

1

OSNOVE ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA

Kao rezultat naglog razvoja elektrodinamike u 19. vijeku, nastala je teorija o elektromagnetskim talasima kao posebnom obliku elektromagnetskog polja.

Početak 19. vijeka, danski fizičar *Hans Cristian Oersted (1777-1851)* i engleski fizičar *Michael Faraday (1791-1867)*, iznijeli su teoriju o nerazdvojjivosti električnog i magnetskog polja. Godine 1846. engleski naučnik *James Clarc Maxwell (1831-1879)* objavio je potpunu teoriju elektromagnetskog polja kojom je u cjelini objasnio osnove električnih i magnetskih pojava. On je teoriju elektromagnetskog polja predstavio matematički u formi kasnije nazvanih Maxwellovih jednačina, koje se mogu iskazati i riječima u formi sljedećih kratkih rečenica:

- Linije sila električnog polja imaju svoj početak i kraj u električnim nabojima.
- Linije sila magnetskog polja su zatvorene krive.
- Promjenljivo magnetsko polje uzrok je nastanka električnog polja.
- Promjenljivo električno polje i električni naboji u kretanju uzrok su nastanka magnetskog polja.

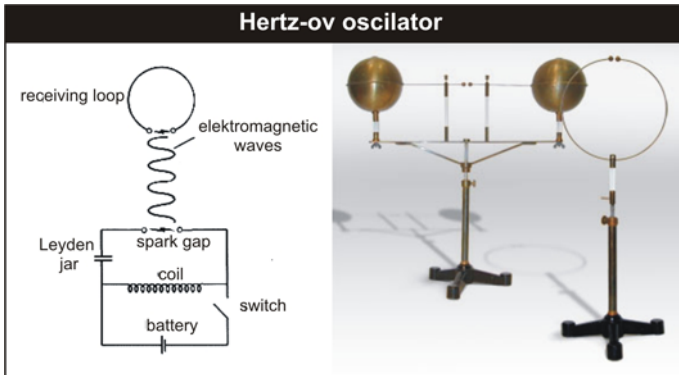
Iz Maxwellovih jednačina proizilazi da su elektricitet i magnetizam različite manifestacije jedinstvene elektromagnetske sile.

Ni električno ni magnetsko polje neće samo za sebe poći nigdje, ali kako je Maxwell opisao, promjena magnetskog polja stvara promjenu električnog polja i obratno. Promjene ovih polja u prostoru oko neke raspodjele električnih naboja mogu se, ako su ispunjeni određeni uslovi, manifestovati i kao elektromagnetski talasi koji se prostorom šire konstantnom brzinom svjetlosti. Maxwell zaključuje da su i svjetlosni talasi također elektromagnetski talasi.

Ekperimentalnu potvrdu Maxwellovih postulata dao je 1887. njemački fizičar *Heinrich Hertz (1857-1894)*. U njegovu čast, jedinica za mjerenje frekvencije elektromagnetskih talasa (jedna oscilacija u sekundi) je nazvana Hertz (Hz).

U svom eksperimentu, Hertz je uspio da prenese iskru jakog električnog naboja sa jedne bakarne žice, na drugu bakarnu žicu u obliku kruga, koje su bile udaljene par metara jedna od druge.

Na slici 1.1, prikazana je šema i konstrukcija prvog Hertz-ovog oscilatora.



Slika 1.1

Hertz je dokazao ono što je Maxwell samo teoretisao: da se elektro-magnetski talasi kreću brzinom svjetlosti (što potvrđuje da su EM talasi vrsta svjetlosti i obrnuto) i pronašao je način kako da proizvede električno i magnetsko polje "zakačeno" jedno za drugo u prostoru oko antene, te je tako proizveo elektromagnetski talas koji se kreće baš kako je Maxwell pretpostavio.

Elektromagnetski talasi dobijeni u Hertzovom eksperimentu imali su talasnu dužinu približno 1 metar, što predstavlja milion puta veću vrijednost od talasnih dužina vidljive svjetlosti, a osobine tih talasa (refleksija, ogib, interferencija) su odgovarale osobinama svjetlosti.

1.1. OSNOVNI POJMOVI ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA

Elektromagnetsko (EM) polje je fizičko polje proizvedeno od strane naelektrisanih objekata i teorijski se prostire do beskonačnosti. Ono djeluje Lorencovom silom na naelektrisane objekte koji se nađu u njemu.

Elektromagnetsko polje predstavlja kombinaciju električnog i magnetskog polja, s tim da električno polje proizvode stacionarna naelektrisanja, a magnetsko naelektrisanja u kretanju (električne struje). U prošlosti su se teorije električnog i magnetskog polja posmatrala odvojeno, a kasnije je shvaćeno da su električno i magnetsko polje samo dva dijela jedne veće cjeline - elektromagnetskog polja.

Jednom kad je elektromagnetsko polje proizvedeno od strane neke date raspodjele naelektrisanja, druga naelektrisanja koja se nađu u tom polju - trpe silu, pa se EM polje smatra dinamičkim entitetom koji uzrokuje da se druga naelektrisanja i struje,

koje se nađu u njemu kreću, s tim da i oni djeluju na primarno polje svojim vlastitim poljem koje se, po istom principu, javilo oko njih.

Ta interakcija se opisuje Maxwellovim jednačinama i Lorencovim zakonom sile.

Sa stanovišta klasične teorije EM polje se može smatrati glatkim kontinuiranim poljem koje se prostire u vidu talasa, dok se sa stanovišta kvantne mehanike može posmatrati kao da je sazdano od individualnih korpuskula-fotona. U skladu s tim EM polje se može sagledati kao: kontinuirana struktura ili diskretna struktura.

Elektromagnetsko zračenje predstavlja samoprostirući talas u prostoru ili kroz materiju i ono ima i električnu i magnetsku komponentu koje osciluju u fazi normalno (pod uglom od 90°) jedna na drugu i u smjeru prostiranja talasa, odnosno energije. S obzirom na frekvenciju tog oscilovanja formiran je spektar EM zračenja koji sadrži RF, MT, THz, infra crveno, vidljivo, ultravioletno, X i gama zračenje.

Inače, pod pojmom "zračenje" se podrazumijeva energija u formi talasa ili subatomske čestice u kretanju emitovanih od strane atoma ili drugih tijela, kad se ona mijenja od višeg energetskog stanja u niže energetsko stanje. Može se klasifikovati kao **jonizirajuće** ili **nejonizirajuće**, u zavisnosti od njegovih efekata na atom.

Pojam "zračenja" se obično odnosi na **jonizirajuće** zračenje koje ima dovoljno energije da jonizuje atome ili molekule, dok nejonizirajuće zračenje nema dovoljno energije. U prirodi postoji radioaktivni materijal koji emituje jonizirajuće zračenje i ono je do sada relativno dobro istraženo, sa svih aspekata uključujući i djelovanje na žive organizme. Međutim, zadnjih godina se sve veća pažnja posvećuje i izučavanju **nejonizirajućeg** zračenja zbog činjenice da životna sredina sve više postaje "zagađena" ovim zračenjem, te se opravdano nameće pitanje: Koje su razmjere štetnosti ovog zračenja na živa bića?

Ako se u nekom prostoru ima EM polje, to još uvijek nije dovoljno da bi se formirao EM talas, jer za to je potrebno ispuniti još neke dodatne uslove. Zbog toga se često pod pojmom zračenja podrazumjevaju samo takva stanja koja omogućuju emitovanje EM talasa, mada se i stanje samo postojanja EM polja u nekom prostoru može smatrati stanjem zračenja energije iz sistema naelektrisanja koje stvara to polje.

Imajući to u vidu elektromagnetska zračenja se mogu podijeliti u dvije grupe: prirodna i tehnička zračenja, kako slijedi:

Prirodna zračenja obuhvataju:

- magnetsko polje Zemlje (cca $45 \mu\text{T}$),
- neutralno električno polje vazduha,
- rezonantna frekvencija Zemlje (cca 10 Hz),
- promjenjivo atmosfersko polje (0 - 30 Hz),
- kosmički i terestrički mikrotalasi,
- radiotalasi sa Sunca i iz kosmosa,
- infracrveno zračenje,
- svjetlosno zračenje,
- rendgensko i gama zračenje i
- korpuskulama zračenja.

Za prirodna zračenja, koja su takođe kao i sve, dio jedinstvenog elektromagnetskog spektra upotrebljava se jednostavno pojam "zračenje".

U svakodnevnoj komunikaciji pod pojmom elektromagnetskog zračenja, podrazumijevaju se tehnički proizvedena električna i magnetska polja.

Osnovni izvori **tehničkog zračenja** su:

- elektrostatička polja,
- elektroenergetska postrojenja i uređaji,
- radio i televizijski predajnici,
- električni uređaji u industriji i domaćinstvu,
- željeznička i tramvajska električna mreža,
- telekomunikaciona mreža,
- radarska postrojenja,
- infracrveno zračenje,
- ultrazvučno zračenje i
- rendgensko zračenje.

U fizici postoji pojam koji jasno određuje specifičnosti elektromagnetskih zračenja, a zove se spektar elektromagnetskog zračenja (*slika 1.2*).

Ovaj spektar vrši klasifikaciju zračenja po talasnoj dužini, odnosno frekvenciji elektromagnetskih talasa u grupe koje imaju slične osobine. Svi tipovi elektromagnetskog zračenja imaju iste fizičke osobine u smislu divergencije, interferencije, spajanja i polarizacije, a razlikuju se po količini energije.

Uopšteno, nejonizirajući dio elektromagnetskog spektra možemo podijeliti u tri široke oblasti:

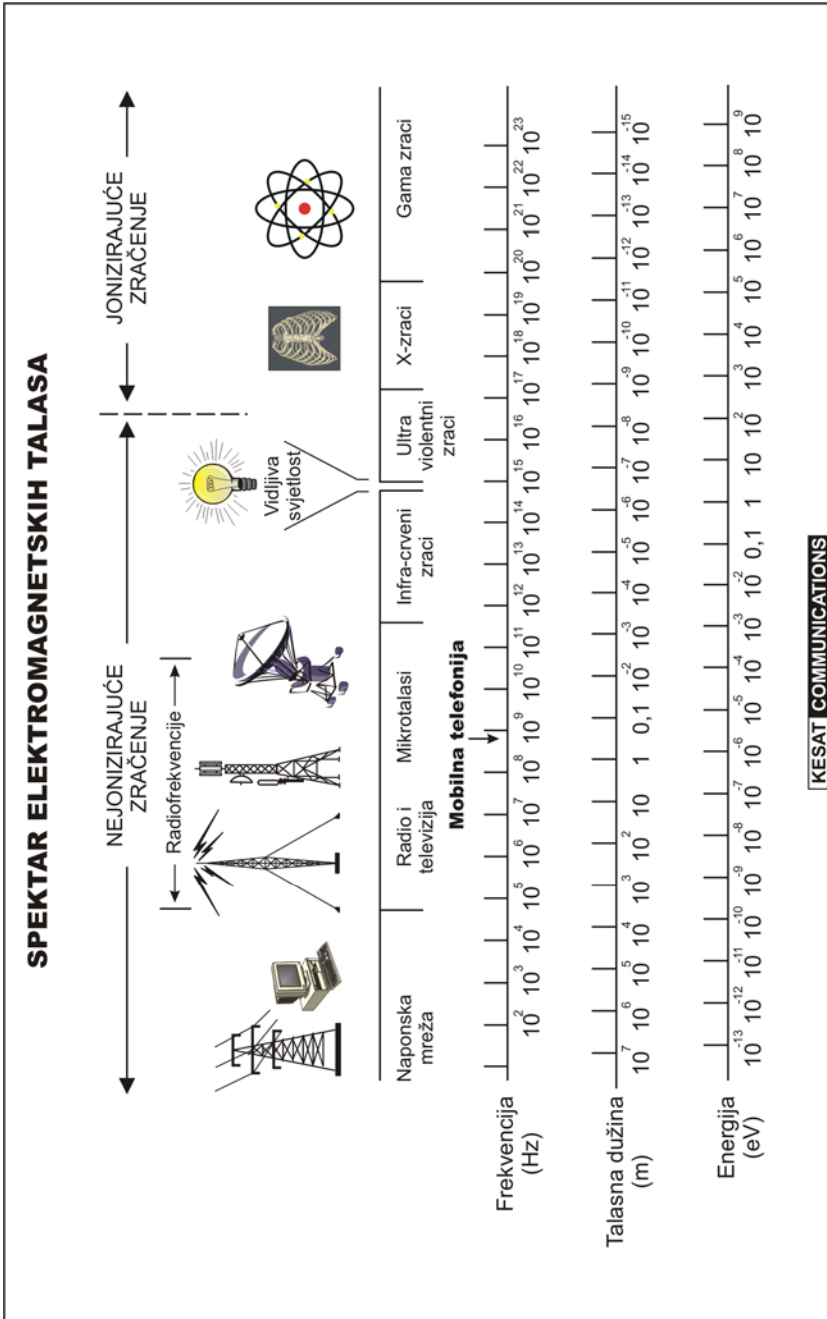
- EM zračenje električnih i magnetskih polja ekstremno niske frekvencije (*Extremely low frequency-ELF*)
- Radio-frekvencijsko zračenje (*RadioFrequency-RF*)
- Optičko zračenje
 - vidljivi spektar (*visible light*)
 - infracrveno zračenje (*Infra-red – IR*)
 - ultraljubičasto zračenje (*Ultra-violet – UV*)

* Za dio RF spektra (znad 1 GHz) često se koristi izraz: mikrotalasno područje.

Izraz "mikrotalasi" prvi put se pojavljuje 1932.g. Tada ga upotrebljava Talijan *Nello Carrara* u prvom izdanju lista *Alta Freqenza*. U široku upotrebu ovaj izraz ulazi tokom Drugog svjetskog rata kada se njime označavaju talasne dužine manje od 30 cm, a koje su svoju primjenu pronašle u radarskim sistemima.

Po **ITU** (*International Telecommunication Union*) klasifikaciji, opseg radio-frekvencija (uključujući i mikrotalase) obuhvata područje **od 30 Hz do 300 GHz**. **IEEE** (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) klasifikacija koristi istu klasifikaciju kao **ITU** za frekvencije do 1 GHz. Opseg iznad 1 GHz po **IEEE** klasifikaciji je podijeljen na podopsege (*detaljnije u poglavlju 5*). Alternativna konvencija smatra **RF** i **MW** zračenje kao dva zasebna spektralna područja. Po ovoj konvenciji radio talasi **RF** (*Radio Frequency*) obuhvataju EM talase čije su talasne dužine od **nekoliko kilometara do 0,3 m**, dok područje mikrotalasa **MW** (*Micro Wave*) obuhvata područje talasnih dužina **od 0,3m do 0,1mm**.

U literaturi novijeg datuma, kada se opisuju zračenja EM talasa frekvencija iznad 1 GHz, često se koristi skraćenica **RF/MW** (*Radio Frequency / Micro Wave*) ili **RF/MT** (*Radiofrekvencijsko / Mikrotalasno*).



[KESAT COMMUNICATIONS]

Slika 1.2