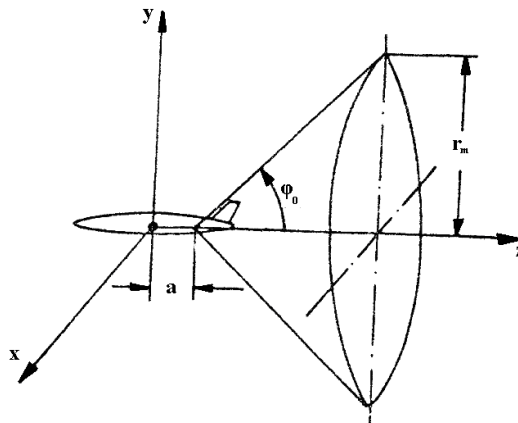
L – a cél hossza

$$b = ctg \varphi_0$$

Az olyan tehetetlenséggel rendelkező rádiógyújtóknál, amelyek T_z késleltetési idővel működnek a működési felület nyomvonala a rakéta mozgási irányához viszonyítva eltolódik egy $T_{zv_{lc}}$ értékkel, és ezért a működési felület nyomvonalának egyenletében az „a” tényező a következővel lesz egyenlő:

$$a = \frac{L}{2} - v_{lc} \cdot T_z \quad (34)$$

Ha a rakéta a céllal párhuzamos irányból közelít, a rádiógyújtó működési felületét megközelítőleg úgy lehet tekinteni, mint a működési felület nyomvonalának a z tengely körüli a megközelítési síkban elforgatott felületét. Egyenes nyomvonal esetén a rádiógyújtó működési felületeként egyenes vonalú kerek kúp fog szolgálni.



21. ábra A rádiógyújtó működési felületének képe[2]

Ennek a kúpnak a csúcsa a z tengelyen fog elhelyezkedni, és amely csúcs koordináta-pontja $z_0(0)$ -val egyenlő, a forgási kúp alkotója pedig a z tengellyel φ_0 szöget fog bezárni. A (34) képletből következik, hogy a tehetetlenségi rádiógyújtó működési felületének helyzete a rakéta viszonylagos sebességétől függ. Amennyiben a rakéta viszonylagos sebessége növekszik a működési felület a rakéta mozgási irányába, előre eltolódik. Meg kell említeni, hogy a működési felület csak a közepes, és nem a rádiógyújtó működési pontjának tényleges helyzetét határozza meg, amely véletlen érték. A rádiógyújtó működési pontjának szórását alapvetően két tényező befolyá-

solja, a cél hatásos visszaverő felületének ingadozása, és a gyújtóparaméterek instabilitása (a rádiógyújtó érzékenységének, a késleltetési időnek, az iránydiagram maximum helyzetének, a rádióhullámok hosszúságának változása). Ezen paraméterek instabilitása a gyújtó elektromos kapcsolásába beépített áramkörü elemek gyártási paramétereinek szórásától, valamint a tápfeszültség ingadozásától függ.

A cél hatásos visszaverő felületének ingadozását pedig az okozza, hogy maga a hatásos visszaverő felület gyakorlatilag a célfelületnek egyes elemeiből tevődik össze, és a célelemek orientációja a térben véletlen jelenség, amely viszont a dőlésszög, a bőlíntó szög és a legyező szög jelentéktelen változásából adódhat úgy a cél, mint a rakéta esetében. A visszaverő felület változásának másik oka még a célfelület vibrálása a repülés során.

Ily módon a rádiógyújtó működési felületét úgy kell tekintenünk, mint a működési pont z koordinátájának matematikai valószínűségét. A tényleges működési pont működési felülettől történő közepes, négyzetes eltérése néhány méter nagyságrendű. A lövészet hatékonyságának értékelésekor a rádiógyújtó működési pont szórását általában úgy tekintik, hogy az a normális szórási törvényszerűség szerint változik:

$$\varphi[Z|r] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} e^{-\frac{(z-z_0)^2}{2\sigma_z^2}} \quad (35)$$

Ahol: σ_z – a rádiógyújtó működési pontjának a működési felülethez viszonyított közepes négyzetes eltérése

$Z_0(t)$ – a működési felület egyenlete

A heterodin típusú rádiógyújtó működési sugarát megközelítőleg a rádiólokátor állomás hatótávolság képletének segítségével lehet értékelni:

$$D_m = \sqrt[4]{\frac{P_\Sigma \lambda^2 S_c G^2(\varphi_0)}{(4\pi)^3 P_{p_{\min}}}} \quad (36)$$

Ahol: P_Σ – a rádiógyújtó által kisugárzott teljes teljesítmény

λ – az adó hullámhossza

$G(\varphi_0)$ – az antenna irányított hatásának tényezője, a sugárzás maximum φ_0 irányába

$P_{p_{\min}}$ – a vevőérzékenység (az a minimális visszavert jelszint, amely a rádiógyújtó működéséhez szükséges)

S_c – a cél hatásos visszavert felülete

A rádiógyújtó hatósugara a maximális hatótávolsággal a következőképpen függ össze:

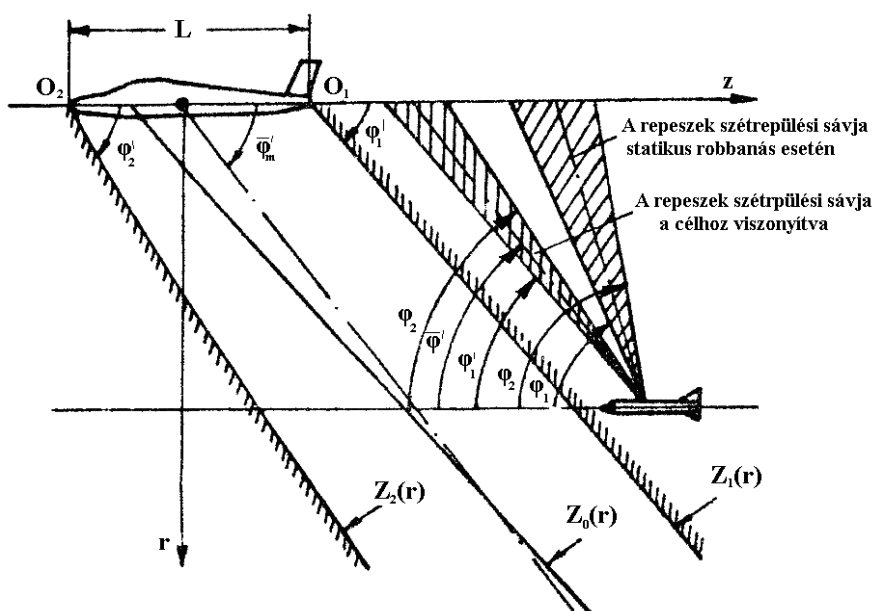
$$D_m = \sqrt{\frac{S\lambda G(\varphi_0)\sqrt{S_c}}{4\pi\sqrt{\pi}U_0}} \quad (37)$$

Ahol S – a rádiógyújtó adó-vevőberendezés rádiófrekvencia érzékenysége

U_0 – az alacsony frekvenciás egység érzékenysége [1][2][3]

8. A RÁDIÓGYÚJTÓ ÉS A HARCIRÉSZ MŰKÖDÉSI TARTOMÁNYÁNAK ÖSSZEEGYEZTETHETŐSÉGE

A légi célok ellen alkalmazott rádiógyújtóval szerelt rakétákkal végrehajtott lövészet hatékonysági mutatójának nagysága lényegesen függ attól, hogy a rádiógyújtó működési tartománya a célhoz viszonyítva milyen helyzetet foglal el.



22. ábra A rádiógyújtó működési tartománya [2]

Tételezzük fel, hogy a statikus robbanás során felrobbantott rakéta harci rész repeszek szétrepülési sávja φ_1 és φ_2 szögek által van megadva. Ennek a repeszek szétrepülési sávnak a helyzetét a célhoz viszonyítva, a képletnek megfelelően, a következő szögek fogják meghatározni:

$$\varphi_1' = \operatorname{arctg} \frac{\sin \varphi_1}{\cos \varphi_1 + \frac{v_{1c}}{v_0}} \quad (38)$$

$$\varphi_2' = \operatorname{arctg} \frac{\sin \varphi_2}{\cos \varphi_2 + \frac{v_{1c}}{v_0}} \quad (39)$$

Ahol v_0 – a repeszek szétrepülésének kezdősebessége statikus robbanás esetén.

A repeszek szétrepülésének iránya a célhoz viszonyítva, a rakéta tengelyével egy $\overline{\varphi}' = \frac{\varphi_1' + \varphi_2'}{2}$ szöget zár be. A cél O_1 és O_2 szélső pontjaiból φ_1' és φ_2' szögek alatt a z tengelyre egyenes vonalakat húzunk, melyek párhuzamosak a repesz szétrepülési sáv határával. Ezek az egyenesek a megközelítési síkon egy olyan területet határolnak le, mely területen belül a repeszek a célba találnak. Ha a robbanás nem ebben a tartományban történik, akkor a repeszek a cél mellett haladnak el. Az így meghatározott tartományt a veszélyes repeszek zónájának nevezzük. Ennek a zónának a helyzetét meghatározhatjuk a z tengelyhez viszonyítva $\overline{\varphi}'_m$ szöggel. φ_1' és φ_2' szögek értéke függ a harci rész értékeitől, φ_1 -től, φ_2 -től és v_0 -tól.

A cél megsemmisítésének valószínűsége egyenlő a rakéta berepülésének veszélyével a veszélyes repeszek zónájába.

A cél megsemmisítésének valószínűségi értéke, amikor a rakéta egy tetszőleges „r” céltévesztéssel repül el, arányos lesz annak valószínűségével, hogy a rádiógyújtó működése a veszélyes repeszek zónájában következik be. A rádiógyújtó működési valószínűségét a rakétának egy megadott „r” céltévesztéskor a veszélyes repeszek zónáján belül, a gyújtó és a veszélyes repesz zóna egyeztetési függvényének nevezzük:

$$S(r) = \int_{Z_2(r)}^{Z_1(r)} \varphi(Z|r) dZ \quad (40)$$

Ahol: $\varphi(Z|r)$ – a rádiógyújtó működési pontok szóródási törvénye a z tengely hosszában, „r” céltévesztés esetén

$Z_1(r), Z_2(r)$ – a veszélyes repeszek zónájának egyenlete

Az ábrából következik:

$$Z_1(r) = \frac{L}{2} r \cdot \text{ctg } \varphi_1' \quad (41)$$

$$Z_2(r) = \frac{L}{2} r \cdot \text{ctg } \varphi_2' \quad (42)$$

Az $S(r)$ függvény változás jellege az ábrán látható a kúpos működési felület alkotójának különböző helyzeteiben, amikor $L = 6\sigma_z$. Az alkotó dőlési szögétől és az alkotónak a cél középponthoz viszonyított helyzetétől függően az $S(r)$ függvény lehet változatlan, monoton emelkedhet vagy csökkenhet és maximális értéket vehet fel.

Amikor $L \geq 6\sigma_z$, a rádiógyújtó működési pont szórásstartománya egy szelvényt foglal el, amely egyenlő vagy kisebb, mint a cél hossza. Éppen ezért abban az esetben, ha a működési felület alkotója egybeesik a veszélyes repeszek zónájának középvonalával, úgy $S(r)=1$ minden r rakéta céltévesztés esetén. Amikor $L < 6\sigma_z$ és az $r=0$ $S(r) < 1$ és az 1 értékhez fog közeledni a céltévesztés növekedésének arányában.

Olyan optimális működési felületként, amely a legtokéletesebb egyeztetést biztosítja egy olyan kúp fog szolgálni, melynek alkotója egybeesik a veszélyes repeszek zónájának középvonalával. Az optimális felületet a következő paraméterek határozzák meg:

$$a = 0, \quad b = ctg \bar{\varphi}'$$

Azzal összefüggésben, hogy a veszélyes repeszek zónájának középvonala és a kúp csúcsának helyzete a cél középpontjához viszonyítva, a rakéta viszonylagos sebességétől függenek, a rádiógyújtó állandó paraméterei esetében a legtokéletesebb egyeztetést csak egyetlen sebesség esetében lehet biztosítani, amikor

$$v_{1c} = v_{1c}^* .$$

Ennek a sebességnek a nagyságát könnyen ki lehet számítani a következő feltételekből:

$$a = \frac{L}{2} - v_{1c}^* T_z = 0 \quad (43)$$

Ebből következik, hogy $v_{1c}^* = \frac{L}{2T_z}$.

Ebben az esetben a rádiógyújtó antenna iránydiagram dőlésszögének a következővel kell egyenlőnek lennie:

$$\varphi_0 = \varphi'(v_{1c}^*) \quad (44)$$

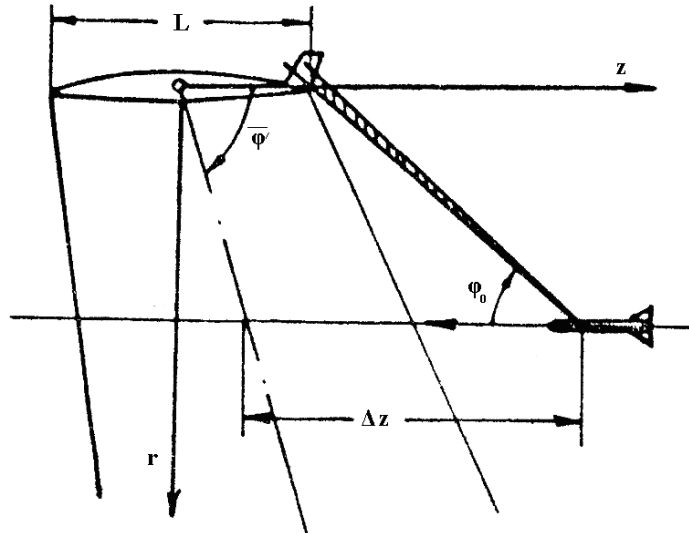
A relatív sebesség növekedésével $\bar{\varphi}' > \varphi_0$, a működési felület csúcsa v_{1c} sebességvektor irányába elmozdul a cél középpontjától. A relatív sebesség csökkenésekor ennek fordítottja valósul meg.

Ha bármilyen feltétel mellett meg akarjuk teremteni a harci rész és a rádiógyújtó összeegyeztethetőségét valamilyen kiegészítő berendezésre van szükségünk, amely képes a rádiógyújtó működési felületét irányítani. Ezt kétféleképpen valósíthatjuk meg:

→ Antenna iránykarakterisztika meredekségének változtatásával

→ A gyújtó működésének késleltetésével

A második módszer tervezési szempontból sokkal egyszerűbbnek mutatkozik. Meghatározzuk azt a késleltetési időt, amely biztosítja a megadott rakéta és cél megközelítési feltételek mellett (r, v_{1c}) a rádiógyújtó működési pontok optimális helyzetét.



23. ábra A rádiógyújtó működési késleltetése [2]

Az ábrából következik, hogy a késleltetési idő akkor fog megfelelni a megszabott feltételeknek, ha a késleltetési idő egyenlő lesz azzal az idővel, ami a rakétának a vezérlőjel megjelenése pillanatától a veszélyes repeszek zónája felező vonaláig tart.

$$T_z = \frac{\Delta z}{v_{1c}} \quad (45)$$

Ahol Δz a z tengely vonalán mért távolság a veszélyes repeszek zónájának felezővonalától a rakétának olyan helyzetéig, amikor a vezérlőjel megjelenik.

$$\Delta z = \frac{L}{2} + r \cdot \text{ctg } \varphi_0 - r \cdot \text{ctg } \bar{\varphi}' \quad (46)$$

A (45) és (46) egyenletekből kapjuk:

$$T_z = \frac{1}{v_{1c}} \left[\frac{L}{2} + r(\text{ctg } \varphi_0 - \text{ctg } \bar{\varphi}') \right] \quad (47)$$

A késleltetési idő kiszámításakor a $\bar{\varphi}'$ szögértéket megfelelő pontossággal meg lehet határozni a következő képlet alapján:

$$\bar{\varphi}' = \text{arctg} \frac{\sin \varphi}{\cos \bar{\varphi} + \frac{v_{1c}}{v_0}} \quad (48)$$

Ahol $\bar{\varphi}$ a repeszek szétrepülésének közepes iránya statikus robbanás esetén.

A (47) és (48) egyenletek segítségével kiszámolhatjuk a késleltetési időt:

$$T_Z = r \left(\frac{\operatorname{ctg} \varphi_0 - \operatorname{ctg} \bar{\varphi}}{v_{1c}} - \frac{1}{v_0 \sin \varphi} \right) + \frac{L}{2v_{1c}} \quad (49)$$

Ha a T_Z késleltetési időt elosztjuk a t_i tehetetlenségi idővel és a t_k késleltetési idővel, amelyet a kiegészítő késleltetési egység hoz létre, ($T_Z = t_k + t_i$) a következő egyenletet kapjuk:

$$t_k = r \left(\frac{\operatorname{ctg} \varphi_0 - \operatorname{ctg} \bar{\varphi}}{v_{1c}} - \frac{1}{v_0 \sin \varphi} \right) + \frac{L}{2v_{1c}} - t_i \quad (50)$$

Annak érdekében, hogy a késleltetés pozitív előjelű legyen eleget kell tenni a következő egyenlőtlenségnek:

$$r \left(\frac{\operatorname{ctg} \varphi_0 - \operatorname{ctg} \bar{\varphi}}{v_{1c \max}} - \frac{1}{v_0 \sin \varphi} \right) + \frac{L}{2v_{1c \max}} \geq t_i \quad (51)$$

Ahol $v_{1c \max}$ az a maximális relatív rakétasebesség, amely a gyújtó kiszámított sebessége. Ezt az egyenlőtlenséget teljesíteni kell az összes lehetséges „r” érték esetében. Amikor a céltévesztés sugara $r = 0$, ez az egyenlőtlenség a következő formát veszi fel:

$$\frac{L}{2v_{1c \max}} \geq t_i \quad (52)$$

Ez a feltétel lehatárolja a rádiógyújtó tehetetlenségének megengedett maximális értékét. Olyan céltévesztés esetén ugyanis, amikor $r > 0$, az (51) egyenlőtlenség az (52) egyenlőtlenséget figyelembe véve a következő formában írható fel:

$$\frac{\operatorname{ctg} \varphi_0 - \operatorname{ctg} \bar{\varphi}}{v_{1c \max}} - \frac{1}{v_0 \sin \varphi} > 0 \quad (53)$$

Ebből egy olyan követelmény adódik, hogy a rádiógyújtó iránykarakterisztikájának dőlésszögét változó késleltetéssel kell megszerkeszteni:

$$\varphi_0 \leq \operatorname{arctg} \left(\frac{v_{1c \max}}{v_0 \sin \varphi} + \operatorname{ctg} \bar{\varphi} \right) \quad (54)$$

Az (50) egyenletből következik, hogy a t_k szükséges késleltetési idő kiszámításához rendelkezünk kell a rakéta céltévesztés nagyságára és a relatív sebességre vonatkozó adatokkal. Figyelembe kell venni azt is, hogy ez az információmennyi-

ség a kitűzött feladat megoldásához csak olyan egyedi esetben elegendő, amikor a rakéta és a cél megközelítése párhuzamos irányokba történik.

Ha a cél megközelítése egy tetszőleges (nem párhuzamos) irányban valósul meg, akkor fontos ismernünk a v_{1c} sebességvektor nagyságán kívül az irányát is.

A késleltetési idő vezérlésére a rádiógyűjtőt egy olyan számítóberendezéssel kell ellátni, amely a t_k értékével arányos feszültséget hoz létre, mely segítségével végre lehet hajtani a késleltetési időegység üzemmódjának szabályozását.

A késleltetés folyamatos változásán túlmenően lehetséges még a késleltetés diszkrét változtatása is. Ebben az esetben a gyűjtő szerkezetébe több késleltetési értéket állítanak be, amelyek közül mindegyik egy meghatározott viszonylagos sebességnél biztosítja a rádiógyűjtő egyeztetését.

Ahhoz, hogy a késleltetési idő vezérléséhez szükséges megközelítési feltételek-re vonatkozó információkat megkapjuk, a rádiógyűjtőnek vagy saját adóval kell rendelkezni, vagy azokat az információkat kell felhasználnia, melyeket a hordozó repülőgépen vagy a rakétán elhelyezett műszerek adnak. A saját adó alkalmazása a rádiógyűjtő szerkezeti felépítésének lényegesen bonyolultabb kialakítását igényli, ami a gyakorlatba a legtöbb esetben nem célszerű. A hordozó repülőgépről lehetőség van olyan információ beszerzésére, amely a feltételezett rakéta relatív sebességére vonatkozik, és amelyet fel lehet használni a késleltetés beállítására, közvetlenül a kilövés végrehajtása előtt. A leggazdaságosabb egy olyan gyűjtő szerkezeti kialakítása, amely a rakéta önirányító rendszere által előállított információkat alkalmazza. Amikor a rakéta megközelítése párhuzamos rávezetéssel történik, az önirányítású rádiólokátor-rendszer lehetővé teszi, hogy megkapjuk a relatív sebességre, a rakéta céltevesztésére, a cél megközelítési irányára és a rákurzusra vonatkozó adatokat. A cél rákurzusának nevezzük a cél haladási iránya és az irányzóvonal által bezárt szöveget, amelyet a cél irányszögének is nevezünk.

Abban az esetben, ha csak a relatív sebességre vonatkozó adatok állnak rendelkezésre, a szükséges késleltetési időt a (40) egyenlet alapján kell kiszámítani, a céltevesztés közepes értékére vonatkozóan. [1][2][4]

9. A RÁDIÓGYÚJTÓK MEGBÍZHATÓSÁGA

A rádiógyújtók megbízhatósága magába foglalja a rádiógyújtó normál működését, mely kizárja az idő előtti működést a röppályán és hibamentes működést biztosít a rakéta célbatalálásakor. A rádiógyújtó megbízhatóságának mennyiségi kifejezésére a továbbiakban a gyújtó megbízható működésének valószínűségét, P alkalmazzuk.

9.1 A rakéta működési valószínűségének (P) meghatározása légi célok ellen

A rádiógyújtó működésének eredményeképpen a lövés után a következő események mehetnek végbe:

- A robbanótöltet idő előtti robbanása annak következtében, hogy a rádiógyújtó berendezésének valamelyik eleme meghibásodott (A_1).

A meghibásodás oka lehet például a félvezetők meghibásodása, az elektromos izzószál elszakadása, az ellenállások leégése, a kondenzátorok átütése, stb. A gyújtó idő előtti működését kiválthatja az a hirtelen feszültségváltozás, amely a végrehajtó berendezés kimenetén jelenik meg, vagy az elektromos berendezés valamelyik elemének hirtelen meghibásodása.

- Idő előtti működés a röppályán a zajok fluktuációjának és rezgésének hatására (A_2).

A rádiógyújtó fluktuáció zajforrásai az ellenállások és a félvezetők, melyek tulajdonképpen mint hőmérsékletváltozás jelentkeznek. Rezgő zajok a rádiógyújtó alkatrészeire ható rezgéstúlterhelések következtében keletkeznek, melyeket a rakéta hajtóművének működése, a kormányoszlopok és a rádiógyújtó szomszédos blokkjainak működése idéz elő. A fluktuáló zajok hatása a rezgő zajok hatásához viszonyítva elhanyagolható.

- A rádiógyújtó nem működik annak következtében, hogy a visszavert jel nagysága kicsi (A_3).

A működésképes rádiógyújtó azért nem működik, mert a vezérlő jel nagysága állandóan változik annak következtében, hogy a rádiógyújtó paramétereinek ingadoznak a normális értékük körül.

→ A rádiógyújtó működése (A_4).

A rádiógyújtó működésének valószínűségének kiszámításához a valószínűségek szorzásának tételét használjuk fel:

$$P(A_4) = P(\overline{A_1}) \cdot P\left(\frac{\overline{A_2}}{A_1}\right) \cdot P(\overline{A_3}) \quad (55)$$

Vagy

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \quad (56)$$

Ahol:

$P_1 = P(\overline{A_1})$ – annak valószínűsége, hogy a rádiógyújtó berendezései hibátlanok

$P_2 = P\left(\frac{\overline{A_2}}{A_1}\right)$ – annak valószínűsége, hogy a hibátlan rádiógyújtó nem működik

idő előtt

$P_3 = P(\overline{A_3})$ – annak a valószínűsége, hogy a visszavert jel nagysága nagyobb a rádiógyújtó érzékenységétől.[1][4]

10. A RÁDIÓGYÚJTÓK ZAVARVÉDETTISÉGE

A rádiógyújtók zavarvédeettsége, zavarérzéketlenségének növelése a rakéta hatékonyságának szempontjából elengedhetetlen, ugyanis a rádiógyújtó nem elégséges zavarvédeettsége a teljes rakétakomplexum kis hatékonyságának oka lehet. A rádió ellentevékenységi eszközök jelenlegi magas szintjén nem okoz különösebb nehézséget a rádiógyújtók elleni mesterséges zavarok alkalmazása, ha a rádiógyújtó megtervezésekor figyelmen kívül hagyták mindazokat a lehetőségeket, amellyel az ellenség rendelkezik a zavarok előállítása területén. Rádiózavaró eszközökkel majdnem minden repülőgép rendelkezik. Ezen eszközök fejlettsége miatt szükség van olyan gyújtóra, amely igyekszik kiküszöbölni a zavarjelek hatását. A zárt rendben repülő repülőgépek csoportos védelmét pedig speciális repülőgépekkel, úgynevezett zavaró repülőgépekkel lehet biztosítani, amelyeket fegyverzet helyett rádió ellentevékenységet végző berendezésekkel látnak el.

A mesterséges zavarokat két csoportba oszthatjuk:

- Aktív zavarok
- Passzív zavarok

Mindkét fajtát speciális zavaróállomások hozzák létre. Az aktív zavarok legjellemzőbb fajtái:

- Retranszlációs (közvetítő vagy válasz) zavarok
- Zajzavarok

Retranszlációs zavaroknak nevezzük azokat a zavarokat, amelyeket úgy hoznak létre, hogy veszik a rádiógyújtó által kisugárzott jeleket, majd ezt követően kisugározzák azt. Az újra kisugárzás folyamán a vett jelet felerősítik, és így a válaszzavar hasonló lesz a nagy visszaverődési felülettel rendelkező célról visszavert jelekhez.

A zajzavarok jellegükénél fogva az ellenállások hőmérsékleti zavaraihoz hasonlítanak. A zajzavar harmonikus rezgésekből tevődik össze, melyek meghatározott szélességű összefüggő spektrumot alkotnak. A rádiógyújtó működéséhez az szükséges, hogy az erősítő áteresztő sávja a zajzavar sáv szélességébe essen. A zajzavarok a rádiógyújtó jelenléte nélkül is hatnak. A zavaróállomás a cél teljes repülési ideje alatt működhet.

A passzív zavarokat fémszalagokból létrehozott felhők alakjában állítják elő. Ezekről a felhőkről a gyújtó jelei visszaverődnek és téves információkat sugároznak, úgynevezett hamis jeleket vernek vissza, mely jelek képesek a gyújtó idő előtti működésbe hozására. A visszaverő szalagokat és felületeket finom vékony alumíniumfóliából vagy üvegszálból készítik, melyeket külön kötegekbe kötnek. A visszaverő felületköteget a repülőgépből speciális automaták segítségével dobják ki. A passzív zavarokat a levegőbe juttathatják még speciális lövedékek vagy rakéták segítségével, amelyek a visszaverő felületeket szétszórják.

A rádiógyújtók zavarvédelmének különböző módjai a zavaroknak azon tulajdonságait használják fel, amely a hasznos jelektől megkülönbözteti őket. A zavarvédő módszerek alkalmazása általában bonyolultabbá teszi a gyújtókat.

[1][2][3][4]

11. ZAVARVÉDELMI ELJÁRÁSOK

11.1 Az antenna iránykarakterisztikájának módosítása

Minél keskenyebb a vevőantenna iránykarakterisztikája, annál nagyobb lesz a rádiógyűjtő aktív és passzív zavarok elleni védettsége. Az iránykarakterisztika szélességének csökkentésekor csökken annak a térnek a tartománya, amelyből a zavaró jel beérkezhet, ugyanakkor megnövekszik a vett hasznos jel teljesítménye. A vett jelek teljesítményének növelése lehetővé teszi, hogy csökkentsük a rádiógyűjtő vevőérzékenységét, ami azt eredményezi, hogy szükségessé válik a rádiógyűjtő megadott távolságról történő szükséges aktív zavarok teljesítményének növelése, vagyis csökkenni fog a zavaró állomás hatósugara. A rádiógyűjtő passzív zavarok elleni védettsége azért fog növekedni, mert csökken azoknak a visszaverő felületeknek a száma, amelyek az iránykarakterisztika határain belül kerülnek. Ahhoz, hogy a rádiógyűjtő a visszaverő felületek felhője által okozott jelekre működésbe lépjen a keskeny iránykarakterisztika esetében a zavarófelhőben nagyobb visszaverő felületsűrűséget kell létrehozni, ezt viszont csak úgy lehet elérni, hogy meg kell növelni a repülőgép által ledobott visszaverő felületek mennyiségét.

A rádiógyűjtő korlátozott mérete esetén az antenna irányított működésének növelésére az adó hullámhosszát csökkenteni kell. Az iránykarakterisztika szélességén kívül hatással van a zavarérzékletlenségre a vevőantenna iránykarakterisztikájának mellső mellékszirma. Az ilyen szirmok jelenléte kiszélesíti ezt a térrészt, amelyből a zavaróállomás a gyűjtőre hatást gyakorolhat.

11.2 A rádiógyűjtő adójának a cél közelében történő bekapcsolása

A rádiógyűjtő adóberendezése minél közelebb kezd a célhoz üzemelni, annál később lehet észrevenni, és ebből következően annál kisebb annak valószínűsége, hogy a rakétát a zavaróállomás által kibocsátott jelek felrobbantsák. A rádiógyűjtő adóberendezésének bekapcsolására szolgáló parancs előállítására fel lehet használni a rakéta rávezető rendszert, vagy olyan speciális programberendezést, amely számlálja a repülés idejét.

11.3 A vezérlő jel szelektálása különböző jellemzők alapján

Ez a zavarvédelmi módszer azon alapul, hogy a munkajel jellemzői (amplitúdója, frekvenciája, működési ideje) különbözik a zavarjelektől. A rádiógyűjtők elektromos kapcsolásában három fajta szelektálási módot alkalmaznak:

- Frekvencia-szelektálás
- Amplitúdó-szelektálás
- Időszelektálás

A frekvencia szerinti szelektálást az alacsony frekvenciás erősítő áteresztési sávjának lehatárolásával, a vezérlő jel lehetséges frekvenciatartományának lehatárolásával érik el, az amplitúdó-szelektálás a jel amplitúdójának lehatárolásával valósítható meg, az időszelektálás pedig az elektromos kapcsolat egy meghatározott tehetetlenség beiktatásával teljesíthető, amely lehetővé teszi, hogy a gyűjtő csak egy meghatározott időtartamú jel alapján jöjjön működésbe.

11.4 Távolság szerinti jelszelektálás

A távolság szerinti jelkiválasztás a retranszlációs zavarokkal szemben biztosít védelmet. Ezeknek a zavarjeleknek ugyanis nagyobb a terjedési ideje, mint a célról visszavert jeleknek. A jelkiválasztásnak ez a módja a frekvenciamodulált és az impulzus rádiógyűjtőkben alkalmazható. A impulzus rádiógyűjtőben a távolság szerinti szelektivitást a vevő sztrob-impulzusai biztosítják. Ezek az impulzusok korlátozzák a jelvételeket. Ez a korlátozás a rádiógyűjtő maximális hatótávolságán kívülről érkező jelekre vonatkozik. Ezért abban az esetben, amikor a célról jövő jelek távolabbról érkeznek, a sztrob-impulzusok szüneteiben érkeznek a vevőre. Ekkor az erősítő le van zárva, így a gyűjtő érzéketlen ezekre a jelekre.

A frekvencia-modulált rádiógyűjtőkben a jelkiválasztást az alacsonyabb frekvenciás erősítő frekvencia karakterisztikájának megfelelő választása biztosítja.

11.5 Többcsatornás rendszer alkalmazása

Azok a rádiógyűjtők, amelyekben több adó-vevő csatorna van közös végrehajtó berendezéssel, nagyobb zavarvédelmi képességgel rendelkeznek. A különböző csatornák paraméterei mind mások, ezzel nehezítve a gyűjtő zavarását. A többcsatornás rendszer fokozott zavarvédelmi képessége úgy biztosítható, hogy a csatornákat sorba kö-

tik. Ekkor a gyűjtő csak abban az esetben működik, ha minden csatornáról érkezik jel. Ha a csatornákat párhuzamosan kötik be, a gyűjtő zavarvédeltsége az egycsatornás gyűjtőével egyezik meg, így nem mutatható ki lényeges különbség a kétféle rádiógyűjtő alkalmazásában. [1][2][3]

Befejezőként meg kell említeni, hogy az eddig említett módszerek nem merítik ki a rádiógyűjtők zavarvédeltségeinek lehetőségeinek összes formáját. A zavarvédeltség fokozásával kapcsolatos kérdések a rádiógyűjtő tervezési technológiájának legfontosabb kérdései közé tartoznak, amelyekről sajnos nem olvashatunk a szakirodalmakban.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A repülőfedélzeti fegyverberendezések működésének és üzemeltetésének alapjai I. könyv (920/531 szabályzat)
- [2] A repülőfegyverzet üzembentartásának elméleti alapjai IV. könyv Repülő-lőszer (Re/997 szabályzat)
- [3] Kárándi Sándor: A légiharc rakéták rádiógyújtói 1998.
- [4] Saját jegyzet Robbanóanyagok és eszközök tantárgyból
- [5] Zsilák András mk. alez.: Repülőgép-fedélzeti fegyverek megsemmisítő eszközei, 598/479, KGyRMF, 1984,