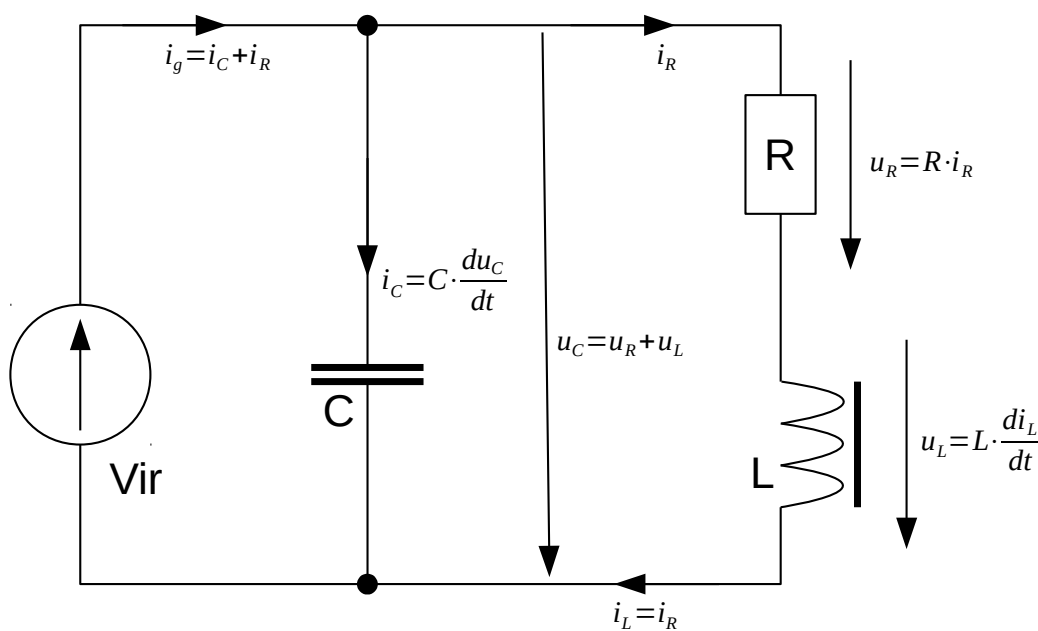


Uvod v elektrodinamiko

Isto nalogo vidimo zelo različno, če jo gledamo z drugačnimi očmi. Fiziki vidijo elektrotehniko silno preprosto. Električna sila je ena od štirih osnovnih fizikalnih sil, ki nastane med dvema elektrinama (električnima nabojema), je premo sorazmerna velikosti obeh nabojev in obratno sorazmerna razdalji. Relativistika razloži še dva pojavi. Enakomerno gibajoče elektrine ustvarjajo magnetno polje. Pospešene elektrine sevajo elektromagnetno valovanje.

Inženirji skušamo zahtevno relativistiko v primeru električne sile poenostaviti v tri Maxwell-ove enačbe: Ampere-jev zakon v magnetiki, Faraday-ev zakon indukcije in Gauss-ov zakon električnega pretoka. S poznavanjem Maxwell-ovih enačb izdelamo gradnike vezja: upore, kondenzatorje, tuljave itd. Končno nalogo rešujemo z načrtovanjem električnega vezja z znanimi gradniki.



Električno vezje je naloga z nič dimenzijami.

Električno vezje je v resnici naloga z nič dimenzijami. Povezave med napetostmi in tokovi v električnem vezju opisuje peščica preprostih enačb. Lep del elektrotehničnih nalog lahko opišemo in rešimo z električnimi vezji, kar predstavlja pomembno poenostavitev glede na izvirne Maxwell-ove enačbe.

Žal električna vezja niso povsod uporabna. Nekatere naloge zahtevajo za svoj opis neskončno število gradnikov. Nekaterih električnih nalog sploh ne moremo opisati z vezjem z nič dimenzijami. Na primer, kako opisati gretje črnega mačka na zimskem Soncu, kar je v vseh pogledih prava električna naloga?

Električno vezje nam ne zadošča v dveh primerih: ko so izmere naloge velike oziroma ko je frekvenca izmeničnih električnih veličin zelo visoka. Bolj točno, primerjati moramo izmere naprave z valovno dolžino elektromagnetnega valovanja. Ko so izmere naprave zelo majhne v primerjavi z valovno dolžino, zadošča opis naprave z vezjem z nič dimenzijami. Ko so izmere naprave primerljive z valovno dolžino, potrebujemo drugačen pristop in s tem se ukvarja elektrodinamika. Končno, optika nam opisuje zelo velike naprave v primerjavi z valovno dolžino, kar je spet poenostavitev splošne elektrodinamike.

Kje potrebujemo zahtevnejši opis? Pri načrtovanju elektronskega mikročipa zagotovo ne. Izmere čipa so majhne, tam so velika električna polja, torej gre vse v okviru elektrostatike. Tokovi v čipu so lahko veliki, ampak površine zank so majhne, magnetni pretoki so majhni in indukcijo lahko zanemarimo. Če mikročip ne vsebuje svetlobnih gradnikov (fotodiod, svetlečih diod oziroma polprevodniških laserjev), je sevanje elektromagnetnega valovanja zanemarljivo.

Zahtevnejši opis zagotovo potrebujemo v telekomunikacijah. Razdalje so velike, to želimo. Visoko zmogljivost zveze omogoča edino velika pasovna širina, torej visoke frekvence. Elektrodinamika postane najprej pomembna prav s telegrafsko enačbo sredi 19. stoletja! Mikročipi postajajo čedalje hitrejši, da že povezave med njimi zahtevajo poznavanje elektrodinamike. Kljub nizki frekvenci komaj 50Hz so postala danes elektroenergetska omrežja tako velika, da potrebujemo elektrodinamiko celo v energetiki.

Kako opisati elektrodinamiko na preprost, ampak uporaben način? Naloge z eno veliko izmero, torej eno-dimenzijske naloge lahko opišemo s porazdeljenimi gradniki, torej z vezji z neskončnim številom gradnikov. Kljub izhodišču iz preprostih osnov elektrotehnike in izogibanju relativistiki rešitve nalog takoj pokažejo na ključno veličino, to je hitrost svetlobe.

Tri-dimenzijske naloge potrebujejo zahtevnejši pristop. Maxwell-ove enačbe je treba pretvoriti v diferencialno obliko, da relativistika ne nagaja. Tu žal brez zahtevne diferencialne geometrije v različnih tri-dimenzijskih koordinatnih sistemih v prostoru ne gre. Niti preproste osnove elektrotehnike

ne dajejo uporabnega izhodišča v treh dimenzijah.

V elektrodinamiki lahko energija potuje, gostoto moči nam opisuje Poynting-ov vektor. Rešitev parcialne diferencialne valovne enačbe ni preprosta. Pojav sevanja, ki je osnova brezvrvičnih zvez, najlažje izpeljemo z uvedbo nove vmesne veličine, vektorskega potenciala.

Točna obravnava ravninskega elektromagnetnega valovanja v elektrodinamiki nam preprosto opiše odboj, lom in tuneliranje valovanja na mejah različnih snovi. Vsota več različnih ravninskih valov nam omogoča opis novih naprav, kot sta kovinski valovod oziroma votlini resonator. Točna obravnava valovanja v izgubni snovi nam razloži kožni pojav v kovinah pri visokih frekvencah, ki spreminja porazdelitev toka po preseku kovinskega vodnika in povečuje izgube.

Ta učbenik skuša odgovoriti na izziv, kako poučevati elektrodinamiko na sodoben način, izpustiti manj pomembna področja in dodati vse tisto, kar uporablja sodobna telekomunikacijska tehnika. Kljub temu, da so izpeljave v tem učbeniku skržene na najmanjšo možno mero, elektrodinamika še vedno zahteva dobro poznavanje matematike in osnov elektrotehnike. Elektrodinamika je osnova za razumevanje delovanja vseh prenosnih poti v telekomunikacijah, tako brezvrvičnih radijskih in svetlobnih zvez kot vrvičnih zvez po kovinskih vodnikih in steklenih svetlobnih vlaknih.

* * * * *