

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 28 (2000/2001)

Številka 4

Strani 226-233

Janez Strnad:

STO LET RADIA

Ključne besede: fizika, električno nihanje, Heinrich Hertz, Guglielmo Marconi, radijski valovi, radiotelegraf, radio.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/28/1445-Strnad.pdf>

© 2001 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

STO LET RADIA

Leta 2000 je bilo nekaj pomembnih fizikalnih obletnic. Najpomembnejša je stoletnica Planckove zamisli o energijskih kvantih, ki je uvedla kvantno fiziko in pozneje pripeljala do kvantne mehanike. V njeni senci je ostala stoletnica radia. Za to je nekaj razlogov. Začetka radia ni mogoče povezati z določenim datumom, kot je 14. december 1900, ko je Planck svojo zamisel razkril na zasedanju berlinske podružnice Nemskega fizikalnega društva. Poleg tega radio ni pripeljal do novih osnovnih spoznanj v fiziki. Je pa radio tako močno vplival na naše življenje, da je vredno na kratko osvetliti njegove začetke.

Prve začetke lahko vidimo v raziskovanju električnega nihanja. William Hyde Wollaston je leta 1801, torej pred dvesto leti, učinek toka, ki ga je po sklenjenem električnem krogu pognala Voltova baterija, primerjal z učinkom kratkotrajnega toka, ko je po enakem krogu izpraznil naelektreno leidensko steklenico – tedanji kondenzator. Pri elektrolizi vode je opazil, da se je v drugem primeru na eni in na drugi elektrodi nabrala mešanica vodika in kisika. Po tem je sklepal, da je tok ubral zdaj eno zdaj drugo smer. Joseph Henry je leta 1842 opazoval indukcijo pri praznjenju leidenske steklenice in po nihanju magnetnice ob krogu sklepal, da je "glavnemu toku v eni smeri sledilo nekaj odbitih tokov nazaj in naprej, šibkejših od prejšnjih". Hermann von Helmholtz je leta 1847 pribil, da se pri praznjenju kondenzatorja pojavi tok v eno in drugo stran kot "nihanje, ki postaja vse šibkejše". Po letu 1853 je lord Kelvin za nihajni krog iz kondenzatorja s kapaciteto C in tuljave z induktivnostjo L izpeljal frekvenco $\nu = 1/2\pi(LC)^{1/2}$. Behrend Willhelm Feddersen je okoli leta 1860 z osciloskopom na vrteče se zrcalo opazoval časovni potek isker pri praznjenju kondenzatorja. Vodnik v nihajnem krogu so prekinili in krajišči oblikovali v konic. Z mikrometrskim vijakom so uravnavali razmik med konicama in opazovali iskre med njima.

Helmholtz je uporabil nihajni krog s tuljavo z razmeroma veliko induktivnostjo in kondenzator z majhno kapaciteto. Poskuse je leta 1885 povzel njegov nekdanji asistent Heinrich Hertz. Nihanje v nihajnem krogu z iskriščem je zaznaval tako, da mu je približal drug nihajni krog v obliki ovoja z iskriščem. Z mikrometrskim vijakom je spreminjal razmik med konicama v *sprejemnem krogu* in z največjim razmikom, pri katerem so še preskakovale iskre, ocenil, kako močno je nihanje. Ugotovil je, da so bile iskre daljše, če je *oddajnemu krogu* dodal ravno žico s kovinskama telesoma na krajiščih kot *oddajno anteno*. Največja dolžina isker v iskrišču se je spreminjala, ko je spreminjal obseg sprejemnega nihajnega kroga.

Tako je opazoval resonanco električnega nihanja v sprejemnem krogu z nihanjem v oddajnem krogu.

S prilagajanjem naprav in okoliščin pri poskusih je dosegel, da je vpliv nihanja v oddajnem krogu segel do sprejemnega kroga v oddaljenosti več kot deset metrov. Proti koncu leta 1887 je naredil poskus, pri katerem so se valovi odbili na pločevini in je nastalo stoječe valovanje. To valovanje je otipal s sprejemnim krogom in določil valovno dolžino 9,6 metra. Tako je odkril radijske valove. Novo vrsto poskusov je naredil z valovi z valovno dolžino 66 centimetrov. V goriščno črto v parabolični valj zvite pločevine je postavil oddajno anteno in dobil vzporeden curek valovanja. Z njim je opazoval odboj, lom in pojave, značilne za valovanje. O Hertzevih poskusih in o njihovem pomenu pri uveljavljanju Maxwellove elektrodinamike je poročal članek *Ob stoletnici smrti Heinricha Hertza*, Presek **21** (1993/94) 226.

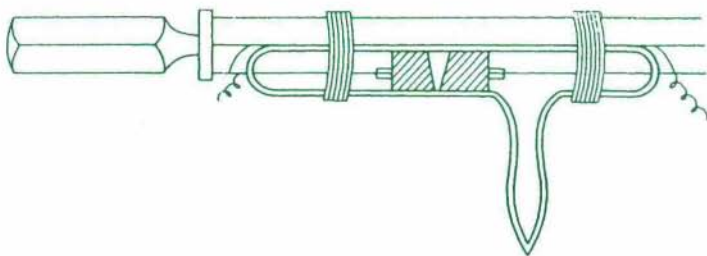
Zdaj gre za drugo posledico Hertzevih poskusov, ki so jih kmalu ponovili Oliver Lodge v Angliji, Augusto Righi v Italiji, Aleksandr Popov v Rusiji in Eduard Branly v Franciji. Spočetka nihče ni pomislil na to, da bi lahko radijske valove uporabil za prenašanje sporočil na daljavo. To se danes zdi nenavadno, ker se je več raziskovalcev ukvarjalo z žičnim telegrafom in telefonom. George Fitzgerald je celo zapisal, da ni mogoče "povzročiti z električnimi silami valovne motnje v etru". Tudi Hertz naj bi na vprašanje Münchenskega inženirja odgovoril, da njegovih valov ne bo mogoče izkoristiti za prenašanje sporočil. Ni jasno, ali je tako mislil zaradi velike razlike med frekvenco radijskih valov in frekvenco zvoka ali zaradi močnega dušenja električnega nihanja. Med prvimi je William Crookes leta 1892 omenil možnost, da bi z radijskimi valovi prenašali sporočila z Morsovimi znaki.

Zaznavanje valov z opazovanjem isker v sprejemnem krogu v odvisnosti od razdalje med konicama je bilo zamudno in nenatančno. Že nekaj časa so vedeli, da se upor kovinskega praška ali opilkov na izolatorski ploščici ali v stekleni cevki izrazito zmanjša, ko v bližini izprazniijo kondenzator. Pojav je podrobneje obdelal Branly, ki je leta 1890 zapisal: "Če sestavimo krog iz Daniellovega člana, občutljivega galvanometra, kovinskega vodnika in ebonitne ploščice z nanesenimi bakrenimi opilki ali cevke z opilki, je tok večinoma zanemarljivo majhen. Upor pa se sunkovito zmanjša, kar opazimo po velikem odklonu galvanometra, če blizu kroga povzročimo eno ali več razelektritev." Pri poskusih je uporabil opilke iz železa, aluminija, kadmija, antimona, cinka in bizmuta. Štiri leta pozneje je objavil še eno razpravo, ne da bi pojav povezal z radijskimi valovi. To je tega leta storil Lodge, ki je uvedel kovinske opilke v stekleni cevki kot nekakšen ojačevalnik. Imenoval ga je *koherer* in menil, da je precej

pripravnejši od iskrišča. Pojava pozneje niso podrobneje raziskali, ker so koherer po petih letih nehali uporabljati in je danes popolnoma pozabljen. Kovinski koščki se v električnem polju delno uredijo, tako da se poveča površina, na kateri se med seboj dotikajo, in se zaradi tega zmanjša upor.

Po Hertzovi smrti leta 1894 je o njegovih poskusih bral Guglielmo Marconi, ki je pozneje zapisal: "Zazdelo se mi je, da bi bilo mogoče pošiljati sporočila preko znatnih razdalj, če bi sevanje ojačili, razvili in nadzorovali. Moja glavna težava je bila v tem, da je bila zamisel v svoji logiki tako preprosta. Težko sem verjel, da je ni uresničil že kdo drug. Mislil sem, da je veliko zrelih znanstvenikov sledilo istemu razmišljanju in prišlo do skoraj podobnih sklepov. Že spčetka se mi je zazdela tako resnična, da nisem mogel dojeti, da je za druge popolnoma fantastična."

Marconi je v Bologni leta 1895 ponovil Hertzeve poskuse in ugotovil, da bo s Hertzevimi valovi mogoče prenašati sporočila in da se bodo ti valovi obnesli veliko bolje od svetlobnih signalov. Uporabil je izpopolnjeni koherer, v katerem je med srebrni elektrodi v stekleni cevki dal nikljeve in srebrove opilke (slika 1). Izkoristil je resonanco med oddajnim ter sprejemnim nihajnim krogom in prenašal sporočila na razdaljo poldruga kilometra. Koherer je vključil v krog z Voltovo baterijo in občutljivim telegrafskim relejem, ki je v drugem krogu sprožil magnet v pisalniku ali zvonec. Za krajši ali daljši čas je sklenil tipkalo v oddajnem krogu in tako povzročil, da je oddajnik oddajal sunke radijskih valov krajši ali daljši čas. Tako je dobil pike in črtice (slika 2).



Slika 1. Marconijev koherer je imel v stekleni cevi med srebrnimi elektrodama (osenčeno) srebrove in nikljeve opilke. Koherer je deloval kot nekakšen ojačevalnik: ko so skozenj speljali visokofrekvenčni tok iz sprejemne antene, se mu je zmanjšal upor, tako da se je povečal tok.

Postopno je uvedel še druge izboljšave. Ozemljal je eno krajišče oddajnega kroga in drugo krajišče priključil na visoko oddajno anteno, v katero je vezal kovinsko telo s čim večjo kapaciteto (slika 3). Z dva metra visoko anteno s kositrno kocko z robom 30 centimetrov je dosegel razdaljo

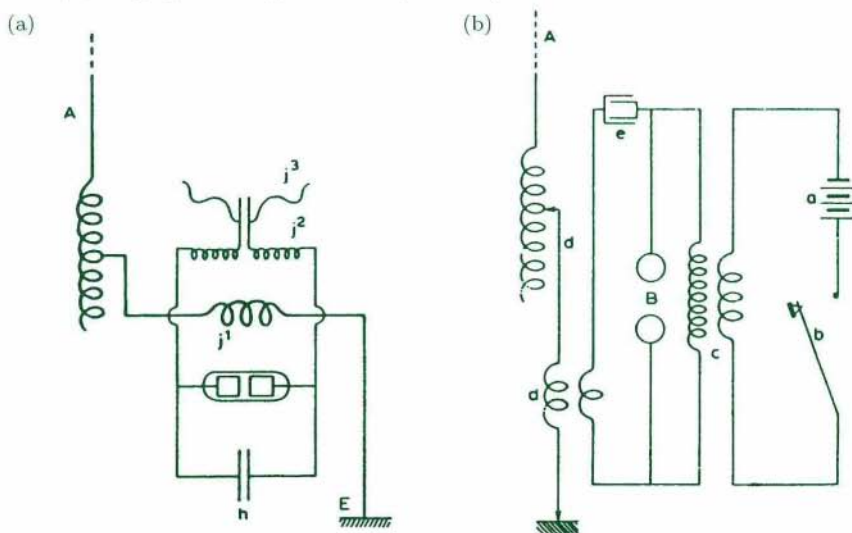
30 metrov, s štirimetrsko anteno razdaljo 100 metrov in z osemmetrsko anteno razdaljo 400 metrov, če je uporabil kositrno kocko z robom en meter pa celo 2400 metrov. Leta 1896 je prenašal sporočila na razdaljo 2800 metrov in je napravil patentiral. Uvidel je, da v Italiji nima dovolj možnosti za razvoj in se je preselil v Anglijo. Tam je leta 1897 prenašal sporočila najprej na razdaljo več kot šest kilometrov in nato še na razdaljo 14 kilometrov.

Rusi zatrjujejo, da je Popov že pred Marconijem leta 1895 predaval o možnosti radijskega prenosa. Naslednje leto je tak prenos demonstriral na zasedanju ruskega fiziko-kemijskega društva med kemijsko in fizikalno predavalnico univerze v Peterburgu na razdalji 250 metrov. Pri tem je uporabil navpični žici kot oddajno in sprejemno anteno. Naslednje leto naj bi prenašal sporočila med ladjama v oddaljenosti pet kilometrov. Leta 1899 so na ta način prenesli sporočilo na razdaljo 43 kilometrov pri reševanju skupine ribičev v Baltiku. Italijani poudarjajo zasluge Righija, ki je meril z valovi z valovno dolžino 10,6 in pozneje 7,5 centimetra. Pri razvoju radia je sodeloval tudi Nikola Tesla, ki je neodvisno od Popova uporabil navpično žico kot anteno, uvedel anteno s polovično valovno dolžino, predlagal dvojni nihajni krog v oddajniku in sprejemniku ter leta 1898 na daljavo krmaril ladjico. Izumil je *Teslov transformator* z iskriščem, s katerim je delal poskuse z visokofrekvenčnim tokom in pokazal, da človeku ne škodi. Zamislil si je celo, da bi z radijskimi valovi – namesto z daljnovodom – prenašal električno energijo. Poskusi pa niso dali zaželenih rezultatov in jih je moral pozneje zaradi pomanjkanja denarja opustiti.

Nekateri so menili, da Marconi v resnici ni odkril nič novega in se je le okoristil z delom drugih. To je bilo slišati posebno leta 1909, ko si je delil Nobelovo nagrado za fiziko s Ferdinandom Braunom, odkriteljem katodne cevi. Marconi je v Nobelovem predavanju priznal, da ni nikoli študiral fizike ali elektrotehnike in da je poslušal samo en tečaj fizike, da pa je zasledoval delo Hertza, Righija in Branlyja. Nepristranski opazovalec je tedaj zapisal, "da bi se brez Marconijeve zagnanosti, zmožnosti in podjetnosti radio ne mogel komercialno uveljaviti, ne bi prekril Zemlje s svojimi postajami in ne bi dosegel vpliva, ki ga ima".

Od leta 1898 Marconi ni vezal kohererja med anteno in zemljo, ampak v sekundarno tuljavo transformatorja, katerega primarna tuljava je bila priključena med sprejemno anteno in zemljo. Tako je bolje izkoristil resonanco in dosegel, da je sprejemna antena z uglašnim nihajnim krogom sporočila sprejela, druge sprejemne antene z neuglašnim krogom pa sporočila niso zaznale. Po številnih poskusih v Italiji in Angliji je Marconi leta 1899 prenašal sporočila že na razdaljo 64 kilometrov med

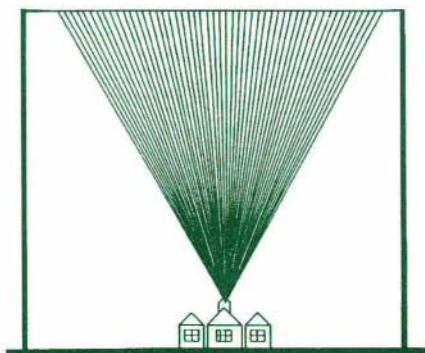
Anglijo in Francijo. Še naprej je izpopolnjeval naprave. Leta 1899 je povečal kapaciteto oddajnih anten tako, da je ob njih napel ozemljene prevodnike in zaporedno z njimi vezal tuljave (slika 4a). Marconi je pač na vse načine poskušal povečati doseg svojega oddajnika. Med temi načini so bili tudi taki, ki se morda danes zdijo nekoliko nenavadni. Podobno so ravnali tudi drugi, npr. Braun. Marconi je zmanjšal še dušenje v nihajnem kroga in tako bolje izkoristil resonanco. Nihajnemu krogu z močnim dušenjem namreč ustreza široka resonančna krivulja, krogu z manjšim dušenjem pa ožja. V krogih z manjšim dušenjem je tako resonanca postala pomembnejša. Z manj dušenim nihajnim krogom je bilo mogoče zaznati valove na večji razdalji. Na isto oddajno anteno je priključil več različno uglašeni nihajnih krogov. Marconijeva naprava je leta 1900 imela toliko novosti, da jo je znova patentiral (slika 4b).



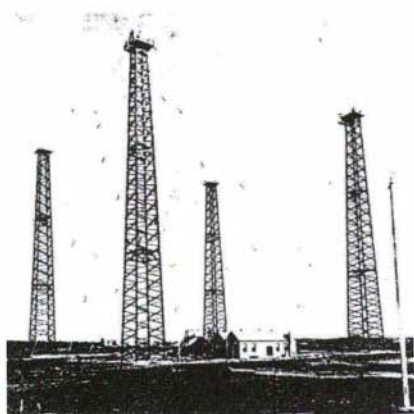
Slika 4. V Marconijevem sprejemnem krogu iz leta 1898 je bila antena A preko primarne tuljave transformatorja j^1 priključena na zemljo E, sekundarna tuljava j^2 pa je bila vključena v nihajni krog s kohererjem in kondenzatorjem (a). Oddajnik iz leta 1900 je vseboval krog z baterijo a, stikalo s tipko b in primarno tuljavo c. Baterija je pognala tok po krogu, ko so sklenili stikalo. Drugi krog je vseboval sekundarno tuljavo, iskrišče B, kondenzator e in še tuljavo d, ki je inaktivno sklopljena s tuljavo v oddajni anteni A (b).

Pri prenašanju sporočil na zelo veliko oddaljenost so pričakovali nekaj težav, od katerih pa se nekatere sploh niso pojavile. Tako npr. ukrivljenost zemeljskega površja ni motila. Na začetku leta 1901 je Marconi prenašal

sporočila med krajema na angleški obali v oddaljenosti 300 kilometrov, čeprav anteni nista bili višji od 100 metrov. Zaradi ukrivljenosti površja se je med njima pojavila 1600 metrov visoka ovira, ki pa radijskih valov ni zmotila. Potovali so ob zemeljskem površju. Proti koncu leta 1901, torej pred sto leti, je prvič prenašal sporočila čez Atlantik. Oddajna antena na angleški obali je vsebovala veliko žic, ki so bile napete pahljačasto med zgradbo in 60 metrov dolgim vodoravnim nosilcem v višini 48 metrov (slika 5a). Dotlej je uporabljal v oddajniku razmeroma majhno električno moč, zdaj pa je moč dosegla 25 kW. Sprejemna postaja je bila na obali Nove Fundlandije. Naslednje leto je iz iste oddajne postaje prenašal sporočila do angleške raziskovalne ladje, ki je plula proti ameriški obali. Pri tem se je pokazalo, da je ponoči prenos precej manj moten kot podnevi. Motnje so se pojavile tudi zvečer in zjutraj, ko so radijski valovi prešli iz osvetljenega dela zemeljskega površja v neosvetljeni del ali obratno. Marconi je to pripisal toku naelektrenih delcev s Sonca. Naslednje leto je ponovil poskuse med omenjeno oddajno postajo in križarko, ki mu jo je dal na voljo italijanski kralj. Tega leta so izmenjali prve uradne brzjavke čez Atlantik. Spomladi 1903 je londonski Times začel vsak dan objavljati novice, ki jih je po radiu dobil iz ZDA. Tedaj so že zgradili oddajne in sprejemne antene z več stolpi (slika 5) in antene, ki so oddajale v eni smeri močnejše kot v drugih.



(a)



(b)

Slika 5. Oddajna antena v Poldhuju na cornwallski obali Anglije, s katero so leta 1901 prvič prenesli sporočilo z radjskimi valovi preko Atlantika do postaje na Novi Fundlandiji (a), in fotografija ene od poznejših anten s širimi stolpi (b).

Beseda radio se je uveljavila šele med letoma 1910 in 1915 kot okrajšava za radiotelegraf. Ne gre pozabiti, da so vse opisane naprave oddajale sporočila le v Morsovi abecedi. To so bile predhodnice radia, ki prenaša govor in glasbo in katerega razvoj bo opisal prispevek v naslednji številki. Do danes je veliko naprav, ki so jih nekdanje uporabljali pri radijskem prenosu, zatonilo v pozabo. Glavna zamisel pa se je razvijala dalje in se tako razvila, da si je življenje brez radia težko zamisliti.

Janez Strnad
