

A RÁDIÓLOKÁCIÓ ALAPJAI

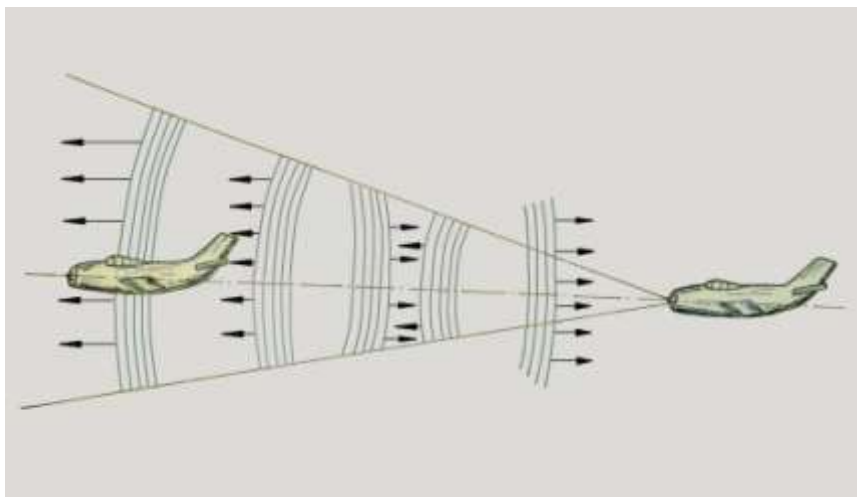
A RÁDIÓLOKÁCIÓ FOGALMA

Az emberi érzékelés véges. Az ember, hogy véges érzékeiteit kibővítse, nagyon sok mindent szolgálatába állított és állít napjainkban is. Az ember információ-felvételeinek (érezékelésnek) bővítése érdekében szerkesztette meg a RADAR-t.

A RADAR angol eredetű szó, mely nálunk a II. Világháborúban lett ismeretes. Betűszók csoportjába tartozik: Radio Detection and Ranging kezdőbetűiből áll. Jelentése: Rádiófelderítés és helymeghatározás. Ez azt jelenti, hogy a készülék a rádióhullámok segítségével fedezi fel a célpontot, és térképszerűen ábrázolja a tárgyak térbeli helyzetét. Mivel a rádióhullámok ködön, füstön, felhőkön (sőt, amint azt a rádiókészülékünk működése igazolja: még a falakon) át is terjednek, ezek a készülékek az éjjeli sötétségben, a fény számára áthatolhatatlan tárgyakon át is kitűnően látnak.

Ismert, hogy a denevérek vagy delfinek ultrahang-lokátora kiváló érzékszervként működik. Ezek az állatok az általuk kibocsátott, és a környező tárgyakról, élőlényekről visszaverődő ultrahangot érzékelik, így azokat felismerik és a helyüket is meghatározzák.

A radar ugyanezen az elven működik. Egy antennával rádióhullámokat sugároz ki, majd ugyanazzal az antennával figyeli a visszaverődő hullámokat. Hogy rövid idő alatt igen sok irányt kutathasson át, a radar másodpercenként több elektromos jelet is kibocsát, közben az antennája folyton körbefordulva "figyel". A radarimpulzusokat úgy időzítik, hogy a kibocsátott impulzus elérje célját és visszaérkezzen, mielőtt a következő elindulna. Megmérve egy jel visszatérési idejét, kiszámítható a célpont távolsága.



Rádiólokátor kibocsátott és visszavert hullámai

Ez az értelmezés a rádiólokáció, rádiólokátor szavak meghonosodásához vezetett.

A RÁDIÓLOKÁTOR

A rádiólokátor olyan elektronikus berendezés, amely elektromágneses hullámok segítségével a vizuális látási körülményektől függetlenül megadja a környező tárgyak (pl.: repülőgépek, hajók, épületek, tereptárgyak terepalakulatok) helyzetét.

A RÁDIÓLOKÁTOROK OSZTÁLYOZÁSA

A rádiólokátorok sokoldalú felhasználásának megfelelően igen sokféle berendezést fejlesztettek ki.

Ezek osztályozására egységes szempontok nincsenek. A leginkább elterjedt osztályozási módok alapján a rádiólokátorokat felosztják a telepítés helye (földi, hajó, repülőgép stb.), az elsődleges feladat (keresés, követés, válaszadás, stb.), az alkalmazott adó modulációs eljárás (folytonos vagy impulzusüzemű), a használatos hullámhossz (méteres, deciméteres, milliméteres hullámú) szerint.

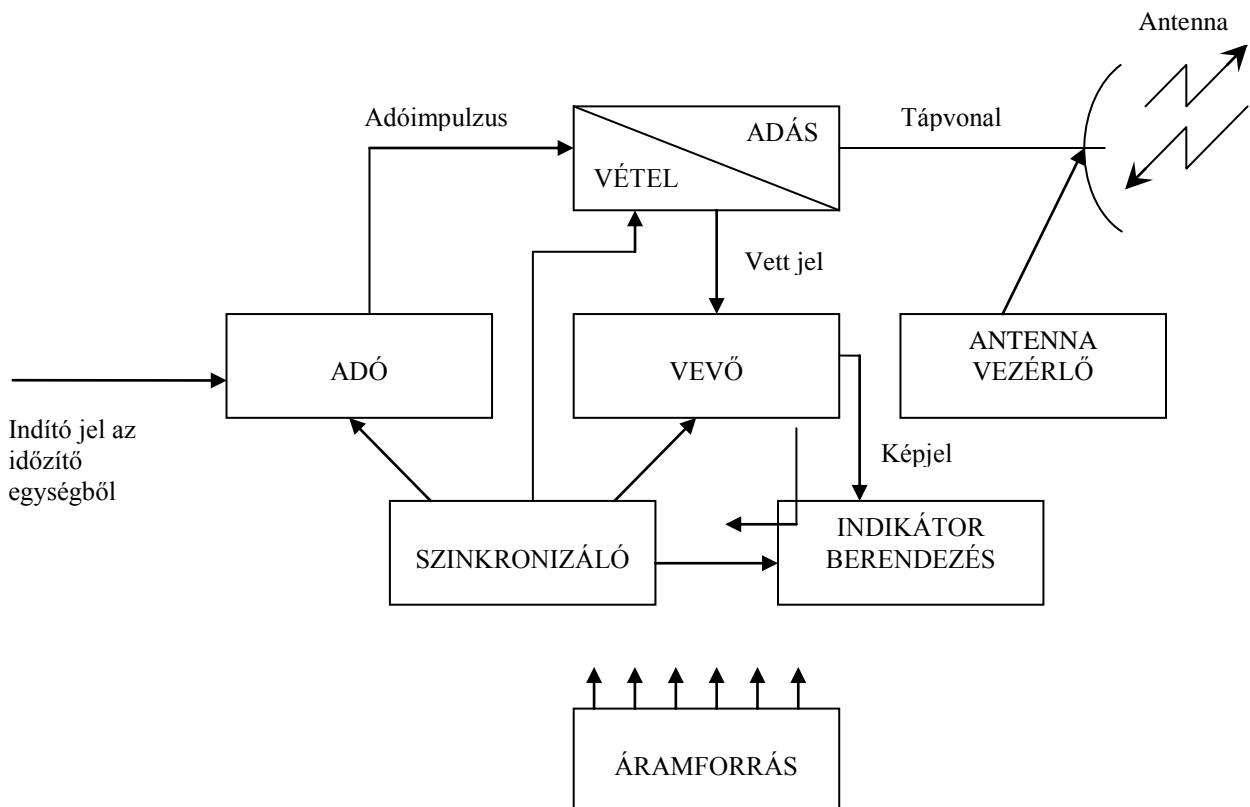
A RÁDIÓLOKÁTOROK ELVI FELÉPÍTÉSE, FŐBB RÉSZEI

Minden aktív radar alapvető eleme az adó-vevő, az antenna és tápvonalrendszer, az indikátor, az antennavezérlő rendszer, valamint az áramforrás.

A passzív rendszerű radaroknak adóberendezése nincs.

A folyamatos üzemű radarok a kiválasztott céltárgy radiális sebességének meghatározására (a Doppler-effektus felhasználásával) alkalmasak.

A légtérellenőrzés eszközeként az impulzus-rendszerű, amplitúdó-modulált radarok terjedtek el.



A **szinkronizáló** egység a radar működésének összehangolására szolgál. A folyamatok egyeztetése indító- és szinkronizáló impulzusokkal történik.

Az **adóberendezés** impulzus-amplitúdómodulált, nagy teljesítményű, rövid idejű, nagyfrekvenciás energiát állít elő, mely a koaxiális-, vagy cső-tápvonalon, és az adás-vétel kapcsolón keresztül az antennára jut. Az antenna az energiát elektromágneses hullámok formájában, irányítottan sugározza ki. Amikor az elektromágneses hullámok valamilyen hatásos visszaverő felülettel rendelkező tárgyhöz érkezik, akkor arról a tér minden irányában-így a radar felé is-visszaverődnek.

Az **adás-vétel kapcsoló** adáskor a nagyteljesítményt az antennára juttatja, nem engedi a vevő irányába, vételkor a kisteljesítményű vett jelet az antennától a vevő irányába engedi.

A visszaverődő elektromágneses hullámokat az antenna felfogja és a nagyfrekvenciás jelet a tápvonalon és adás- vétel kapcsolón keresztül a vevő bemenetére juttatja.

A **vevő** ún. super-heterodin-, amely a bemenetére érkező nagyfrekvenciás jelet nagyfrekvenciás erősítés után középfrekvenciás jellé alakítja át, több fokozaton keresztül erősíti, majd detektálja és megjelenítésre az indikátor berendezésre juttatja.

Az **indikátor berendezés** a tárgyról visszavert jeleket vizuális megfigyelésre és a cél koordinátáinak meghatározására alkalmas jelekké alakítja át.

Antenna vezérlő berendezés által történik az antenna forgatása megadott fix, vagy folyamatos fordulatszámmal (pl.:2-4-6 fordulat/perc, illetve 0,3-6 fordulat/perc), valamint tetszőleges oldalszögön való leállítására.

Ugyancsak a berendezés részét képező forgásjel követő rendszerrel lehetséges az antenna, a radar indikátorának „idővonala”, valamint más berendezések indikátorai idővonalának szinkron forgása. Ez a jelátvitel régebbi radarok esetén elektromotoros követőrendszerekkel, az újabbnál digitalizált, komplex jellel valósul meg.

Az **antenna** adáskor a nagyteljesítményű, nagyfrekvenciás energiát a légtérbe sugározza a sugárzási karakterisztikájának megfelelően, vételkor ebből a térrészből felfogja a visszaérkező jeleket.

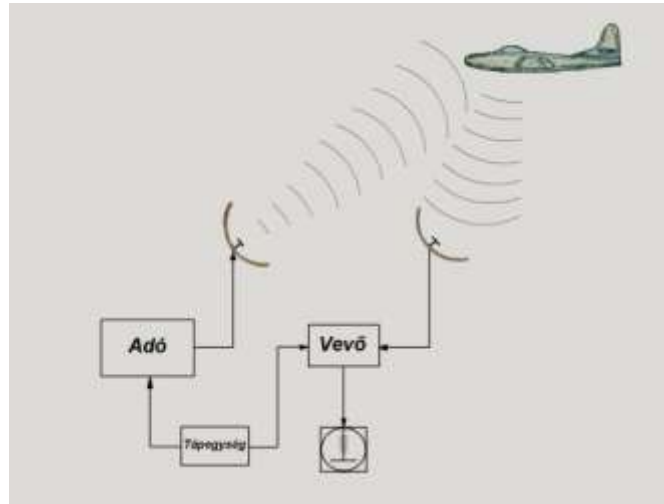
Feladatának, működési frekvenciájának megfelelően különböző antennákat alkalmaznak.

Az **áramforrás** a radarberendezés működéséhez és a kezelőszemélyzet munkakörülményeihez biztosít megfelelő villamos energiát olyan esetekben amikor nincs kiépített elektromos hálózat, vagy az áramellátás megszűnik, illetve megszűnése esetén a feladat végrehajtása veszélybe kerülhet. Az áramforrás lehet áramfejlesztő (aggregátor), vagy áramátalakító a szükséges frekvenciájú tápfeszültségek biztosításához.

A RÁDIÓLOKÁTOR MŰKÖDÉSI ELVE

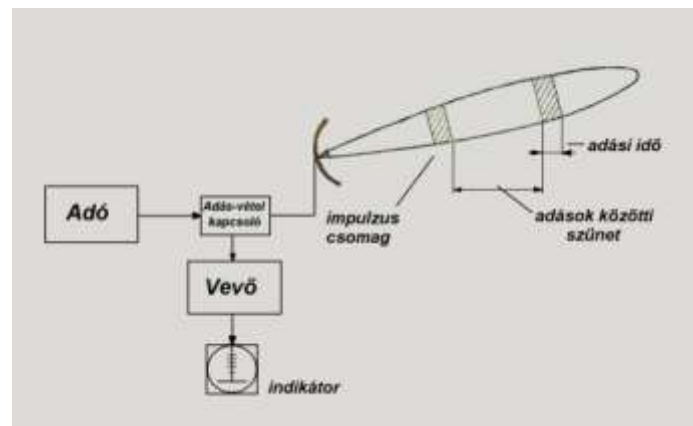
Az elektromágneses hullámok visszaverődésén alapul, melyet általában időmérésre vezetnek vissza.

Az adóval előállított és az antenna által a légtérbe kisugárzott nagyfrekvenciás energia $3 \cdot 10^8$ m/s sebességgel terjed. Idegen közeg (fém, kő, felhő, stb...) határfelületéről a kisugárzott energia egy része visszaverődik. Ezt a visszaverődött jelet a vevőantenna felfogja, a vevő felerősíti, majd az indikátorernőre juttatja, ahol látható információvá alakul át.



Folyamatos üzemű rádiólokátor működése

Vannak folytonos adású és impulzus üzemű lokátorok. A folytonos üzemű lokátor állandóan sugározza az energiát és általában külön antennával folyamatosan veszi a visszavert jeleket. Az impulzus üzemű lokátor csak meghatározott időközönként bocsát úgynevezett „impulzuscsomagokat”, s ezekből a csomagokból visszaérkező (visszaverődött) jeleket felfogja, majd információvá (látható jellé) alakítja át. Az adás-vétel kapcsoló lehetővé teszi a közös (adó-vevő) antenna használatát. A rádiólokáció fizikai elvéhez „hasonlítható” a visszhangjelenség létrejötte is.



Impulzus üzemű rádiólokátor működése

A RÁDIÓLOKÁCIÓ ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

Hadseregben:

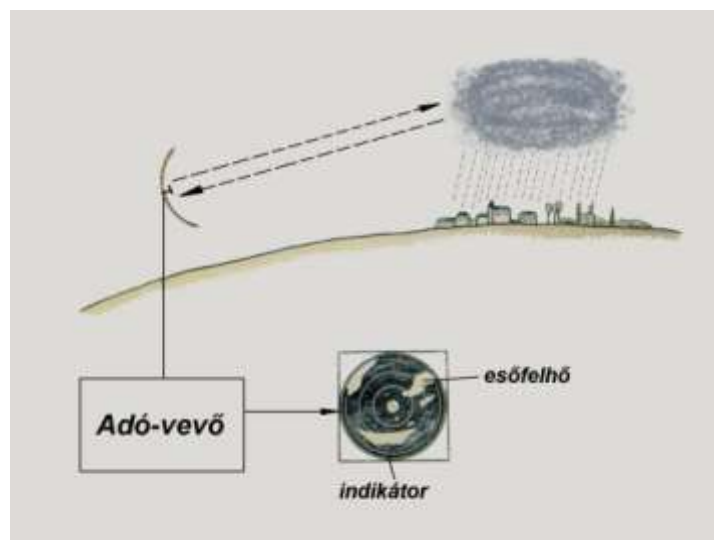
- célfelderítés, célfogás, célkövetés, célpontmeghatározás és tűzvezetés
- rakéták és torpedók irányítása, parancsjeles távvezérlés, mélységmérés és kikötőbe való bevezetés
- repülőgépek fel- és leszállásának irányítása, a cél koordinátáinak meghatározása és az ellenséges célra való rávezetés
- felismerés és zavarás



Vadászpilóta, légvédelmi tüzérség és légvédelmi rakéta alkalmazása

Polgári életben:

- Közlekedésben: légi, földi és vízi járművek felkutatása, irányítása, balesetek esetleges megelőzése, sebesség és egyéb koordináták megállapítása
- Iparban: megfigyelés, kutatás és hibahelymeghatározás
- Meteorológiában: felhők vándorlásának megfigyelése, koordinátáinak meghatározása, szélsőségek mérése és az időjárás előrejelzése
- Mezőgazdaságban: terménybecslés



Rádiólokátor használata a meteorológiában

Űrkutatásban:

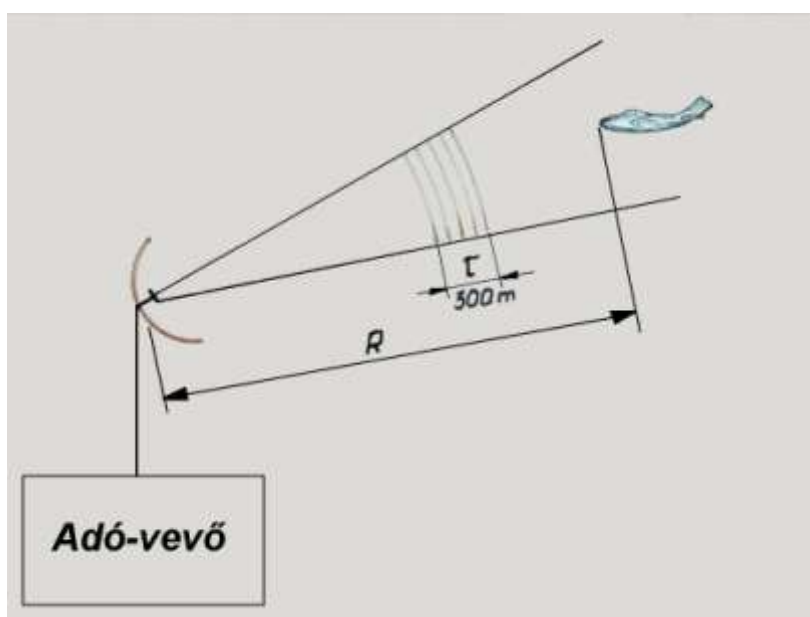
Természetes és mesterséges égitestek felkutatása, megfigyelése, követése, koordinátáinak meghatározása, űrhajók fel- és leszállásának irányítása.

KOORDINÁTÁK RÁDIÓLOKÁCIÓS MEGHATÁROZÁSA

Távolságmérés:

Rádiólokátoroknál a távolságmérés időméréssel történik. A terjedési sebességből következik, hogy a rádióhullámok 1 km utat 3,33 μsec alatt tesznek meg. Ahhoz, hogy az 1 km távolságban (R) levő céltárgytól a visszaverődés megérkezzen, a hullámnak kétszer kell az utat megtennie, amihez 6,66 μsec szükséges. Ha a terjedési sebesség C , akkor az idő $t=2R/C$. Ténylegesen az adás és a visszaérkező jel – vétel – között eltelt időt mérjük; a tárgy távolságát az időből kell kiszámítani $R=Ct/2$.

A céltárgyak távolságának méréséhez a rádióhullámok nagy terjedési sebessége miatt igen rövid időközök mérésére van szükség. Ha pl a távolságot 150m-en belüli pontossággal kívánjuk megállapítani, akkor $\Delta t=2*150/3*10^8=1/1,06=1 \mu\text{sec}$, ezért az időt 1 μsec -on belüli pontossággal kell mérni. E feladat csak elektronikus időmérő módszerekkel végezhető el, amelyeket a rádiólokátorokkal kapcsolatban igen magas fokra fejlesztette ki. Távolságmérésre különösen alkalmas indikátor a katódsugárcső.

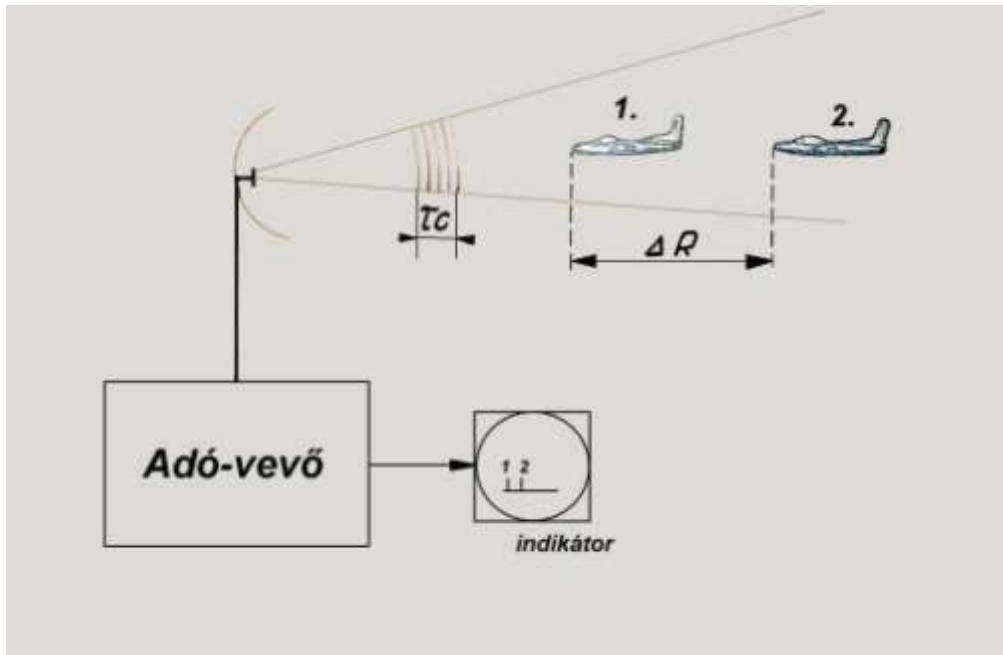


Távolságmérés

Távolsági felbontóképesség:

Azonos irányban lévő célok közötti minimális távolság (R_{\min}), melyen a két célt a lokátor külön észleli. Pl. közel azonos irányban két cél van, amelyeknek a lokátortól mért távolságkülönbsége ΔR , és a lokátor adója τ időtartamú impulzusokat sugároz. A τ időtartamú jel $\tau \cdot C$ hullámkötegnek felel meg. A közelebbi céltárgyról a visszaverődés azon t_1 időpillanatban indul meg, amikor a hullámköteg eleje elérte a céltárgyat. A távolabbról pedig, ha a hullámköteg azt is eléri. A távolabbi céltárgytól a jel eleje t_2 érkezik vissza az első céltárgyhoz. Ahhoz, hogy a két céltárgyról visszavert jelek még szétválaszthatók legyenek, szükséges, hogy a hullámköteg vége a közelebbi céltárgyat a t_2 időpontban már elhagyja.

A két céltárgy akkor választható szét, ha $t_2 - t_1 \geq \tau$. A szétválasztáshoz szükséges ΔR távolság a hullámköteg hosszának fele ($\Delta R = C \cdot \tau / 2$). A τ időnek megfelelő radartávolságot a pulzuscsomag hosszának nevezzük ($C \cdot \tau / 2$). Eszerint 1 μsec tartalmú jellel $R_{\min} = 150\text{m}$. Ehhez azonban még hozzá kell adni a vevő feléledési idejét is. A vevő feléledési ideje: 1-3 μsec . τ és a feléledési idő csökkentésével a felbontóképesség növelhető.



Rádiólokátor működése több cél esetén

SZÖGKÖVETÉS A RÁDIÓLOKÁCIÓBAN

Célok szögműkövetése:

Az antenna vonatkozási iránya folyamatosan a célra néz. A szögműkövetés kézi vagy automatikus lehet.

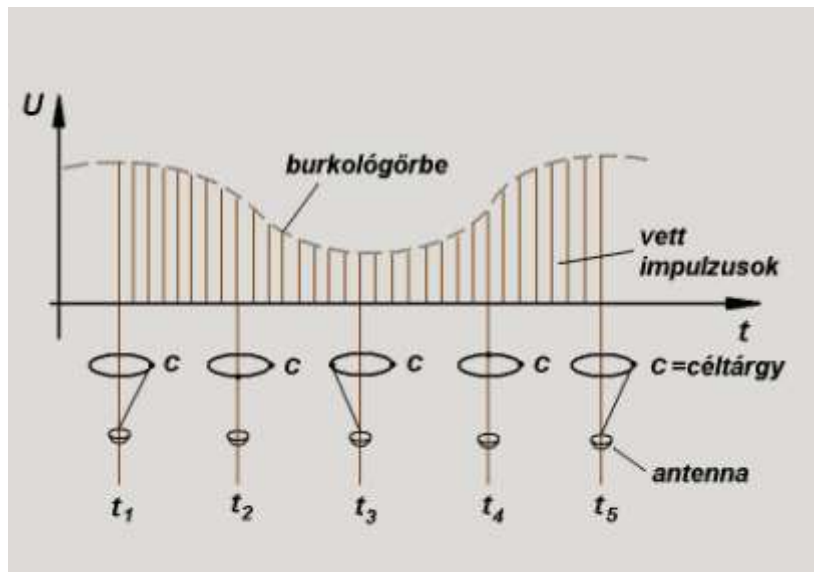
Kézi szögműkövetésnél a kezelő „K” vagy „L” típusú indikátorok alapján két síkban – vízszintes és függőleges – vezérlik az antennát.

Automatikus szögműkövetésnél a vezérlést és kiértékelést egy megfelelő automata és szervorendszer végzi. Szögműkövetésre – célkövető lokátoroknál – mindig kúpos letapogatási módszert alkalmaznak.

Kúpos letapogatás:

A kúpos letapogatás azt jelenti, hogy az élesen irányított sugárnyalábot egy kis nyílásszögű kúp palástja mentén, állandó frekvenciával pörgettyük.

Automatikus szögműkövetésnél a szervorendszer működtetéséhez szükséges hibajeleket elektronikusan kell előállítani. Erre a célra a kúpos letapogatás által létrejött modulációt használják fel. Pl. ha a céltárgy pontosan az antennatükör tengelyirányában van, akkor a sugárzó, vagy a tükrök forgatása közben a vétel erőssége nem változik. Ha a céltárgy iránya eltér a tükrök tengelyirányától, akkor a vétel erőssége a sugárzó, vagy tükrök forgásának megfelelően lüktet – modulálva van. Kúpos letapogatást úgy lehet elérni, hogy vagy a sugárzót az antennatükör tengelye körül, vagy a tükröt sugárzó körül megforgatják.



Kúpos letapogatás

A vett jelek burkológörbéjének amplitúdója a szögeltérés nagyságával arányos, fázisa pedig a céltárgy és az antenntükör tengelye közötti eltérés irányától függ.