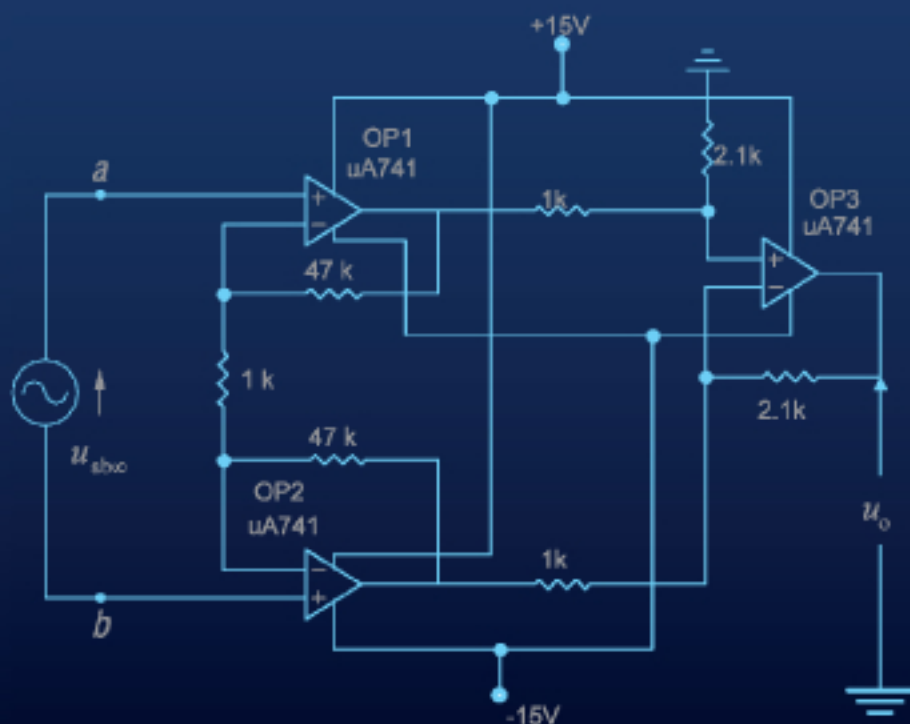


dr Dragan B. Kandić

ELEKTROTEHNIKA



UNIVERZITET U BEOGRADU

dr DRAGAN B. KANDIĆ

ELEKTROTEHNIKA

**ELEKTROSTATIKA
ELEKTROKINETIKA
ELEKTROMAGNETIZAM**

II IZDANJE

**MAŠINSKI FAKULTET
Beograd, 2008.**

Dr Dragan B. Kandić
redovni profesor Mašinskog fakulteta u Beogradu

ELEKTROTEHNIKA

Drugo izdanje

Recenzenti:

Prof. dr Petar Miljanić, akademik SANU
Prof. dr Branimir Reljin, redovni profesor ETF u Beogradu

Izdavač:

MAŠINSKI FAKULTET
ul. Kraljice Marije 16, 11020 Beograd
tel: 011 3370 760
faks: 011 3370 364

Za izdavača:

Prof. dr Miloš Nedeljković, dekan

Glavni i odgovorni urednik:

Prof. dr Aleksandar Obradović

Crteži, tekst, slog i priprema za štampu:

Dr Dragan B. Kandić

*Odobreno za štampu odlukom Dekana Mašinskog fakulteta
u Beogradu, br. 99/08 od 07.02.2008.*

Tiraž:

300 primeraka

Štampa:

PLANETA PRINT
Ruzveltova 10, Beograd
tel/faks: 011 3088 129

*Zabranjeno preštampavanje i fotokopiranje.
Sva prava zadržava izdavač i autori.*

Predgovor prvom izdanju

Ova knjiga je prvi deo dvotomnog udžbenika iz Elektrotehnike, namenjenog prvenstveno studentima Mašinskog fakulteta, a korisno može poslužiti i studentima Elektrotehničkog, Fizičkog, Tehnološko-metalurškog i Saobraćajnog fakulteta, kao i studentima viših škola gde se izučavaju osnovi elektrotehnike, teorija električnih kola i elementi makroskopske teorije elektromagnetskog polja. U drugom delu udžbenika opširnije će biti obrađeni električna kola i mreže sa naizmeničnim strujama, polifazna kola, električne mašine i elementi elektronike.

Udžbenik je nastao iz proširene verzije beležaka za predavanja iz Elektrotehnike studentima druge godine Mašinskog fakulteta u Beogradu i druge/treće godine odeljenja fakulteta na VTVA. Knjiga obuhvata bazični, a ujedno i veći deo kursa Elektrotehnike, koji se na Mašinskom fakultetu sluša sa fondom od 2+2 časa u trećem i 3+3 u četvrtom semestru. Pored tog kursa, za studente smeru za automatsko upravljanje, u šestom i sedmom semestru izvodi se i kurs iz Elektronike i električnih merenja u sistemima automatskog upravljanja. S obzirom na tendencije u razvoju moderne mašinske tehnike, smatram da bi bilo korisno uvesti jedan opštestručni, dvosemestralni kurs iz Elektronike i merenja u mašinstvu za sve studente treće godine Mašinskog fakulteta.

U pogledu koncepcije izlaganja materije, trudio sam se da u udžbeniku sledim pristup koji je prihvaćen od većine autora danas u svetu, a naročit uzor bili su mi literatura i iskustvo Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu. Udžbenik je podeljen u tri poglavlja. U prvom se detaljno obrađuju fizički osnovi elektrostatike i uvode osnovne predstave i veličine iz elektrotehnike, u drugom se razmatraju vremenski konstantne i delimično vremenski promenljive struje, kao i metode analize linearnih vremenski invarijantnih mreža, dok je treće poglavlje posvećeno vremenski konstantnom i promenljivom magnetskom polju sa pratećim efektima i posledicama i osnovama analize linearnih kola i mreža sa prostoperiodičnim strujama. U prilogu su date korisne vektorske relacije i stavovi iz teorije polja, indeks koji omogućava brzo i lako pronalaženje tumačenja pojmova i spisak literature za dalje produbljiivanje stečenog znanja.

Pored toga što potpuno odgovara nastavnom programu, udžbenik sadrži i gradivo koje prevazilazi osnovni obim kursa, kao i primere i najnovije rešene ispitne zadatke. Takva koncepcija proistekla je iz uverenja autora da udžbenici moraju imati veću širinu od predavanja, kako bi studenti bolje i sveobuhvatnije razumeli materiju. Ovakvim obimom i načinom prezentacije knjiga može poslužiti kao osnovni priručnik svima kojima je elektrotehnika matična struka, ali i ostalima. Mogućnost kombinovanja gradiva i primera, čini knjigu podesnom za aplikaciju i profilisanje kurseva različitih po obimu i dubini prezentacije.

U današnje vreme, kada se tehnika vrlo dinamično razvija, u praksi je često potrebno brzo rešavati nestandardne zadatke, što ne podrazumeva samo primenu empirijskog pristupa i specifičnih postupaka, što je bilo svojstveno počecima razvoja inženjerstva, već je neophodno i razumevanje osnovnih naučnih principa struke. Zato bi bilo dobro da se u savremenoj edukaciji inženjera težište prebaci sa uskostručnih na bazične i opštestručne predmete, uz preispitivanje njihove koncepcije.

U načinu izlaganja nastojao sam da principe makroskopske teorije elektromagnetskog polja na kojima počiva celokupna današnja elektrotehnika sveobuhvatno i koncizno prikazem, ne gubeći iz vida njihov fizički smisao, kako bi studenti stekli trajno, povezano i aktivno poznavanje materije. Verujem da ovakav pristup zasnovan na primeni elemenata teorije polja, koje studenti Mašinskog fakulteta, inače, slušaju u okviru kursa Matematika II, doprinosi elegantnijoj formulaciji, većoj preciznosti, lakšoj preglednosti i efikasnijoj praktičnoj primeni rezultata.

Svi važniji zakoni, teoreme i posledice, tekstualno su protumačeni i formulisani boldovano ili kurzivom, istaknuti simbolom "☞" i ilustrovani odgovarajućim rešenim primerima označenim sa "☑". Pri prvom čitanju materijala studenti ne moraju da se posebno udubljuju u dokaze teorema, već samo valja da shvate njihov smisao i uslove pod kojima važe. Napomene u tekstu izdvojene su i označene simbolom "⇔", a nerešeni numerički primeri sa rezultatom simbolom " " .

U cilju što kompeletnijeg uvida u problematiku, lakšu dalju nadogradnju znanja i njegovu primenu u drugim oblastima nauke i tehnike, pri koncipiranju sadržaja i načina izlaganja nastojao sam da čitaoca postepeno uvodim u materiju. I pored ogromnog uloženog truda i najveće pažnje pri pisanju i tehničkoj obradi, moguće je da su se u knjizi potkrale i neke greške. Biću zahvalan svima koji mi na njih skrenu pažnju i/ili daju sugestije za dalje poboljšanje kvaliteta knjige.

Sa zadovoljstvom i zahvalnošću ističem dugogodišnju saradnju sa akademikom dr Petrom Miljanićem, redovnim profesorom Mašinskog i Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, koji mi je uvek davao korisne savete, sugestije i podršku u radu, što je i sada učinio kao recenzent udžbenika.

Zahvalnost dugujem i recenzentu dr Branimiru Reljinu, redovnom profesoru Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, za podsticaj u pisanju ove knjige, korisne savete pri pregledu rukopisa, kao i za višegodišnju podršku u rešavanju aktuelnih problema i publikovanju rezultata iz analize i sinteze električnih kola i mreža, za koje verujem da će jednog jednog dana naći mesto u standardnoj udžbeničkoj literaturi.

Posebno se zahvaljujem članovima moje porodice na ljubavi, razumevanju i podršci, tokom svih proteklih godina.

Beograd, septembra 2002.

D. K.

Predgovor drugom izdanju

Drugo neizmenjeno izdanje udžbenika pojavljuje se u trenutku kada po Bolonjskom procesu na Mašinskom fakultetu u Beogradu počinje izvodjenje novog kursa pod nazivom Elektrotehnika i elektronika, u šestom semestru osnovnih akademskih studija i obaveznom za sve studente fakulteta. S obzirom da će se novi kurs izvoditi po redukovanom programu sa fondom časova predavanja na nivou 30÷40 % fonda dosadašnjeg predmeta Elektrotehnika, uz korišćenje osnovnih nastavničkih beleški sa predavanja namenjenih studentima ("handouts"), to se objavljivanje ovakvog udžbenika čini još neophodnijim, kako bi studenti pored akumulacije najosnovnijih znanja dovoljnih za polaganje ispita dobili i priliku za potpunije proučavanje ove materije i kvalitetnije studiranje.

Beograd, februara 2008.

D. K.

Sadržaj

I-ELEKTROSTATIKA

	Strana
1. ELEKTRIČNO OPTEREĆENJE (NAELEKTRISANJE)	1
1.1. Istorijski uvod	1
1.1.1. Put do otkrića elektrona i dokaz njegovog postojanja	3
1.1.2. Određivanje negativnog električnog kvanta Milikenovom metodom	6
1.1.3. Određivanje pozitivnog i negativnog električnog kvanta iz zakona elektrolize	8
1.2. Naelektrisanje (elektrizovanje, elektrizacija) tela	12
1.3. Zakon o konzervaciji elektriciteta	15
2. ELEKTROSTATIČKO POLJE U VAKUUMU	16
2.1. Kulonov zakon	17
2.2. Elektrostaticko polje	20
2.3. Potencijal električnog polja i napon	23
Numerički primeri	30
2.4. Gausov zakon	35
2.4.1. Ponašanje metalnih provodnika u elektrostatickom polju	37
2.4.2. Neke važnije primene Gausovog zakona	39
Električno polje i potencijal usamljene, naelektrisane metalne sfere	39
Električno polje i potencijal usamljenog, neograničenog, homogeno naelektrisanog metalnog cilindra	41
Električno polje i potencijal usamljenog, homogeno naelektrisanog sfernog domena	44
Električno polje usamljenog, homogeno naelektrisanog tankog diska i homogeno naelektrisanih paralelnih ravni	46
Numerički primeri	49
2.5. Električni dipoli	67
2.6. Dinamika naelektrisane čestice u elektrostatickom, magnetskom i ukrštenom polju u vakuumu	71
2.6.1. Dinamika naelektrisane čestice u elektrostatickom polju	71
2.6.2. Dinamika naelektrisane čestice u magnetskom polju	74
2.6.3. Dinamika naelektrisane čestice u ukrštenom polju	79
Ciklotron	82
Spektrograf mase	83
2.6.4. Van de Grafov akcelerator	84
2.6.5. Elektronska optika	86
2.7. Kapacitivnost metalnih provodnika	89
Pločast (ravni) kondenzator	93
Sferni kondenzator	94
Podužna kapacitivnost koaksijalnog voda	95
Podužna kapacitivnost dvožičnog voda	96

Poduzna kapacitivnost voda paralelnog provodnoj ravni	97
	Strana
2.8. Vezivanje kondenzatora u grupe	98
2.8.1. Paralelno vezivanje kondenzatora	100
Ekvivalentna kapacitivnost	100
Punjenje (opterećivanje) kondenzatora	100
Pražnjenje (rasterećivanje) kondenzatora	103
2.8.2. Redno vezivanje kondenzatora	103
Ekvivalentna kapacitivnost	103
Punjenje (opterećivanje) kondenzatora	104
Pražnjenje (rasterećivanje) kondenzatora	104
Primeri regularne i neregularne komutacije u električnim mrežama sa kondenzatorima	105
2.8.3. Ekvivalentne transfiguracije tipa $Y \rightarrow \Delta$ i $\Delta \rightarrow Y$	108
3. ELEKTROSTATIČKO POLJE U SUPSTANCIJI	111
3.1. Polarizacija dielektrika i makroskopske manifestacije	113
3.2. Generalisani oblik Gausovog zakona i primene	118
Granični uslovi na razdvojnoj površi dva dielektrika	119
Kondenzatori sa heteroslojnom strukturom dielektrika	121
Numerički primeri	124
3.3. Vrste kondenzatora, osobine i primena	127
4. ENERGIJA, SILE I PRITISCI U ELEKTROSTATIČKOM POLJU	129
4.1. Energija sistema naelektrisanih tela	129
4.2. Lokalizacija energije u elektrostatičkom polju	131
Elektrostatička energija jonske kristalne rešetke	132
Sile u pritisci u elektrostatičkom polju	134
Numerički primeri	136
Određivanje generalisanih sila u elektrostatičkom polju – opšti metod	147
Primeri	149
4.3. Električna kola i mreže sa kondenzatorima	152
4.3.1. ERC kola i mreže	152
4.3.2. Elektrostatičke mreže (EC mreže)	156
4.3.3. Neke primene kondenzatora u električnim kolima i mrežama	158
II-ELEKTROKINETIKA	163
1. STACIONARNA ELEKTRIČNA STRUJA	163
1.1. Klasifikacija struja i karakterizacija strujnog polja	163
1.1.1. Karakteristike električne struje	165
1.1.2. Opšti oblik vektora gustine struje	167
1.2. Jednačina kontinuiteta i prvi Kirhofov zakon	168
1.3. Omov zakon i klasična elektronska teorija provodnosti	170
1.4. Džulov zakon	180
1.5. Električni otpornici	185
1.5.1. Linearni otpornici	187
1.5.2. Nelinearni bilateralni otpornici	188
1.5.3. Nelinearni unilateralni otpornici	190
1.5.4. Vezivanje otpornika u grupe	194
Redna (serijska) veza otpornika	194

Paralelna veza otpornika	195
	Strana
Redno/paralelna (mešovita) veza otpornika	195
Ekvivalentne transformacije otporničkih mreža tipa $Y \rightarrow \Delta$ i $\Delta \rightarrow Y$	196
Primeri nestandardnih postupaka za određivanje ekvivalentne otpornosti	198
1.6. Zakon prelamanja linija strujnog polja	199
1.7. Uzemljivači. Otpornost uzemljenja	202
Merenje otpornosti uzemljivača metodom ampermetra i voltmetra	206
Merenje otpornosti uzemljivača Berendovom metodom	207
2. ELEKTRIČNI GENERATORI I DRUGI KIRHOFOV ZAKON	207
2.1. Strujni generatori. Ekvivalentne transformacije naponskih i strujnih generatora i generatorskih grupa	224
Ekvivalentne transformacije grupe rednih generatora	225
Ekvivalentne transformacije paralelnih generatora	227
Numerički primeri	228
3. ELEKTROMOTORNE SILE: POREKLO I VRSTE	233
3.1. Elektromotorne sile hemijskog porekla	233
3.1.1. Danijelov generator	237
3.1.2. Leklanšev ili "suvi" generator	239
3.1.3. Akumulatori	241
Olovni akumulatori	241
Alkalni akumulatori	244
3.1.4. Vodonikove ćelije	245
3.2. Kontaktne elektromotorne sile	247
3.3. Termoelektrične pojave	248
3.3.1. Tomsonov efekat	248
3.3.2. Zebekov i Peltijeov efekat	251
3.3.3. Poluprovodničke termoelektrične pumpe	264
3.4. Indukovane elektromotorne sile	267
3.5. Poluprovodnici. Poluprovodničke sunčane baterije	275
3.5.1. Maksvel-Bolcmanova i Fermi-Dirakova statistika	281
3.5.2. Provodnici, izolatori i poluprovodnici	284
3.5.3. P-n spoj (poluprovodnička dioda)	287
P-n spoj u ravnoteži	288
Direktno polarisan p-n spoj	292
Inverzno polarisan p-n spoj	294
3.5.4. Poluprovodničke fotodiode i solarne ćelije	298
4. ANALIZA LINEARNIH ELEKTRIČNIH KOLA I MREŽA	301
4.1. Grafovi električnih mreža	302
4.1.1. Topologija električnih mreža i pojmovi vezani za grafove	302
4.1.2. Nezavisne veličine električnih mreža	304
4.1.3. Topološke matrice i matrični oblik topoloških relacija električnih mreža	308
4.2. Princip održanja trenutne snage u električnim kolima i mrežama	310
Telegenova teorema	311
4.3. Metode analize (rešavanja) električnih mreža	311
4.3.1. Indiciona i Grinova funkcija. Superpozicioni integral	314
Osnovni principi linearnih, vremenski nepromenljivih kola i mreža	316
4.3.2. Metod nezavisnih (konturnih) struja	322
Numerički primer	324

4.3.3. Metod nezavisnih napona (napona preseka). Metod potencijala čvorova	325
	Strana
Numerički primeri	330
4.4. Teoreme linearnih vremenski invarijantnih mreža	334
Teorema superpozicije	334
Numerički primeri	336
Teorema reciprociteta	340
Tevenenova teorema	340
Nortonova teorema	341
Numerički primeri	342
Teorema kompenzacije	353
Teorema kompenzacije za otpornik ili impedansu	353
Primer	354

III-ELEKTROMAGNETIZAM 355

1. VREMENSKI KONSTANTNO MAGNETSKO POLJE 355

1.1. Istorijski uvod	355
1.2. Amperov zakon za magnetsku silu između strujnih elemenata u vakuumu	357
1.3. Vektor magnetske indukcije. Bio-Savarov zakon i primene	360
1.3.1. Magnetska indukcija strujne duži	362
Primeri	364
1.3.2. Magnetska indukcija u centru kružnog strujnog luka i na osi normalnoj u centru kružne strujne konture	369
Helmholcovi kalemovi	370
Solenoid	371
Primeri	374
1.4. Dejstvo magnetskog polja na strujnu konturu	376
Primeri	379
1.5. Magnetski fluks i zakon o konzervaciji	383
Primeri	385
1.6. Amperov zakon	390
Primeri	394
1.7. Merenje magnetske indukcije	402
1.8. Supstancija u magnetskom polju	406
1.8.1. Granični uslovi na razdvojnoj površi dve sredine	417
1.8.2. Feromagnetski materijali i neke njihove osobine	418
1.9. Magnetska kola	429
1.9.1. Omov zakon za prosto magnetsko kolo. Kirhofovi zakoni	431
1.9.2. Proračun magnetskih kola	437
Problemi I vrste	437
Problemi II vrste	441
1.9.3. Stalni magneti	443

2. VREMENSKI PROMENLJIVO ELEKTRIČNO I MAGNETSKO POLJE 446

2.1. Elektromagnetska indukcija	447
Princip rada translatornog električnog motora	447
Princip rada translatornog električnog generatora	449
Princip rada rotacionog električnog motora	451
Princip rada generatora prostoperiodične ems	456
Princip rada generatora jednosmerne ems	457

2.1.1. Magnetski vektor-potencijal	459
	Strana
2.1.2. Opšte jednačine makroskopskog elektromagnetskog polja u nepokretnim sredinama	464
Pregled osnovnih jednačina kvazistacionarnog elektromagnetskog polja	464
Kompletan sistem Maksvelovih jednačina elektromagnetskog polja u nepokretnim sredinama	
Teorema jednoznačnosti rešenja Maksvelovih jednačina	466
Elektromagnetski talas u vazдушnom trakastom vodu	466
2.2. Kvazistacionarno polje u provodnim sredinama	469
2.2.1. Vrtložne struje	469
2.2.2. Površinski ili skin-efekat	478
2.3. Međusobna induktivnost i samoinduktivnost	486
2.3.1. Međusobna induktivnost dve tanke provodne konture	486
Princip rada mernog transformatora	488
Međusobna induktivnost torusnih namotaja	489
2.3.2. Sopstvena induktivnost tanke provodne konture	490
Primeri	492
Sopstvena induktivnost torusnog namotaja pravougaonog i kružnog preseka	497
2.4. <i>RL</i> i <i>RLC</i> kolo. Induktivno spregnuta kola	498
2.4.1. <i>RL</i> kolo	498
Slučaj kada je eksitacija vremenski konstantna	501
Slučaj kada je varijacija eksitacije vremenski proizvoljna	503
2.4.2. <i>RLC</i> kolo	504
Slučaj kada je eksitacija vremenski konstantna	504
Slučaj kada je varijacija eksitacije vremenski proizvoljna	503
2.4.3. Odziv <i>RLC</i> kola na prostoperiodičnu naponsku eksitaciju	510
Primeri	520
2.4.4. Snaga u kolima i mrežama sa prostoperiodičnim strujama. Faktor snage	
Aktivna, reaktivna i prividna snaga	522
Popravka faktora snage kod pretežno induktivnog prijemnika	525
Princip održanja kompleksne prividne snage u električnim kolima i mrežama	527
Prilagođenje prijemnika u kolima prostoperiodične struje	528
2.4.5. Induktivno spregnuta kola	529
Primeri	530
2.4.6. Monofazni električni transformator	533
2.4.7. Neregularna komutacija u <i>RL</i> kolima i mrežama	543
3. ENERGIJA, SILE I PRITISCI U MAGNETSKOM POLJU	546
3.1. Energija kvazistacionarnog magnetskog polja	547
3.2. Gubici u feromagnetskom materijalu zbog histerezisa	555
3.3. Pointingova teorema	556
3.4. Otpornost i samoinduktivnost masivnih provodnika	557
Ukupna podužna induktivnost koaksijalnog voda	558
Ukupna podužna induktivnost dvožičnog voda	560
3.5. Određivanje generalisanih magnetskih sila – opšti metod	560
Primeri	562
Noseća (privlačna) sila elektromagneta za jednosmernu i naizmjeničnu struju	565
PRILOG	568
LITERATURA	569
INDEKS	571

INDEKS

- Admitansa, 301
 generalisana, otpornika, 320
 kalema, 321
 kondenzatora, 320
 kompleksna, 320-321, 519
 redne i paralelne veze *RLC* elemenata,
 321, 519
- Ajnštajnova relacija, kod poluprovodnika, 291
 za unutrašnji fotoelektrični efekat 175
- Aktivna snaga, generatora, 522
 jedinica, 522
 prijemnika, 526
- Aktivni otpornici, 186
- Akumulatori, 241-245
 alkalni, 244-245
 ems, 241
 čelični, 244
 kadmijum-nikl (Jungerov), 245
 kapacitet, 241
 koeficijent korisnog dejstva, 241
 olovni, 241
- Akvadag anoda, 73
- Amper, A. M., 356
- Amper (jedinica), 10
- Amperov zakon, 390
 o cirkulaciji vektora **B**, dokaz, 392-393
 integralni oblik, 393
 lokalni oblik, 393
 primeri primene, 394-398
 o cirkulaciji vektora **H**, dokaz, 412
 u integralnom obliku, 412
 u lokalnom obliku, 412
 za magnetsku silu, 357-359
 za promenljive struje, 413
- Amperove struje, 356, 410
 gustina, 411
 makroskopska rezultanta, 416
 objašnjenje fizičkog smisla, 410
 red veličine podužne gustine, 416
- Amplituda, 184, 185
- Antiferomagnetski materijali, 409, 421
- Aston, F. V., 83
- Atom, dimenzije, 3
 dimenzije jezgra, 3
- Autotransformator, 540-542
- Avogadrov broj, 12, 74, 170
- Barkhauzenov efekat, 422
- Barijum titanat, 114
- Bertrand Rasel, 1
- Beselova diferencijalna jednačina, 479
- Betatron, 83, 464
- Bifilarni upredeni vod, 402
- Bio, Ž. B., 356
- Bio-Savarov zakon, 360
 eksperimentalni oblik 363
- Blizinski efekat, 478
- Bolcmanova konstanta, 113, 170
- Born, M., 278
- Ciklotron, 76, 82
- Ciklotronska frekvencija, 76
- Ciklus histerezisa, 424-425
- Ciklus magnećenja, 424
- Čvor i tačka u kolu ili mreži, 216, 301
- Dašman-Ričardsonova jednačina, 191
- Debaj, P., 174
 i teorija toplotne provodnosti kristala, 174
- DeBrolji, L., 276
- Degenerativna energijska stanja, 281
- Dejvi, H., 8
- Depolarizatori, 236
- Dielektrična konstanta, 17
 dinamička, 111
 relativna, 18, 111
 statička, 111
- Dielektrik (izolator), 287
 anizotropan, 114, 118
 curenje, 127
 električna čvrstoća, 111
 tablica orijentacionih vrednosti, 127
 heteroslojne strukture, 121-124
 homogen, 116, 117-119
 homogeno polarizovan, 117
 idealan, 13, 37, 127
 izotropan, 111, 117-118
 Kirijeva tačka za, 114
 koeficijent elektronske polarizacije, 113
 koeficijent jonske polarizacije, 113
 koeficijent orijentacijske polarizacije, 113
 linearan, 117-118
 nehomogen, 115
 polarizacija, 13, 113-117
 površinska specifična otpornost, 179

- proboj, 70, 111
 specifična otpornost, 179
 tablica orijentacionih vrednosti, 179
 toplotni proboj, 179
 Difuziona struja, 291, 293
 Dijamagnetski efekat, 407
 objašnjenje, 407-409
 Dijamagnetski materijali, 360, 406
 osobine, 406
 Divergencija vektora (polja), 24
 Drude L., 170
 Dvožični vod, induktivnost,
 spoljašnja, 492
 unutrašnja i ukupna, 560
 kapacitivnost, podužna, 96
 korona na vodu, 127
- Džilbert, V., 1, 355
 Džul, J. P., 180
 Džulov efekat, 180
 Džulov zakon u lokalnom i diferencijalnom
 obliku, 180
 Džulovi gubici, 180
- Efekat blizine, 478
 Efektivna vrednost, periodičnih veličina, 184
 prostoperiodičnih veličina, 185
 Ekstenziometrijske trake, 343-352
 fizičke osnove, 343-345
 pasivne merne konfiguracije, 345-347
 aktivne merne konfiguracije, 347-352
 Ekvipotencijalna površ, 29
 Elektreti, 23
 Elektricitet, struktura, 3
 teorije o priodi, 2-3
 makroskopsko ponašanje, 3
 Električna čvrstoća dielektrika, 111
 tabela orijentacionih vrednosti, 127
 Električna indukcija, 267-275, 446, 462
 Električna kola i mreže sa kondenzatorima,
 152-162
 ERC kola i mreže, 152-156
 energijski procesi, 154-155
 EC mreže, 156-157
 Električna opterećenja, vezana, 37, 115,
 površinska gustina, 115, 117
 Električna otpornost, 173
 Električna provodnost, 173
 Električna sila, 17
 izračunavanje preko energije,
 moment sile, 52-54, 147
 na dielektrik u kondenzatoru, 149, 150
 na elektrodi kondenzatora, 134, 148
 na probno opterećenje, 21
 princip superpozicije, 22-23, 29
 rad električnih sila, 24-28
 red veličine, 74
 Električna struja, definicija, 163
 efektivna vrednost, 184
 gustina, 166,
 najveći red veličine u praksi, 171
 karakteristike, 165
 karakterizacija strujnog polja, 163-166
 klasifikacija struja, 163
 referentni smer, 166
 u čvrstim i tečnim provodnicima, 163
 Električna susceptibilnost, 115
 Električne mreže, 301-354
 aktivne, 347-352
 grafovi mreža, 302
 Grinova funkcija, 314, 316
 impulsni odziv, 316
 indiciona funkcija, 314, 316
 linearne, uslovi, 301
 metode rešavanja, 311-334
 ekvivalentnim transformacijama, 313,
 321-322
 konturnim strujama, 322-324
 naponima preseka, 325-328
 potencijalima čvorova, 328-330
 superpozicijom, 334-337
 ustaljeni prostoperiodični režim, 519
 nelinearne, 301
 nezavisne veličine mreža, 304-308
 osnovni principi LVI mreža, 316
 superpozicioni (Dijamelov) integral, 316
 i njegova Laplasova transformacija, 319
 topologija mreža, 302-304
 topološke matrice i relacije, 308-310
 Električni dipol, 14, 30-32, 37, 67, 112
 električni moment dipola, 31, 112
 gustina električnih momenata dipola, 113
 indukovani momenti, 112
 potencijal i polje dipola, 67-68
 primer numeričkog određivanja, 30
 potencijalna energija dipola, 70
 sila i moment na dipol, 69-70
 Električni fluks, 25
 Električni generator, 207
 ekvivalentno premeštanje u mreži, 312-314
 ems, definicija, 209
 hemijski, 209
 ireverzibilan, 233, 239
 reverzibilan, 237, 239, 241, 244
 idealni naponski, 210, 224-232
 idealni strujni, 224

- oznake za, 24
 jednosmerne ems, 208, 457-459
 mešovita veza, 232
 napon između priključaka, 211-212
 označavanje na šemama, 208
 paralelna veza, 227
 prostoperiodične ems, 456
 rad, 209
 redna veza, 225
 rotacioni, princip rada, 269
 snaga, 182-183, 209, 213
 translatorni, princip rada, 449
 u praznom hodu, 210
 unutrašnja otpornost, 209
 Električni motor, linearan, 447
 princip rada, 447
 rotacioni, 451
 princip rada, 451
 Električni pomeraj, u dielektriku, 118
 u vakuumu, 118
 Električni potencijal, 16
 Električno kolo, jačina struje u, 216
 potencijal u kolu, 218
 Električno opterećenje (naelektrisanje), 1
 nastanak i razvoj predstave o, 1-12
 Električno polje, definicija, 21
 indukovano, 267
 na površi provodnika, 13, 37-39
 u unutrašnjosti metalnih tela, 37
 spektar, 30
 zaklanjanje električnog polja, 4
 zapreminska gustina energije, 56
 Elektrohemijski ekvivalent supstancije, 11
 Elektrohemijski red elemenata (tablica), 236
 Elektrolit, 2, 10
 Elektromagneti, privlačna sila, 565
 Elektromagnetska dioda, 81
 Elektromagnetska indukcija, 447
 dinamička, 209, 267, 273
 Faradejev zakon, 271
 generalisani oblik, 273
 kombinovana, 273, 271
 statička, 273
 u savršeno provodnoj konturi, 529
 Elektromagnetski spektar, 468
 Elektromagnetski talasi, 18, 466
 brzina prostiranja, 20
 prostoperiodični, 466
 ravanski, 467
 talasna dužina, 467
 talasna jednačina, 467
 u trakastom vodu, 466
 Elektromagnetsko polje, 16, 19, 465
 Elektromagnetsko rele, 439
 Elektron, dimenzije, 3
 brzina drifta, 170
 masa u mirovanju, 71
 pri kretanju, 71
 naelektrisanje, 6
 specifično, 5
 poluprečnik putanje u atomu, 3
 slobodni i vezani, 275
 Elektronska optika, 86-89
 elektronska sočiva, 87-88
 zakon prelamanja, 87
 Elektronski top katodne cevi, 88
 Elektron-volt, 51, 52
 Elektromotorna sila, definicija, 209
 Elektroskop, 13-15
 Elektrostatička indukcija (influcija), 2, 12,
 37, 118,
 linije, 118
 Elektrostatičke mreže, 156-157
 Elektrostatičko polje, 12, 20
 jačina, 21
 opšti metod određivanja sila i momenata,
 147-148
 primeri praktične primene, 149-151
 u vakuumu, 16
 u supstanciji, 111
 sile i pritisci u, 19, 134-135
 Emisija elektrona, 71
 Ems, indukovana, 208, 267-275
 Ems, hemijskog porekla, 233-246
 Ems kondenzatora, 154
 Ems, kontaktna, 247-248
 kontakti niz metala, 247
 Ems samoindukcije, 490, 498-501
 Ems vodonikovih čelija, 246
 Energija električnog polja, 129-130
 gustina energije u polju, 56, 131
 jonske kristalne rešetke, 132
 kondenzatora, 130
 lokalizacija energije (tumačenje), 131
 prenos posredstvom polja, 20, 556
 sistema naelektrisanih tela, 129
 zakon održanja, 24
 Energija magnetskog polja, 547
 gustina energije u polju, 549-550
 kalema, 500
 lokalizacija energije (tumačenje), 550
 prenos posredstvom polja, 20, 556
 sistema spregnutih kontura, 550, 552
 Energijski nivoi, 275
 Energijske zone i procepi, 275,
 Energijski proizvod, 445, 429
 i optimalan stalni magnet, 445-446
 Ersted, H. K., 271, 356

- Faktor snage prijemika, 522
 reaktivnosti, 524
 popravka, 525
- Faradej, M., 4
- Faradejev pehar, 15
- Faradejev točak, 268-269, 451
- Faradejev zakon indukcije, 271
- Faradejevi zakoni elektrolize, 8-12
- Faza, početna, 510
 trenutna, 510
- Fazna razlika, 511
- Fazna rezonancija, 519, 525
- Ferimagnetski materijali, 360, 409, 421
- Feriti, 421-422
- Fermijev nivo, 71, 249, 281-284
 zavisnost od koncentracije elektrona, 283
 zavisnost od koraka kristalne rešetke, 284
 zavisnost od temperature, 282
- Feroelektrici, 114
- Feromagnetski materijali, 409, 418-429
 meki, 424, 427-428
 neke osobine, 418
 objašnjenje feromagnetizma, 409
 tvrdi, 424, 428-429
 ugao gubitaka, 425
 zavisnost osobina od temperature, 420
- Fizičke teorije, ujedinjenje, 468-469
- Fizički male veličine (dužina, zapremina, vreme, količina elektriciteta), 102
- Fotodioda, 298,
 lavinska, 299
- Fotostruja, 298
- Fotovoltaične ćelije, v. solarne ćelije
- Fluks, električni, 35-36
 magnetski, 383
 rasipni, 498
 vektora J , 168
- Fluorescencija, 5
- Fluorescentna cev (lampa, sijalica), 545
- Fosforescencija, 5
- Fotoelektrična emisija, unutrašnja, 175
- Foto-otpornik, 175
- Frekventno kompenzovani atenuator, 159-160
- Frenklin, B., 2
- Fuko, L., 469
- Fukoove struje, 469-478
- Galvani, L., 233
- Galvanometar, balistički, 424
- Gausov zakon, izvođenje, 35-36
 lokalni i integralni oblik, 36
 uopšten (generalisani), 116, 118-119
 integralni oblik, 118
- lokalni oblik, 119
- važnije primene, 39
 metalna sfera, 39-41
 metalni cilindar, 41-44
 homogeno naelektrisani disk, 46-48
 jedna i dve ravni, 48-49
 primeri, 49-66
 sferni naelektrisani domen, 44-46
- Generalisana grana mreže, 313
- Generatori, Danijelov, 237
 Leklanšeov, 236, 239
 Linearan, mehanički, 449
 Na bazi vodonikovih ćelija, 245
 Obrtni, 456
 Vestonov, 236
 Voltin, 234
- Gradijent skalarne funkcije, 30
- Graf električne mreže, definicija, 303
- Granični uslovi na razdvojnoj površi,
 dva dielektrika, 119
 magnetski različitih sredina, 417-418
- Gravitaciona konstanta, 74
- Gromobran, princip delovanja, 39
- Gubici, zbog histerezisa, 555
 zbog vrtložnih struja, 471, 477
- Gustina struje, 166-167
- Helmholc, 9, 163
- Helmholcovi kalemovi, 76, 370-372
- Hemijski ekvivalent supstancije, 11
- Hemijski potencijal elektrona, 282
- Henri, Dž., 487
- Henri (jedinica), 358, 487
- Herc, H., 4, 465
- Histerezis, 418
 gubici zbog, 423, 555
- Histerezisna petlja, 420
 Rejljeva, 425
 snimanje, 423-424
- Holov efekat, 403
- Holov element, 403, 405
- Holov napon, 403
- Holov ugao, 403
- Holova konstanta za,
 monovalentne metale, 404
 poluprovodnike, 404
- Homogen dielektrik, 116
- Homogeno električno polje, 48
- Imitansna funkcija kola ili mreže, v. impedansa ili admitansa
- Impedansa, 301

- generalisana, otpornika, 320
 kalema, 321
 kondenzatora, 320
 kompleksna, 320-321, 516, 519
 kalema, 321, 516
 kondenzatora, 320, 516-517
 otpornika, 320, 515-516
 redne i paralelne veze *RLC* elemenata, 321, 519
 rednog *RL* kola, 511
 rednog *RLC* kola, 513
 Indens prelamanja, apsolutni, 18, 468
 Indukcija, remanentna, 424
 tablica orijentacionih vrednosti, 427, 428
 Indukovana ems, 208, 267-275
 Indukovani momenti dipola, 112
 Indukovano električno polje, 462
 izračunavanje i primena, 463-464
 Indukovano naelektrisanje, 12
 Induktivna otpornost kalema, 511, 513
 Induktivni kalem, 498
 energija, 500
 idealna, 498
 označavanje u šemama, 546
 realna, 498, 545
 načini realizacije i vrste, 545
 Induktivno spregnuta kola, 529
 pisanje jednačina za, 529-533
 Induktivnost, v. samoinduktivnost
 Intenzitet električnog polja, 21
 Intenzitet struje, v. jačina struje
 Ispražnjeni sloj, 287
 Ivični efekat, 49
 Izlazni napon, 71, 191
 Izolatori, 287
- Jačina struje, 10, 166
 algebarski intenzitet, 166
 jedinica, 10, 166
 kroz žičane provodnike, 166
 referentni smer, 166
 stvarni smer, 166
 Jednačina kontinuiteta, 168
 Joni, u gasovima, 70
 srednja dužina slobodnog puta, 170
 Ionizacija gasova, 70
 sudarna, 127
 Ionizacioni prečešćavač vazduha, 70
- Kalem, v. induktivni kalem
 Kalibracija sonde osciloskopa, 159
 Kamerling Ones, H., 177
- Kapacitivna otpornost kondenzatora, 513
 Kapacitivnost, metalnih provodnika, 89-98
 definicija, 89, 91
 dvožičnog voda, 96
 jedinica, 18, 89
 koaksijalnog voda i optimizacija, 95
 kondenzatora, 91
 paralelne veze kondenzatora, 100
 pločastog kondenzatora, 93
 ravne varikap diode, 128
 redne veze kondenzatora, 103
 sfernog kondenzatora, 94
 usamljenog tela, 89
 uticaj dielektričnih slojeva, 121-124
 voda paralelnog provodnoj ravni, 97
 Zemlje, 90
 Karakteristična impedansa vakuuma, 467
 Katodna cev osciloskopa, 88
 Katodni zraci, 3
 Kelvinove funkcije, 480
 Kelvinove termoelektrične relacije, 255, 262
 druga (izvođenje), 262
 prva (izvođenje), 255
 Kirhof, G., 168
 Kirhofov zakon, drugi,
 u algebarskom obliku, 220, 223
 u kompleksnom obliku, 517
 za elektrostatičke mreže, 156-157
 prvi,
 u algebarskom obliku, 169, 221
 u integralnom obliku, 168
 u kompleksnom obliku, 517
 u lokalnom obliku 168
 za elektrostatičke mreže, 156-157
 Kiri-Lanževenov zakon, 414
 Kiri-Vajsov zakon, za dielektrike, 113
 za feromagnetike, 420
 Kirijeva feromagnetska temperatura, 414, 420
 i paramagnetska, 420
 tabela vrednosti za, 420
 Koaksijalni vod, podužna induktivnost, 559
 podužna kapacitivnost, 95
 Koeficijent sprege, 492, 551
 dokaz da je manji od jedan, 551
 Koeficijent viskoznosti, 7
 Koercitivno polje, 424
 i tablica orijentacionih vrednosti, 427-428
 Kompleksni predstavnik, 472, 479
 napona i struje, 515-518
 Kompleksna impedansa, v. impedansa
 Kompleksna permeabilnost, 425
 Kompleksna snaga, generatora, 522, 526
 prijemnika, 522, 526
 teorema održanja, 527

- Komptonova talasna dužina, 284
- Komutacija, definicija, 60
 regularna, 60, 106
 neregularna, 106-107, 499-500, 543-544
 metodi za sprečavanje u *RLC* kolima i mrežama, 160-162
- Koncentracija nosilaca provodnosti, 168, 285
- Kondenzatori, bipolarni i unilaterelni, 127
 bipolarni elektrolitički, 127
 definicija, 90
 cilindrični, 95
 sa dielektrikom heteroslojne strukture, 123
 elektrolitički, 127
 energija 102, 105, 130
 feroelektrični, 127
 keramički, 127
 konvencija o smerovima, 99
 konstitutivne relacije, 99
 oznake za različite tipove, 128
 pločast, 93
 sa dielektrikom heteroslojne strukture, 121
 primena u kolima i mrežama, 158-162
 promenljiv (trimer), 127
 sa papirnom izolacijom, 127
 sa veštačkim folijama, 127
 sferni, 94
 sa dielektrikom heteroslojne strukture, 122
 u električnom kolu, 100-105
 vakuumski, 127
 varaktorski, 127
 vazdušni, 127
 vezivanje u grupe, 98
 paralelna veza, 100
 ekvivalentna kapacitivnost, 100
 punjenje (opterećivanje), 100-102
 pražnjenje (rasterećivanje), 103
 redna veza, 103
 ekvivalentna kapacitivnost, 103
 punjenje (opterećivanje), 104
 pražnjenje (rasterećivanje), 104-105
- Konduktansa, 519
- Konstanta fine strukture, 276
- Konstitutivne relacije *RLC* elemenata 320-321
 i njihovi linearni modeli, 321
- Kontaktne ems, 247
- Konturne struje, 322
- Korona, 127
- Kovalentna veza, 113
- Kriva magnećenja, 423
 dinamička, 425
 dinamo-lima, 438
 livenog čelika, 439
 normalna (osnovna), 425
 princip merenja, 423-424
 prvobitna, 424
 statička, 425
 transformatorskog lima, 440
- Kriva razmagnećivanja materijala, 444
- Kulon, Š., 3
- Kulonov zakon, 17
- Kvarkovi, 8
- Kvazistacionarno polje u provodnoj redini, 469
- Kvazistacionarno stanje, 221-222
- Langmirov zakon 3/2, 193
- Lanževenova funkcija, 113, 413-414
- Laplasova, jednačina, 37
 transformacija, 318
- Larmor, J., 407
- Larmorova precesija, 407
 i frekvencija, 407
 promena frekvencije, 408
- Leklanšeov generator, 239
- Lenc., E. H., 271
- Lencov zakon, 271
 i zakon održanja energije za superprovodnu konturu, 529
- Lestvičasta mreža, beskonačna, 198
- Linearne električne mreže, definicija, 301
- Linije, vektora **B**,
 vektora **D**, 118
 vektora **E**, 21
 dogovor o crtanju, 21
 jednačina linija, 23
- Linijski integral vektora polja, 24
- Linkurion, 1
- Lorenc, A. H., 170
- Lorencova sila, 5, 367-368
- Lorens, E. O., 82
- LU* dekompozicija, 231
- Magnet, v. permanentni magnet
- Magnetizaciono polje, 18
- Magnetomehanička anomalija, 406
- Magnetomehanički paralelizam, 407
- Magnetomotorna (magnetopobudna) sila, 432
- Magneto-otpornici, 405
- Magnetostrikcija, 429
- Magnetska energija, polja, 547
 gustina, izvođenje, 549-550
 više spregnutih kontura, 550, 552
- Magnetska otpornost (reluktansa), 432

- provodnost (permeansa), 432
 Magnetska sila, 10
 generalni metod određivanja, 560-562
 između dva naelektrisanja u kretanju, 368
 između dva negraničena paralelna pravolinijska provodnika, 379
 između dva strujna elementa, 358
 makroskopski zakon akcije i reakcije, 547
 na naelektrisanu česticu, v. Lorencova sila na strujnu konturu, uopšte, 376
 noseća sila elektromagneta, 565-567
 za jednosmernu struju, 566
 za naizmeničnu struju, 566-567
 i moment u homogenom polju, 377
 primeri, 562-565
 posebni metod određivanja, 386
 i primeri, 387-390
 Magnetska sprega kontura, uopšte, 529
 kalemova, 531
 Magnetska susceptibilnost, 409, 413,
 tablica vrednosti nekih materijala, 415
 Magnetski dipol, makroskopski, 547
 potencijalna energija, 547
 Magnetski fluks, definicija, 383
 kroz konturu, 383-385
 rasipni, 430, 498
 zakon o konzervaciji, 384
 Magnetski moment, elektrona, 376
 orbitalni, 376
 orbitalni indukovani, 408
 spina (ili sopstveni mag. moment), 406
 strujne konture, definicija 378
 Magnetski napon (grane m. kola), 434
 Magnetski spregnute konture, 529
 pisanje jednačina za, 529-533
 Magnetski vektor-potencijal, 459
 određivanje fluksa preko, 460
 određivanje magnetske indukcije izvan ose kružnog zavojka, 461-462
 Magnetsko kolo, 429-446
 i električno kolo, 430
 Kap-Hopkinsonov ili Omov zakon za, 431
 Kirhofovi zakoni za, 433-434
 linearno, 430
 metode proračuna, 437-442
 nelinearno, 430
 prosto, 431
 sa vazдушnim procepom, 436-437
 stalnog magneta, 443-446
 tanko, 430
 uticaj vazdušnog procepa, 437
 Magnetsko polje, vremenski konstantno, 355
 delovanje na naelektrisanu česticu, 74-79
 fokusirajuće dejstvo, 77
 skretanje elektronskog mlaza pomoću, 76
 Zemlje, 362
 Maksvel, J. K., 18
 Maksvelov postulat, 116, 118-119
 integralni oblik, 118
 lokalni oblik, 119
 Maksvelove jednačine, 465
 teorema jednoznačnosti rešenja, 466
 Međusobna induktivnost, 486-490
 dokaz da je $L_{12}=L_{21}$, 486-487
 dva kružna zavojka, 493
 dva odsečka provodnika, 488, 496
 dve odsečka u obliku duži, 496
 dve žičane konture, 487
 jedinica, 487
 namotaja na torusnom jezgru, 489
 Nojmanov obrazac za, 487
 postupak izračunavanja, 487-488
 torusnog namotaja i zavojka, 488
 znak, 487
 konvencija o označavanju tačkama, 529
 Metamagnetici, 422
 Metod konturnih struja, 322-325
 Metod napona preseka, 325-328
 Metod ogledanja, u elektrostatici, 96
 u elektromagnetizmu, 560
 Metod potencijala čvorova, 328-330
 Milikenov eksperiment, 6
 Molarna masa supstancije, 11-12, 170
 Molekuli, nepolarni, 112
 polarni, 112
 srednja dužina slobodnog puta u gasu, 170
 Moment električne sile na dipol, 53,
 Moment magnetske sile homogenog polja na strujnu konturu, 378

 Naelektrisanu čestica, dinamika u,
 električnom polju, 71-73
 magnetskom polju, 74-79
 ukrštenom polju, 79-81
 Naelektrisano telo, 13
 kvazipunktualno, 18
 Naelektrisanje, algebarska vrednost, 3
 definicija, 3
 indukovano, 12, 14, 37
 jedinica za, 3
 negativno, 3
 obeležavanje, 3
 površinsko, 13
 pozitivno, 3
 punktualno, 17
 raspodela na provodnim telima, 13, 38, 85
 vezano, 115

- višak, 117
- zapreminsko, 29, 36, 44, 117
- Naelektrisanje, trenjem, 2, 12
 - elektrostatičkom indukcijom, 12
- Napon, 16, 23-30
 - između krajeva generatora, 182, 209
 - između krajeva otpornika, 182
 - jedinica za, 16
 - konvencija o označavanju, 27
 - tumačenje, 28
- Napon koraka, 205
- Naponsko-strujna karakteristika, v. statička karakteristika
- Napon, u elektromagnetskom polju, 222
 - u mrežama sa konstantnim strujama, 220
 - u mrežama, sa promenljivim strujama, 223
- Naponski generator, 208, 209, 214, 224-232
 - i strujni, 224
 - idealni, 210, 224
 - realni, 214, 224
- Neelektrične (strane) sile na opterećenja, 209
- Nelova temperatura, 421
- Nernstova teorija, 234-235
- Nojmanov obrazac, 487-488
- Nortonov ekvivalentni generator, 224, 341
- Nortonova teorema, 341

- Oblast prostornog tovara (OPT), 287
- Obrtno magnetsko polje, primer, 366-367
- Om, G., 171
- Omov zakon, 170
 - i klasična teorija provodnosti, 170
 - generalisani, u lokalnom obliku, 208
 - klasičan (integralni) oblik, 172
 - klasičan oblik za deo kola sa ems, 211
 - u lokalnom obliku, 171
 - u kompleksnom obliku, za elemente, 515-517
 - za kolo, 519
 - za kolo, 213, 216
- Oksidoredukcijske reakcije, 233
- Opterećenje, v. naelektrisanje
- Osciloskop, 73
- Otklonski (deflekcioni) sistem, 72
 - elektrostatički, 71-73
 - AF-karakteristika, 73
 - fazno-frekventna karakteristika, 73
 - kompleksna funkcija prenosa, 73
 - osetljivost, 73
 - magnetski, 74-79
 - osetljivost, 78
- Otpornik, 173-175
 - aktivan, 186, 187
 - bilateralan, 175, 185, 188
 - ekvivalentan, 194-199
 - integrisani, 188
 - kompozitni, 187
 - linearan, 171
 - mešovita veza, 195
 - napon između krajeva, 172-174
 - konvencija o, 182
 - nelinearan, 175, 188, 190
 - otpornost, 173, 175
 - oznake za, 187
 - provodnost, 173
 - paralelna veza, 195
 - serijska (redna) veza, 194
 - slojni, 188
 - snaga, 180, 185, 186
 - statička karakteristika, 185
 - unilateralan, 173, 190
- Otpornost, definicija, 173, 175
 - negativna, 186
 - specifična, 176
 - zavisnost od temperature, 176
 - žičanog provodnika, 175

- Paramagnetski materijali, 360, 409
 - osobine, 409
- Parazitski feromagnetizam, 421
- Peltijeov efekat, 251
- Peltijeov koeficijent, 255
- Peltijeova ems, 251, 255
 - apsolutna, 255
 - relativna, 251, 255
- Periodične veličine, 184
- Permanentni magneti, 443-446
 - materijali za, 443
 - optimalna indukcija, 445
 - optimalna jačina magnetskog polja, 445
 - projektovanje, 445-446
 - sa zarubljenim polovima, 444
 - veštački, 443
- Permeabilnost, apsolutna, 413
 - diferencijalna, 426
 - inkrementalna, 426
 - jedinica, 358, 413
 - kompleksna, 425
 - normalna, 426
 - početna, 424
 - relativna, 360, 413
 - reverzibilna, 426
 - tablica vrednosti, 427
 - vakuuma, 358
- Permitivnost dielektrika, 14, 111
 - tablica vrednosti, 111

- dinamička, 111
 relativna, 18, 111, 116
 statička, 111
 vakuuma, 17
- Plankova konstanta, 175, 191, 276
- P-n spoj, 287
 direktno polarisan, 292-294
 inverzno platisan, 294-297
 u praznom hodu, 288-292
- Poasonova jednačina, izvođenje, 37
- Pointing, J., 20
- Pointingov vektor, 20, 557
- Pointingova teorema, 557
- Pokretljivost nosilaca provodnosti, 171, 291
- Polarizacija, atoma, 18
 dielektrika, 37, 112
 i makroskopske manifestacije 113
 dipola, 112
 elektronska, 112
- Poluprovodnici, 284-287
 besprimesni (čisti), 247, 285-287
 primesni (dopirani), 247, 285-287
- Poluprovodnička dioda, 247, 287
 električni modeli, 297
 električni proboj, 294
 inverzna struja zasićenja, 193, 294, 295
 kapacitivnost, 294
 otpornost, dinamička i statička, 296
 primene, 295
 statička karakteristika, 193, 295
 toplotni proboj, 292, 294
 Zenerova, 294
- Poluprovodnička fotodioda, 298-300
- Popravka faktora snage, 525
- Potencijal, 23-30
 električnog dipola, 30-33
 električnog polja, 23-30
 i vektor E (izvođenje veze između), 29-30
 kontakti, 233
 površinski raspodeljenog opterećenja, 29
 punktualnog naelektrisanja, 28
 kontinualne raspodele opterećenja, 29
 raspodela duž kola, 218-219
 razlika u dve tačke, 26
- Površ, orijentacija, 24
- Površinska struja,
 podužna gustina, 397, 415
- Površinski efekat, 477, 478-485
 dubina prodiranja, 483
- Prelazni režim, 301
- Prenaponi, 519-520
- Prenosni broj transformatora, 536
- Prijemnik, aktivni, 523
 reaktivni, 524
- Prilagođenje, 214-215, 528
- Princip održanja, aktivne, reaktivne i kompleksne prividne snage u mrežama, 526
- Princip održanja trenutne snage, 310, 526
- Princip rada uređaja za fotokopiranje, 74
- Prividna snaga, generatora, 526
 jedinica, 526
 prijemnika, 526
- Probno operećenje, 20
- Proboj dielektrika, 111
 tumačenje, 126-127
- Prostoperiodične funkcije, 184
- Prostorni ugao, 35
- Proton, dimenzije, 3
 masa, 74
- Provodnici, 2, 284
- Pujeov obrazac, 369
- Radna funkcija metala, 71
- Reaktansa, 519
- Reaktivna snaga generatora, 526
 jedinica, 526
 prijemnika, 526
- Referentna tačka, 26
- Referentni smer napona usaglašen sa strujom, 182-183
- Referentni smer količine elektriciteta, 23
- Reluktansa, 432
- Remanentna indukcija, 423
- Rezistansa, 519
- Rezonancija, fazna, 519-520
- Ridbergova konstanta, 276
- RL* kolo, 498
 Grinova funkcija, 502
 indiciona funkcija 502
 odziv na Hevisajdovu eksitaciju, 501
 odziv na proizvoljnu eksitaciju, 503
 odziv na prostoperiodičnu eksitaciju, 510
 kompletan, 511
 prinudna komponenta, 511
 sopstvena komponenta, 511
- RLC* kolo, paralelno, 509
- RLC* kolo, redno, 504
 indicione i Grinove funkcije, 504-509
 odziv na prostoperiodičnu eksitaciju, 512
 prinudna komponenta odziva, 513
- Rotor vektora, 25
- Samoindukcija, 490-497
- Samoinduktivnost, debelih kontura, 491, 557
 definicija, 491, 558
 dvožičnog voda, 492, 560

- ekvivalentna, dva redna kalema, 532
 dva paralelna kalema, 532
 koaksijalnog voda, 492, 559
 Nojmanov obrazac za, 491
 spoljašnja, 491
 dvožičnog voda, 492
 kružnog zavojka, 495
 koaksijalnog voda, 492
 tanke provodne konture, 490
 torusnog namotaja, 497
 ukupna, 491
 koaksijalnog voda, 559
 tankog dvožičnog voda, 560
- Savar, F., 356
 Savršen transformator, 535
 Sekundarna emisija elektrona, 5
 Senjetova so, 114
 Simens, W., 173
 jedinica, 173
 Skin-efekat, 172, 477, 478-485
 dubina prodiranja, 483
 Skretanje (deflekcija) elektronskog mlaza,
 u električnom polju, 71-73
 u magnetskom polju, 74-49
 u osciloskopu, 86-89
 u ukrštenom polju, 79-81
- Snaga u električnim mrežama, 181-183
 aktivna, 522
 dela kola, 213
 kompleksna prividna, 526
 konvencija 182, 522
 princip održanja u kolima i mrežama, 310,
 prividna, 526
 reaktivna, fizički smisao, 524
 RLC elemenata, 524
 trenutna, 522
- Solarna ćelija, 298-300
 Solenoid, 79, 371-373
 Specifična otpornost, 171
 dielektrika, 179
 elektrolita, 178
 metalnih provodnika, 176
 tablica vrednosti, 176
 temperaturni koeficijent, 176
 zavisnost od temperature, 176
 nekih legura, 177
 nekih supstancija, 179
 vodenih rastvora nekih supstancija, 178
 teorijsko određivanje, 170-171
- Specifična provodnost, 171
 i tablica za neke vodene rastore, 178
- Spektrograf mase, 83-86
 Srednja dužina slobodnog puta, 7, 170
 Stacionarna električna struja, 163
- Stalni magnet, v. permanentni magnet
 Statička karakteristika (U/I karakteristika, na-
 ponsko-strujna karakteristika),
 fotodiode, 299
 otpornika, 173, 185
 poluprovodničke diode, 297
 solarne ćelije, 299
 vakuumske diode, 192
- Statistika, Fermi-Dirakova, 249, 281
 funkcija raspodele, 281
 Maksvel-Bolcmanova, 281
 funkcija raspodele, 281
- Stoksov zakon, 7
 Strane (nekulonske) sile, 165
 Struja magnećenja (praznog hoda), 536
 Strujna kontura, definicija, 210
 Strujni generator, 224-232
 idealni, 224
 realni, 224
- Strujni element, definicija, 164
 magnetska sila na, 358
- Strujno polje, 163-165
 definicija, 165
 strujne tube, definicija, 165
 strujnice, definicija, 165
 zakon prelamanja, 199-201
- Sudarna jonizacija, 70, 127
 Sunčane baterije, 300
 Superprovodnici, 177
 Supstancija u magnetskom polju, 406
 Susceptansa, 519
 Susceptibilnost, električna, 115
 magnetska, 409, 413
 i tablica orijentacionih vrednosti, 415
- Suvi generator, 239
- Šotkijev efekat, 191
 Šredingerova jednačina, 277-281
 primeri primene, 278, 279-281
 Štajnmecov koeficijent, 556
 Štajnmecov obrazac, 556
 Šupljina, 247
- Talasna dužina, DeBroljijeva, 276
 ravanskog elektromagnetskog talasa, 467
- Talasna funkcija, osobine, 278
 čestična formulacija Hajzenbergovog
 principa neodređenosti, 278-279
- Tales, 1
 Telegenova teorema, 311
 Temperatura inverzije (termopara), 256

- Teorema, Gaus-Ostrogradskog, 25
 kompenzacije, 217, 353
 za otpornik ili impedansu, 353
 Nortonova, 341
 održanja kompleksne snage,
 održanja trenutne snage, 310
 reciprociteta, 340
 Stoksova, 25
 superpozicije, 334
 Tevenenova, 340
- Teoreme LVI mreža, 334-354
- Teov zakon, 255
- Termički napon, 291
- Termistor, 188-189
- Termoelektrične pojave, 248-267
- Termoelektrične pumpe, 248, 258
 poluprovodničke, 264-267
 faktor dobrote, 266-267
 koeficijent performanse, 265-266
- Termoelektrični moduli, 258, 261
 Optimalna struja modula, 261
- Termoelektrično kolo, 251
- Termojonska emisija, 71
- Termopar (termoelement, termospreg), 251
 faktor dobrote, termoelektrični, 256
 diferencijalni, 257
 koeficijent korisnog dejstva, 257, 258
 materijali za, 256-257
 i tablica materijala, 259
 modelovanje (matematičko) termoparova,
 259-261
 primene, 257-258
- Tesla, N., 75
- Tesla (jedinica), 75,
- Tevenenov ekvivalentni generator, 224-225
- Tevenenova teorema, 340
- Tiritni otpornik, 190
- Tomson, J., 3
- Tomsonov eksperiment, 3-6
- Tomsonov efekat, 248-250
- Tomsonov koeficijent, 249
 i tablica orijentacionih vrednosti, 249
- Tomsonova ems, 249-250
- Tomsonova teorema, 13, 38
 i jedna posledica, 39
 jedna važna primena, 56
- Toplota isparavanja kristala, 132
- Transformator, monofazni, 533
 ekvivalentna T -šema, 539-540
 gubici, 542
 idealni, 537
 princip rada, 536-537
 savršen, 535
 stepen korisnog dejstva, 542-543
 u linearnom radnom režimu, 535
 osnovne jednačine, 536-538
 ulazna impedansa, 538
- Trougao, veza kondenzatora, 108-110
 ekvivalencija sa zvezdom, 109
 veza otpornika, 197
 ekvivalencija sa zvezdom, 197
- Univerzalna gasna konstanta, 171
- Upredeni vod, v. bifilarni upredeni vod
- Ustaljeno (stacionarno) stanje, 153
- Uzemljenje, kao mera sigurnosti, 202-203
 oznaka za, 203
 princip delovanja, 203
- Uzemljivači, 202
 otpornost uzemljenja, 203-207
 metode merenja, 202
 ampermetrom i voltmetrom, 206
 Berendovom metodom, 207
 cilindričnog uzemljivača, 206
 polusferičnog uzemljivača, 204
 sfernog uzemljivača, 203
- Vajsovi domeni, u dielektriku, 114
 u feromagnetskim materijalima, 418-420
 veličina, 419
 Hajzenbergovo tumačenje, 419
- Vajsova fenomenološka teorija, 421
- Vajsova hipoteza, prva, 420
- Vajsova hipoteza, druga, 421
- Vajsovo polje, 420
- Vakuumska dioda, 190
 dinamička otpornost, 193
 gustina struje zasićenja, 191
 određivanje statičke karakteristike, 190-193
 statička otpornost, 193
- Valentni elektroni, 233
- Van de Graf, 83
- Van de Grafov akcelerator, 84-86
- Variometri, 532
- Varistor, 190
- Varnica, 39
- Varničenje u komutacionim elementima, 499
- Vazdušni procep, u magnetskom kolu,
 efektivna površina, 436
 uticaj, 437
- Vektor gustine električne struje, 166
 opšti oblik, 167
- Vektor električne polarizacije, 113
 tumačenje, 113
 veza sa vektorom E , 113
- Vektor električnog pomeraja, 118

- Vektor jačine električnog polja, 20
 naelektrisanih ravni, 46, 54
 naelektrisane površi, 22
 naelektrisanog domena, 23
 punktualnog naelektrisanja, 21-22
 u koaksijalnom vodu, 95
 u okolini naelektrisane sfere, 39, 44
 u sfernom kondenzatoru, 94
- Vektor jačine magnetskog polja, 412
 u permanentnom magnetu, 444
- Vektor jačine stranog električnog polja, 209
- Vektor magnetizacije, definicija, 410
 i rezultantna μ -struja, 411
 u stalnom magnetu, 444
 veza sa vektorom \mathbf{B} , 412
 veza sa vektorom \mathbf{H} , 412
- Vektor magnetske indukcije, 360
 fluks, 383
 Helmholtzovih kalemova, 370-371
 isečka cilindričnog lista (folije), 365-366
 jedinica, 361
 koaksijalnog kabla, 394-396
 linije (vektora) magnetske indukcije, 361
 merenje intenziteta, 402-405
 na osi kružnog zavojka, 369
 na osi solenoida, 371
 površinskih struja, 397
 pravog provodnika, 363
 ravne strujne konture, 361
 ravnog strujnog lista, 397
 razni primeri, 364-368
 red veličine u praksi, 362
 strujne duži, 362
 strujne konture, 361
 strujnog elementa, 361
 strujnog luka, 369
 strujnog plašta (lista), 397
 tankog obrtnog diska, 367
 torusnog namotaja, 399
 kružnog preseka, 400
 i fluks kroz, 400
 pravougaonog preseka, 401
 i fluks kroz, 401
 u centru kružnog zavojka,
 u pravolinijskom provodniku, 394
 zapreminskih struja, 367
 Zemlje, 362
- Vektor magnetske polarizacije, 410
- Vezana naelektrisanja, 115
 višak, 117
- Vezane čestice, 275, 277
- Videman-Francov zakon, 173
- Vitstonov most, 342
- Vodonikove ćelije, 245
- Volta, A., 233
- Vremenska konstanta, RC kola, 101, 153
 RL kola, 502
- Vremenski promenljiva struja, 164, 166
- Vremenski promenljivo električno i
 magnetsko polje, 446
- Vrtložne (Fukoove) struje, 477, 469-478
 gubici usled, 471, 476-477
 korišćenje, 470
 smanjivanje uticaja, 470
- Zakon dejstva masa, 286
- Zakon kompozicije za Zebekove ems, 253
- Zakon međuprovodnika, 247
- Zakon međutemperatura, 252
- Zakon održanja energije, i Lencov zakon, 529
 za n strujnih kontura, 550-552
- Zakon o konzervaciji elektriciteta, 15
- Zakon o konzervaciji magnetskog fluksa, 270
- Zakon o održanju aktivne, reaktivne i
 kompleksne prividne snage, 527
- Zakon o održanju trenutne snage, 310, 526
- Zakon prelamanja linija,
 električnog polja, 120
 magnetskog polja, 418
- Zakon tri polovine, 193
- Zakoni elektrolize, 8-12
- Zarubljeni polovi permanentnog magnetu, 445
- Zebekov efekat, 251
- Zebekov koeficijent, 254
 apsolutni, 254
 relativni, 254
- Zebekova ems, 251
- Zemlja, poluprečnik, 90
 kapacitivnost, 90, 94
- Zenerov napon, 294
- Zenerov proboj, 294
- Zonalna teorija čvrstog stanja, 275
- Zvezda, veza kondenzatora, 108-110
 ekvivalencija sa trouglom, 109
 veza otpornika, 197
 ekvivalencija sa trouglom, 197
- Zvezdište, 108
- Žičani provodnici, 172
 i njihova otpornost, 175
- Žiromagnetski količnik, orbitalni, 406
 spina, 406