

Dr. Ványa László okl. mk. alezredes, egyetemi docens
(ZMNE BJKMK Informatikai tanszék, tanszékvezető helyettes)

A (HADI)TECHNIKATÖRTÉNET EGY KIEMELKEDŐ ESEMÉNYE

Absztrakt

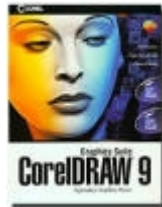
A 2006. évi 6. Robothadviselés konferencián hangzott el ez az előadás. A szerző az előadás középpontjába egy osztrák-amerikai színésznőt állít, aki a kommunikáció területén tehetséges feltaláló is volt. Elsősorban a szépségéről volt híres, de ő volt a frekvenciaugratásos rádiózás egyik feltalálója, amely ma a vezeték nélküli kommunikáció kulcsa. A cikk bemutatja Hedy Lamarr életét és találmányának lényegét.

This lecture was presented on the 6th Robotwarfare conference. The author makes a lion of Hedy Lamarr who was an Austrian/American actress and talented communications technology innovator too. Though known primarily for her great beauty, she also co-invented the first form of spread spectrum, a key to modern wireless communication. The lecture presents the Hedy Lamarr's life and the essence of her innovation shortly.

Kulcsszavak: Hedy Lamarr, frekvenciaugratásos rádiózás, torpedó irányítás.

A SZÍNÉSZNŐ ÉS FELTALÁLÓ

Sokak számára ismert a CorelDRAW 9 grafikai programcsomag, de vajon ki tudja, hogy kinek a képe látható a programcsomag dobozán? Némi keresés után kideríthető, hogy Hedy Lamarr látható a képen.¹ Ki is volt ő?



Hedwig Eva Maria Kiesler 1914. november 9-én Bécsben született egy jómódú bécsi bankár leányaként. Nem járt a többi gyerekekkel iskolába, hanem négyéves korától kezdve házi tanítók nevelték. Tízéves korára már négy nyelven beszélt, kiválóan zongorázott és táncolt. 16 évesen Max Reinhardt színiiskolájának növendéke, egy év múlva komoly szerepet kap a Pénz az utcán című filmben. Gustav Machaty cseh rendező Eroticon címmel 1929-ben forgatott

¹ A valóságban persze nem a dobozon látható képről derült ki, hogy kit ábrázol, hanem Hedy Lamarról derült ki, hogy ő látható a CorelDRAW 9 programcsomag dobozán is.

némafilmjének 1933-as hangos változatában, az Extázisban tűnt fel először és azonnal óriási botrányt kavart, mert egy jelenetben mezítelenül jelent meg a filmvásznon, amivel be is írta magát a filmtörténelembe.

Hedwig Kiesler 1933-ban szülei kívánságára feleségül ment Friedrich Mandl osztrák fegyvergyárhoz, a Hirtenberger Patronen-Fabrik fegyvergyár elnökéhez, aki Hitler és Mussolini köreibbe tartozott. A társasági életen kívül férjével részt vett a nagy fegyverbemutatókon, vásárokon, ahol megismerkedett a fegyverek tervezésével, a modern haditechnológiákkal. A házassága boldogtalan volt, a férje örökös megfigyelés alatt tartotta, színészi ambícióit megpróbálta elfojtani. Hedwig Kiesler meggyűlölte a náci érzelmei és barátai miatt és Auszria német megszállása után Londonba szökött tőle, majd onnan az Egyesült Államokba ment. Még Londonban találkozott Louis Burt Mayer-ral, aki a Metro-Goldwin-Mayer filmstúdió egyik producere volt. A Normandie fedélzetén írta alá szerződését a Metro Goldwyn Mayerhez, aminek egyetlen feltétele volt, hogy változtasson nevet, mivel az Extázis c. film Amerikában tiltólistán volt. Így született meg Hedy Lamarr, a világ akkor legszebbjének kikiáltott filmsztár, akinek sokszor hangoztatott véleménye ez volt: „Bármelyik lány lehet elbűvölő. Csak annyi kell, hogy nyugodtan állj és nézz bután.”

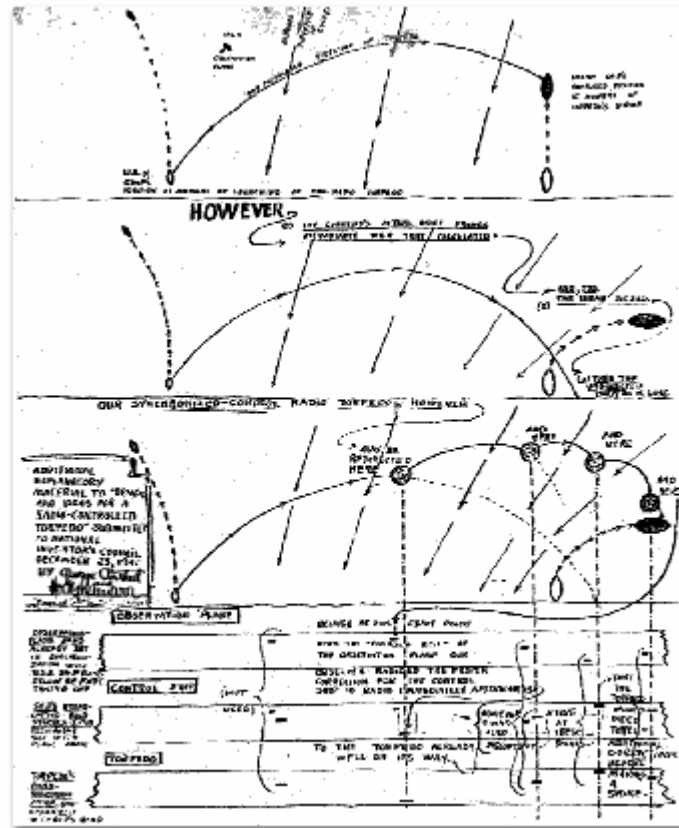
Igazi hollywoodi filmcsillag lett, aki ugyan Oscar díjat soha sem kapott, de a kétszeres Oscar-díjas Samson és Delilah c. film egyik főszereplője volt.

Magánélete mindeközben elég szerencsétlenül alakult. Hatszor volt férjnél, egy örökbe-fogadott fia volt és két saját gyermeke született, egy fiú és egy lány.

A színészi karrier mellett műszaki zseninek is bizonyult. A háborús híradásokból tudta, hogy a szövetségesek igen sok torpedót veszítettek. A fegyvergyáros első férjétől rengeteget tanult a lőszerokról, gránátokról és az irányítástechnika kérdéseiről. 1940-ben Hollywoodban egy avantgard zongorista és zeneszerző George Antheil szomszédságában lakott, akivel sokat beszélgettek különböző technikai problémák megoldásáról.



A fennmaradt dokumentumok és közöttük e vázlatrajz tanúsága szerint Hedy Lamarrt és George Antheilt többek között a hajók elleni torpedók repülőgépről történő célra irányításának kérdései is foglalkoztatták. Hedy első házassága idejéből komoly ismeretekkel rendelkezett a torpedókról is. Tudta, hogy a rádió irányítású torpedókat a frekvencia ismeretében könnyen lehet zavarni. Hedynek az az ötlete támadt, hogy ha a jel gyorsan vált egyik frekvenciáról a másikra, akkor a jelet nem lehet kívülről megzavarni.



Néhány hónapos munka után 1940. decemberében az ötletüket elküldték az Országos Feltalálói Tanácsnak is, de voltak még benne hibák. A Kaliforniai Műszaki egyetem egy villamosmérnök professzorának segítségével tökéletesítették a leírást és így 1941. június 10-én nyújtották be szabadalmukat az Egyesült Államokban. 1942. augusztus 11-én fogadták el és az eljárás, mint titkos kommunikációs eszköz került védelem alá.

Felajánlották a haditengerészetnek is, akik azonban nem találták a gyakorlatban felhasználhatónak és bár titkosították, de félretették az anyagot. Az eljárást csak 1957-ben, a szabadalmi oltalom lejártá után két évvel vette elő a Sylvania Electronic Systems Division cég, és 1962-ben, a Kuba elleni tengeri blokádnál alkalmazták először a blokádban résztvevő hajókon. A haditengerészet csak 1985-ben tette hozzáférhetővé a civil alkalmazások számára. Feltalálói soha egyetlen fillért nem kaptak tehát szabadalmukért, de több száz szabadalmi leírás hivatkozik rájuk.

Az Amerikai Szabadalmi Hivatal (United States Patent Office) 2.292.387 számon jegyezte be „Titkos Kommunikációs Rendszer”-t, amely lényege, hogy a tengeri célpontok, hajók pusztítására indított torpedók találati valószínűségének növelésére a torpedókat irányító rádiócsatornát egy speciális eljárással védeni lehet a felderítés és a zavarás ellen, amelyet ma frekvenciaugratásos adásmódnak nevezünk. Tegyük egy kis kitérőt a frekvenciaugratásos adástechnika lényegének megismerése céljából.

A FREKVENCIAUGRATÁSOS ADÁSTECHNIKA

A frekvenciaugratás (Frequency-Hopping Spread Spectrum – FHSS) a spektrum-kiterjesztési eljárások egyik fajtája a rádiótechnikában. A spektrum-kiterjesztéses adásmódok az információátvitelhez a Shannon-formula által meghatározott minimálisan szükséges sáv szélességnél jóval nagyobb frekvenciasávban működnek, ami azonban nem haszontalan, mert eközben csökken az egységnyi frekvenciasávra eső terhelés. Ez a direkt szekvenciális adás-

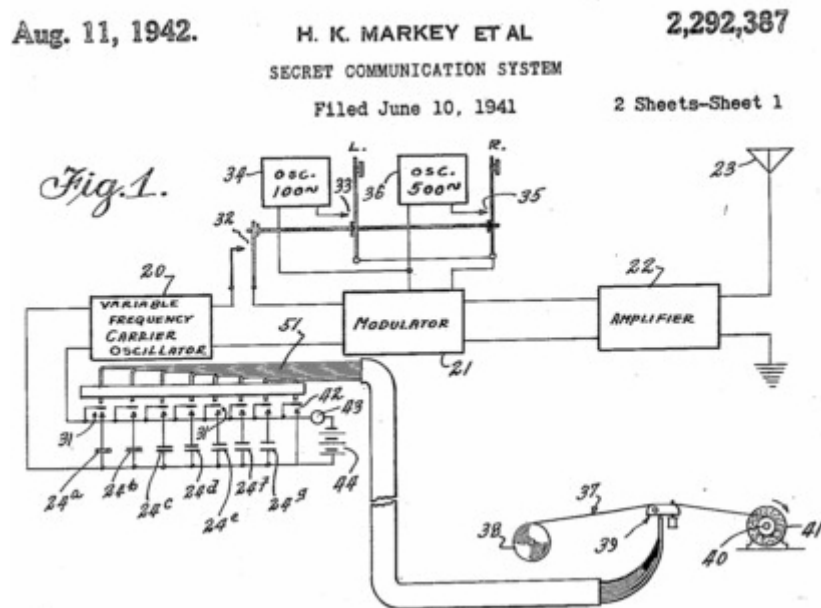
módnál az egységnyi frekvenciasávra eső teljesítményszint csökkenésében nyilvánul meg, a frekvenciaugratásnál pedig az adott adási frekvenciasávban való tartózkodás ideje csökken drasztikusan.

Közismert, hogy az egyes adásmódok által elfoglalt frekvenciaspektrum egyértelműen és kölcsönösen megfelelő módon jellemzi a modulációs módot, amit matematikailag a Fourier-transzformáció ír le. Anélkül, hogy ennek a mélységeibe belemennénk, azt kell tudni, hogy egy rádióadás pillanatnyilag elfoglalt spektruma a vivőfrekvencia környezetében helyezkedik el, arra szimmetrikusan. Ha a vivőfrekvenciát egy másik értékre állítjuk, akkor a spektrumkép is eltolódik. Ha a vivőfrekvencia átkapcsolása másodpercenként legfeljebb ezer-szer történik meg, akkor jellemzően az adás egy elemi időtartama alatt (benntartózkodási idő) az információt hordozó moduláció többször is értéket vált, ekkor lassú hopping rendszerről beszélünk. Ha az információtartalom egy bitideje alatt a vivőfrekvencia többször is értéket vált, akkor pedig gyors frekvenciaugratásról beszélünk. Tipikusan a lassú hopping rendszerek ezer alatti, a gyors hopping rendszerek pedig jóval ezer feletti frekvenciaugrást végeznek másodpercenként, amely érték akár 140.000 felett is lehet.

A frekvenciaugratásos rádiózás igen jól védett a hagyományosnak tekinthető lassú kereséses, szuperheterodin felderítővevőkkel szemben. A gyorsabb letapogatású panoráma-analizátorok képernyőjén megfigyelhetők a frekvenciaugratásos rádiók, mint hol itt, hol ott felvillanó „vonalak”. Követni őket, illetve azt megállapítani, hogy bizonyos idő múlva hol lesz a következő adás, nem lehet, amennyiben adott követelményeknek megfelelő sorrendgenerátort használunk.

Az elemi frekvenciaugrások frekvenciatartománybeli sorrendjét az adás szekvenciájának hívjuk. A frekvenciaugratásos rádiók „lelke” ez a sorrendgenerátor, amely annál jobb, minél hosszabb a kódismétlődések közti idő. A korszerű viszonyok között ez az idő már millió években mérhető, tehát matematikailag bizonyított, hogy „végtelen” hosszú idejű megfigyelés után sem mondható meg, hogy hol lesz a következő jel. Ezek után kanyarodjunk vissza Hedy Lamarr és George Antheil találmányához.

A TALÁL MÁNY LÉNYE GE



A szabadalmi leírásból származó Fig. 1. jelű képen a torpedó rádió-távvezérlésére szolgáló adóberendezés látható. A (20) jelű egység egy változtatható frekvenciájú vivőfrekvencia oszcillátor, amelynek az a feladata, hogy a rádióparancs hordozó jelét (Carrier) előállítsa. Ki-

menete a modulátorra kapcsolódik, amely a *balra* (L), vagy *jobbra* (R) irányító parancs kiadásakor 100, illetve 500 Hz-es frekvenciájú moduláló jelet kap a modulációs bemenetére. A (21) modulátor kimenetén tehát a nagyfrekvenciás kimenő jel három állapotú lehet:

1. Nincs jel – vagyis az adóból nincs kisugárzás;
2. 100 Hz-el modulált vivőfrekvencia, ami egy *balra* parancsot jelent;
3. 500 Hz-el modulált vivőfrekvencia, ami egy *jobbra* parancsot jelent.

A (22) teljesítményerősítő erősíti fel a modulátor kimenő jelét és juttatja a (23) adóantennára.

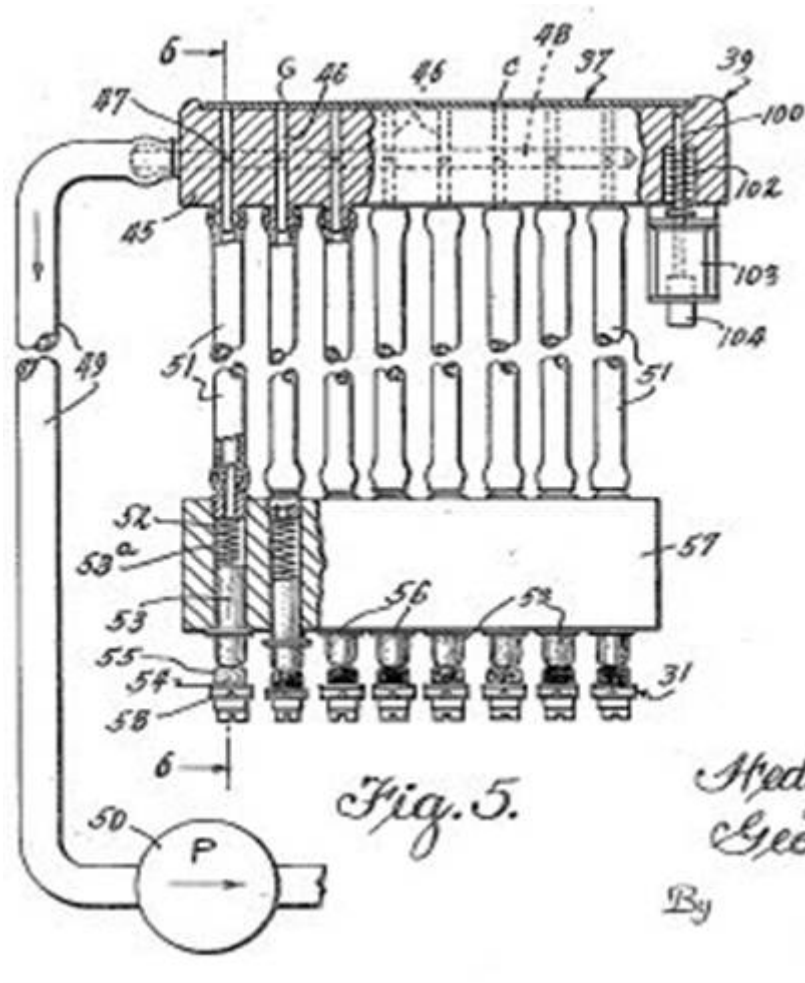
A találmány abban rejlik, *ahogyan* a (20) változtatható frekvenciájú vivőhullám oszcillátor pillanatnyi frekvenciáját meghatározó hangoló elemeket, jelen esetben kapacitásokat a rezgőkörben kapcsolgatjuk. A Fig. 1. kép csak sematikusan ábrázolja, hogy egy kapacitásbank egyes kapacitásait ($24^a - 24^s$ + egy rövidzár, ahol $C=0$) egy kapcsolómechanizmus kapcsolgatja. A nyolc darab kapacitás az összes lehetséges esetet figyelembe véve kombinatorikailag 2^8 , vagyis 256 különböző vivőfrekvencia-állapot előállítására alkalmas.

A kapcsolószerkezet tényleges kivitelezését tekintve George Antheil ötlete volt. Ő korábbi munkái során a Méanique balettben egy tizenhat darab lyukszalagos zongorát szinkronizáló módszert fejlesztett ki, s ugyanezen módszerrel oldotta meg a gyors rádiófrekvencia váltások koordinálását az adónál és vevőnél. Mivel a zongorán 88 billentyű van, a torpedóvezérlő találmány megvalósításában is 88 frekvenciát használtak, bár mint láttuk, matematikailag több eset is lehetséges lett volna.

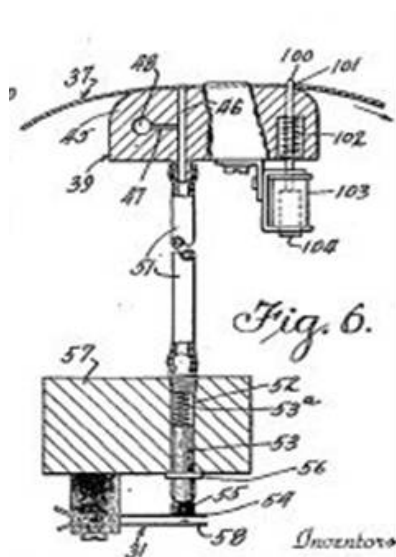


A kombinációkat tartalmazó információhordozó egy nyolc sávban perforált szalag (37) volt, (Fig. 4.) amelyet egy motor (41) csévél le egy dobról (38).

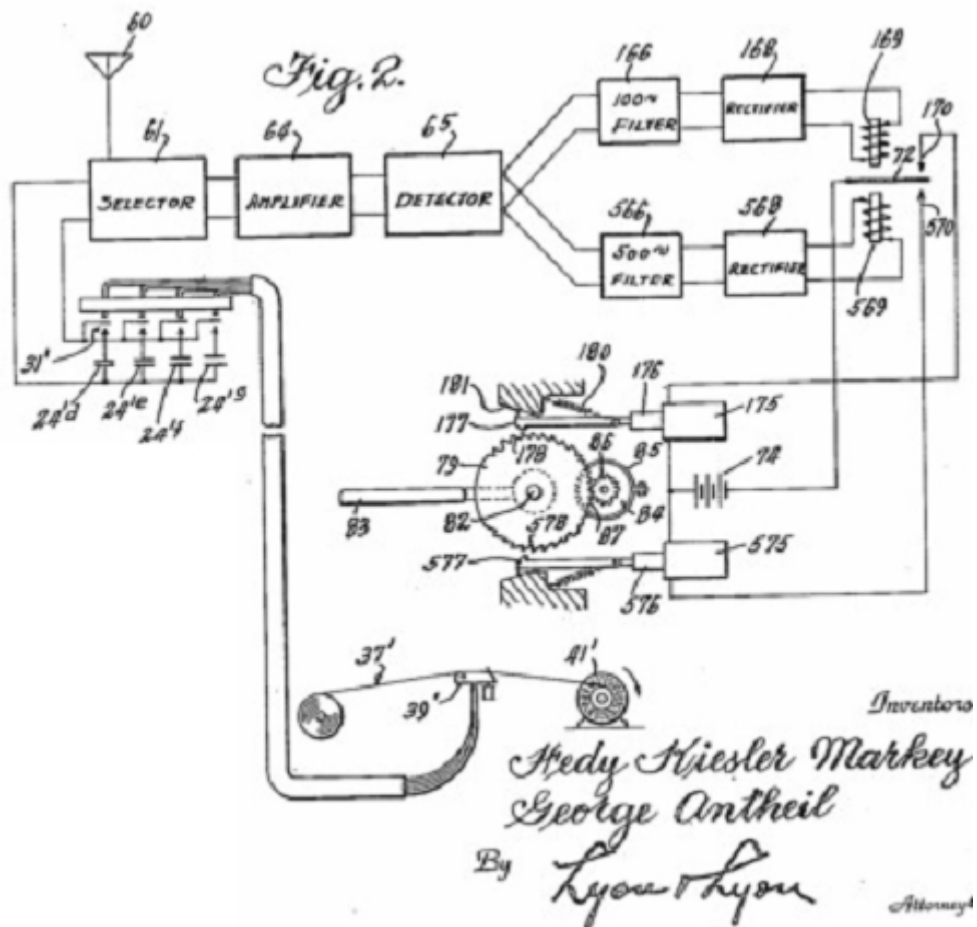
A perforáció adott sorszámú sávja határozta meg, hogy melyik kapacitás legyen bekapcsolva, a hossza pedig azt, hogy mennyi ideig. Ez a külső szemlélő számára egy rendszertelen frekvenciaváltogatás képét mutatta, amit a kor akkori technológiájával sem felderíteni, sem megzavarni nem lehetett.



A szalag egy szelepsor furatai előtt haladt el, amelynek a metszeti képe a Fig. 5. jelű ábrán látható. Amikor a szalag fedte a szelep furatát, akkor az (50) szivattyú által keltett vákuum egy rugó (52) ellenében felemelte az adott munkahengerben lévő dugattyút, amely kikapcsolta az adott kapacitást a rezgő rendszerből. Amikor a szalag haladása során a perforációs rés került a szelephez, a vákuum a (46) furaton át levegőt kapott, a kapcsoló „elejtett”, és a kapacitást bekapcsolta.



A Fig. 6. jelű rajzon a szeleprendszer hatos metszetsvonal mentén készített keresztmetzeti ábrázolása látható. A szalag a domborúra kiképzett felső részen futott, a kapcsolók pedig alul helyezkednek el.



A Fig.2. jelű képen a vevőberendezés látható. A rádiójelet a (60) jelű antenna veszi és a (61) szelektornak nevezett áramkör nem más, mint egy vevőoldali keverő, amelynek másik bemenetére a helyi vezérosszillátor jele kapcsolódik. Ezen a képen már csak sematikusan, négy kapacitással és az egyszerűsített kódkapcsolóval ábrázolják ugyanazt a mechanizmust, mint amit az adóoldalon részletesen megvizsgáltunk. E két rendszer együttfutás esetén biztosítja, hogy a vevő mindig olyan frekvenciájú vezérosszillátor jelet kapjon a keverőjére, hogy éppen az adóoldali kisugárzott jel frekvenciáján vegyen.

A „szelektor” – keverő kimenete a (64) középfrekvenciás erősítőre kerül, amely a detektort hajtja meg. A detektor kimenetéről kapott jel két ágban halad tovább. Az egyikben egy 100 Hz-es, a másikban pedig egy 500 Hz-es sávszűrő található. A sávszűrők a sávjukba eső moduláló jelek vétele esetén a kimenetükön megjelenő jellel rendre meghúzzák a (169) vagy (569) relé egyikét. Ha nincs vett jel, (1. eset volt az adó oldalon) akkor egyik szűrő kimenetén sincs vett jel, tehát az egyik relé sem húz meg. Ha az adóoldalon *balra* -100 Hz, vagy *jobbra* 500 Hz moduláló frekvenciás parancs jön létre, akkor a vevőoldalon a megfelelő csatorna kimenetén lévő relé húz meg és kapcsolja be a (175) vagy (575) jelű gerjesztő tekercs egyikét, amely munkatengelye egy oldalfogazott kerék egy foggal jobbra, vagy balra fordítását végzi. Ez a forgatás áttételeken keresztül mozgatja a torpedó kormány szerkezetét.

Ebben áll tehát a rendszer működése, amelyet a távirányítás módszerének elve alapján ma léptető (tip-tip) módszernek nevezünk, a rádiócsatorna kivitelezése szempontjából pedig frekvenciaugratásos rádióknak.

Vajon milyen védelmet nyújtott ez a kódolási eljárás? A védelem szintje attól függ, mennyire ismerhető ki a frekvenciaváltások rendje. Ha feltételezzük, hogy az egyes torpedó példányokba mindig másféle mintázatú programszalagot építettek (volna) be, akkor minden példány más frekvenciamintát ad, tehát nem ismerhető ki. Mivel egy torpedó működési ideje csak legfeljebb néhány perc, az ő kódmintájának megfejtésére – vagyis az eljárás logikájának megfejtésére - fizikailag nem volt mód, és felesleges is lett volna, mert a másik torpedó egész más sorrendet követ, tehát nem tipikus, vagyis nem ismerhető ki a rendszer szekvenciája.

Mi lehetett az oka annak, hogy a haditengerészet mégsem alkalmazta ezt a módszert? Talán az, hogy az adó és a vevőrendszer frekvencia-szinkronitását nem tudták biztosítani, mivel maga a szabadalmi leírás is úgy írta le az alkalmazás módját, hogy az adó egy repülőgép fedélzetén helyezkedik el, ez hajtja végre a torpedó rávezetést, a vevő pedig a torpedó testében van. A leírásban megadott közös motoros indítás kivitelezése technikailag nem volt helytálló tehát kivitelezhető.

AZ UTÓKOR HÁLÁJA



Az utókor, ha az utolsó pillanatban is, de elismerte ezt a nagyjelentőségű találmányt. Hedy Lamarrt 1997-ben kitüntették a Technika Úttörőjének járó nagydíjjal és bekerült a legnagyobb női feltalálók táborába.

Első női kitüntetettje lett a BULBIEŞ – Gnass Spirit of Achievement Bronze Award – Feltalálói Oscar-díjnak. (1997. aug. 31.)

Európában a Feltalálók Napja november 9-én van, Hedy Lamarr születésnapjának tiszteletére. Nevét a számtalan filmen kívül egy tehetségeket támogató alapítvány, a The Hedy Lamarr Foundation is megőrizte.

Hedy Lamarr 2000. január 19-én, Casselberry otthonában, 86 éves korában hunyt el. Végakarátának megfelelően hamvait a Bécsi erdőben szórták szét.

Irodalom:

1. Female Inventors. <http://www.inventions.org/culture/female/index.html>,
<http://www.inventions.org/culture/female/lamarr.html>
2. 1940's Film Goddess Hedy Lamarr Responsible For Pioneering Spread Spectrum
<http://www.inventionconvention.com/americasinventor/dec97issue/section2.html>
3. Secret Communication System. The Fascinating Story of the Lamarr/Antheil Spread-spectrum Patent.
<http://www.ncafe.com/chris/pat2/index.html>
4. Encyclopædia Britannica – Hedy Lamarr
<http://www.britannica.com/> Search: Hedy Lamarr
5. Wikipedia The free Encyclopedia
http://en.wikipedia.org/wiki/Hedy_Lamarr
6. Movie Legend Hedy Lamarr to be Given Special Award at EFF's Sixth Annual Pioneer Awards.
<http://www.eff.org/awards/pioneer/1997.php>