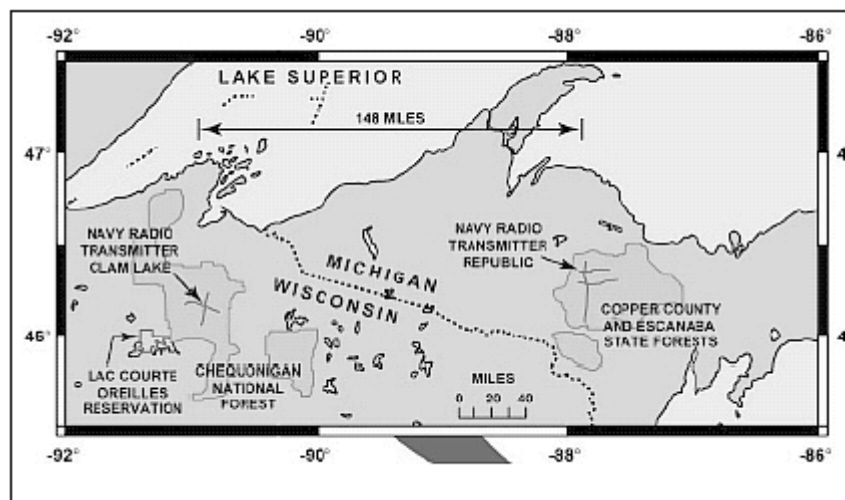


ELF komunikacije s podmornicami

V prejšnji številki sem v članku o zelo nizkih frekvencah na kratko omenil radijske komunikacije s podmornicami. Ker se mi je argument zdel dokaj zanimiv, sem na svetovnem spletu izbrskal še nekaj informacij, predvsem o komunikacijah na ekstremno nizkih frekvencah.

Če na kratko ponovimo: radijski valovi se ne širijo radi po prevodnih medijih, kakršen je morska voda. Dosegljiva globina je tako odvisna od frekvence – nižje frekvence prodrejo globlje. VLF signali prodrejo le nekaj metrov pod vodno gladino, ekstremno nizke frekvence (ELF) pa še nekoliko globlje (nekaj sto čevljev, oziroma 50 – 100 metrov). ELF komunikacije so ključnega pomena za podmornice, ki želijo operirati skrite v varnih globinah (ali pa npr. pod polarnim ledom). Tukaj gre seveda za enosmerno komunikacijo – difuzijo (z zelo nizkim pretokom informacij) s strani kopenskih oddajnikov.

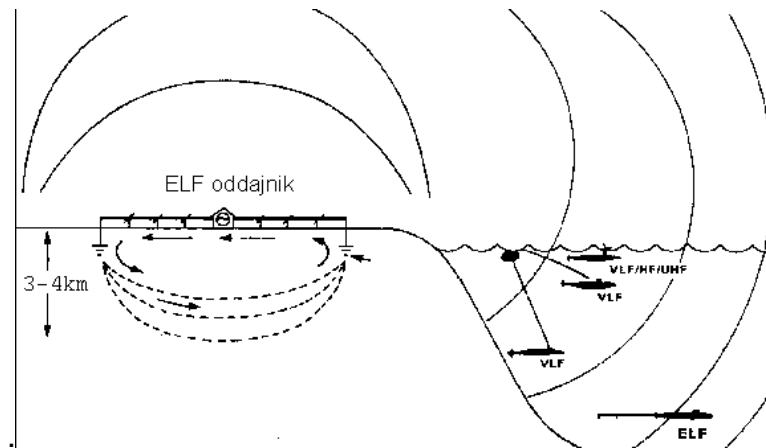
"Sanguine" je bilo ime poskusom, ki so jih v šestdesetih letih na ELF področju začeli Američani. V državi Wisconsin so postavili oddajnik in dvaindvajsetkilometerski dipol. Leta 1976 so pokazali uporabnost ELF komunikacij s podmornicami. Med drugim so načrtovali (in kasneje opustili) tudi sistem podzemeljskih anten ("Shelf"), ki naj bi bile varne pred jedrskim napadom. Po zaključku omenjenega projekta so poskuse kmalu nadaljevali (projekt "Seafarer") in prešli na 45 kilometrov (28 milj) veliko anteno pri Clam Lake Cityju v isti zvezni državi. A je predsednik Carter leta 1978 odločil projekt prekiniti – obudila ga je Reaganova administracija leta 1981. Antenam in oddajnikom v Wisconsinu so dodali še oddajnik z 90 kilometrov (56 milj) antene pri mestu Republic v zvezni državi Michigan.



Slika 1: Lokacija in tloris ameriških ELF anten

Sistem je postal polno operativen proti koncu osemdesetih let. Oddajnika, vsak napaja anteno z močjo okoli megavata, oddajata sočasno in sinhronizirano. Antene so navzven dokaj podobne običajnemu daljnovodu, na koncih pa so ozemljene. Lokacija je bila skrbno izbrana – od geoloških pogojev je namreč odvisen izkoristek. Tla pod anteno morajo biti čimbolj neprevodna – najbolj primerni so ostanki starih predkambrijskih masivov blizu površja. Anteno tako predstavlja velikanska tokovna zanka v vertikalni ravnini. Izsevana moč je, glede na vloženo, še zmeraj smešno nizka – okoli 8W, kar pa zadošča za skoraj globalno pokrivanje. Sistem lahko deluje na dveh frekvenčnih pasovih (40 – 50 Hz ter 70 – 80 Hz), a je praviloma aktiven le na

frekvenci 76 Hz (valovna dolžina okoli 4000 km). Podmornice za sprejem običajno uporabljajo žično anteno, ki jo vlečejo za seboj, novejša izvedba pa so vgrajene v sam trup.



Slika 2: Delovanje ELF tokovne zanke

ELF komunikacije uporablja tudi ruska mornarica. Signal njihovega sistema "ZEVS" so 1990 leta zaznali znanstveniki, ki spremljajo in proučujejo dogajanja na nizkih frekvencah. Ocenili so, da je ruski signal (da se ga sprejemati tudi z amatersko tehniko), ki ga sevajo dve šestdesetkilometerski anteni, za približno 10 decibelov močnejši od ameriškega, oddajajo pa na 82 Hertzih. "ZEVS" se nahaja na polotoku Kola, okoli sto kilometrov severozahodno od Murmanska.

Prenos podatkov oz. modulacija so spet poglavje zase. Večinoma se uporablja MSK (Minimum Shift Keying, modulacija z najmanjšim preskokom), nekaj pa so uporabljali tudi (QRSS) telegrafije. Frekvenčni preskoki so seveda minimalni – ruski "ZEVS" npr. uporablja naslednjo obliko: iz mirovanja na 82 Hz gre oddajnik najprej za 8 minut na 81,6 Hz, nato 4 minute na 82,7 Hz, 38 sekund na 81 Hz ter 22 sekund na 83,3 Hz. Tej "glavi" nato sledi 16 minutni kriptiran prenos podatkov (hitrost nekaj bitov na minuto), kjer se prenaša zaporedje treh črk, ki pomeni določeno sporočilo. Dostikrat pa se ELF uporablja samo kot nekakšen zvonec, ki posadko opozori, naj se dvigne bliže površju in uporabi kako drugo komunikacijsko sredstvo.

ELF kljub navidezni arhaičnosti ostaja pomemben člen podmorniških komunikacij. Spekter teh je sicer izredno pester in gre od mrež podvodnih akustičnih repetitorjev (dosega 10–30 km) pa do uspešnih poskusov laserskih komunikacij (v modrozelenem optičnem oknu), poleg vseh "klasičnih" radijskih komunikacij, ko se podmornica nahaja na površju oziroma potopljena vleče za seboj komunikacijsko bojo.

Literatura:

- [1] R. Romero, "Reception of submarine communication systems", <http://www.vlf.it>
- [2] T. Jacobsen, "ZEVS, the russian 82Hz ELF transmitter", <http://www.vlf.it>
- [3] "ELF transmitter site Clam Lake, Wisconsin", fs_clam_lake_elf.pdf
- [4] "Submarine communications master plan",

<http://www.fas.org/man/dod-101/navy/docs/scmp/index.html>
[5] "ELF communications program – US nuclear forces",
<http://www.fas.org/nuke/guide/usa/c3i/elf.htm>

Gregor, S53RA

Dopolnilo članka o ELF komunikacijah s podmornicami

Pri članku o radijskih komunikacijah s podmornicami sem v delu, ki se nanaša na oddajno ELF anteno, omenil tudi njeno ozemljitev na konceh. Uporabljeni pojem "ozemljitev" je tukaj morda nekoliko varajoč. Vsekakor ne gre za ozemljitev v klasičnem pomenu besede. Namreč, ELF anteno (tokovno zanko) predstavljajo žice, ki tečejo po površju Zemlje ("daljnovodi"), te pa so nato na konceh "ozemljene" – v bistvu se na mestih ozemljitve antena nadaljuje po jaških vertikalno v globino (3 do 4 kilometre pri ameriški in baje 10 kilometrov pri ruski različici). Tam se dejansko "ozemlji", kar pa v tem primeru pomeni, da dobi stik z nekoliko bolj prevodno plastjo podzemlja in po tej plasti se lahko tokovna zanka nadaljuje in sklene pri ustrezni "ozemljitvi" drugega konca antene, kot to prikazuje slika v članku.

Za konec naj dodam še en podatek, ki mi je ušel. Omenil sem izredno majhne frekvenčne preskoke pri modulaciji ruskega sistema. No, američani so tu nekoliko bolj potratni s frekvenčnim spektrom in modulirajo s preskokom +/- 4Hz, se pravi 72 in 80 Hz pri osrednji frekvenci 76 Hz.

Gregor, S53RA