

SADRŽAJ

1. Osnovni zakoni, elementi i parametri električnih krugova	1
1.0. Uvod	1
1.0.1. Električni krugovi s koncentriranim elementima	1
1.1. Osnovne veličine strujnog kruga	3
1.1.1. Strujni krug	3
1.1.2. Električna struja	4
1.1.3. Električni napon. EMS	7
1.1.4. Energija i snaga	10
1.2. Pasivni elementi strujnog kruga	11
1.2.1. Otpor	11
1.2.2. Induktivitet	12
1.2.3. Kapacitet	14
1.3. Aktivni elementi strujnog kruga	16
1.3.1. Naponski izvor	17
1.3.2. Strujni izvor	18
1.4. Komponente strujnog izvora	19
1.4.1. Uvjeti rada i nominalne veličine	19
1.4.2. Frekvencijske područje	19
1.4.3. Utjecaj temperature	21
1.4.4. Prekidač i osigurač	22
1.5. Valni oblici napona i struje	22
1.5.1. Unipolarni i bipolarni valni oblici	22
1.5.2. Sinusni valni oblik	23
1.5.3. Periodički nesinusni valni oblici	24
1.6. Srednja i efektivna vrijednost struje (napona). Omjerni faktori	25
1.6.1. Definicija srednje vrijednosti	25
1.6.1.1. Računanje srednje vrijednosti impulsa čija je perioda T_1 kraća od periode signala T	27
1.6.1.2. Računanje srednje vrijednosti impulsa u nizu i zbroja više valnih oblika	28
1.6.2. Definicija efektivne vrijednosti	29
1.6.2.1. Računanje efektivne vrijednosti impulsa čija je perioda T_1 kraća od periode signala T	31
1.6.2.2. Računanje efektivne vrijednosti impulsa u nizu	31
1.6.2.3. Računanje efektivne vrijednosti valnog oblika $i=I_0+i_1(t)$	32
1.6.2.4. Efektivna vrijednost periodičkih nesinusnih valnih oblika	33
1.6.3. Omjerni faktori	33
1.7. Osnovni zakoni električnih mreža	34
1.7.1. Prvi Kirchhoffov zakon	35
1.7.2. Drugi Kirchhoffov zakon	36
1.8. Izračeni primjeri	37
1.9. Zadatci za vježbu	48

2. Rješavanje mreža u vremenskoj domeni	50
2.0. Pojave u mrežama sastavljenim od radnih otpora R	50
2.1. Zakoni komutacije i početni uvjeti	50
2.2. Odziv mreže na komutaciju	51
2.2.1. Prisilni odziv	52
2.2.2. Slobodni odziv	53
2.2.3. Prijelazno i stacionarno stanje	53
2.3. Prijelazne pojave	54
2.3.1. Priključivanje RC na istosmjernu struju	54
2.3.2. Izbijanje nabijenog kapaciteta	56
2.3.3. Priključivanje serijskog spoja RL na istosmjernu EMS	58
2.3.4. Kratki spoj RL kruga	59
2.3.5. Priključivanje RLC na istosmjernu EMS	61
2.3.6. Priključivanje RLC na sinusnu EMS	68
2.4. Izrađeni primjeri	70
2.5. Zadatci za vježbu	77
3. Prikazivanje sinusnih veličina pomoću fazora	80
3.0. Uvod	80
3.1. Osnovne operacije s kompleksnim brojevima	80
3.1.1. Zbrajanje i odbijanje kompleksnih brojeva	81
3.1.2. Množenje kompleksnih brojeva	82
3.1.3. Dijeljenje kompleksnih brojeva	83
3.2. Fazorski način	84
3.2.1. Prikazivanje vremenski zavisne sinusoide pomoću kompleksnog broja	84
3.2.2. Operacije s fazorima	87
3.3. Primjena fazorskog računa	89
3.3.1. Otpor R	89
3.3.2. Induktivitet	92
3.3.3. Kapacitet	95
3.4. Izrađeni primjeri	98
3.5. Zadatci za vježbu	102
4. Rješavanje mreža u frekventijskoj domeni pomoću fazora	104
4.1. Serijski spoj RLC elemenata. Impedancija	104
4.2. Paralelni spoj RLC elemenata. Admitancija	107
4.3. Ekvivalentni serijski i paralelni spojevi	110
4.3.1. Pretvorba serijskog u ekvivalentni paralelni spoj	110
4.3.2. Pretvorba paralelnog u ekvivalentni serijski spoj	111
4.4. Osnovni zakoni u fazorskom zapisu	112
4.4.1. Ohmov zakon za pasivnu granu	112
4.4.2. Kirchhoffovi zakoni	113
4.4.3. Ohmov zakon za aktivnu granu	113
4.5. Izrađeni primjeri	115
4.6. Zadatci za vježbu	122
5. Električna snaga	124
5.1. Trenutna snaga	124
5.2. Radna snaga	126
5.3. Reaktivna ili jalova snaga	127
5.4. Prividna snaga. Trokut snage	128

5.5. Snaga u kompleksnom obliku	128
5.6. Mjerenje snage	130
5.6.1. Mjerenje radne snage	130
5.6.2. Mjerenje jalove snage	132
5.7. Mjerenje impedancije	133
5.8. Popravljanje faktora snage	134
5.9. Teorem maksimalne snage	135
5.10. Izračeni primjeri	136
5.11. Zadaci za vježbu	138
6. Metode pretvorbe. Fazorski, topografski i locus-dijagrami	139
6.1. Metode pretvorbe	139
6.1.1. Serijski spoj impedancije	139
6.1.2. Paralelni spoj admitancije	141
6.1.3. Mješoviti spoj. Metoda proporcionalnih veličina	143
6.1.4. Pretvorba trokuta u zvijezdu i obratno	145
6.1.5. Pretvorba realnog naponskog u realni strujni izvor i obratno	147
6.2. Spajanje izvora	148
6.2.1. Serijski spoj izvora	148
6.2.2. Paralelni spoj izvora	150
6.2.3. Mješoviti spoj izvora	151
6.3. Fazorski i topografski dijagram	152
6.3.1. Fazorski dijagram	152
6.3.2. Topografski dijagram	154
6.4. Locus-dijagram	158
6.4.1. Linijski dijagram	158
6.4.2. Kružni dijagram	159
6.5. Izračeni primjeri	164
6.6. Zadaci za vježbu	170
7. Rezonancija	174
7.0. Uvod	174
7.1. Naponska rezonancija	175
7.1.1. Frekvencijaska karakteristika serijskog RLC spoja	177
7.2. Strujna rezonancija	182
7.3. Opći slučaj paralelnog rezonantnog kruga	184
7.4. Izračeni primjeri	187
7.5. Zadaci za vježbu	192
8. Metode i teoremi linearnih električnih mreža	194
8.1. Metode rješavanja električnih mreža	194
8.1.1. Shema i graf električne mreže	194
8.1.2. Broj nezavisnih jednažbi mreže	195
8.1.3. Metode I. i II. Kirchhoffova zakona	196
8.1.4. Metoda konturnih struja	197
8.1.5. Metoda potencijala čvorova	201
8.1.6. Metoda superpozicije	211
8.2. Teoremi linearnih električnih mreža	215
8.2.1. Teorem supstitucije	215
8.2.2. Thevenenov teorem	216
8.2.3. Nortonov teorem	221
8.2.4. Teorem recipročnosti	223

8.3. Zadatci za vježbu	225
9. Višefazni sustav izmjeničnih struja	227
9.0. Uvod	227
9.0.1. Prednosti trofaznog sustava	228
9.0.2. Klasifikacija višefaznih sustava	228
9.1. Trofazni sustav	231
9.1.1. Trofazni nepovezani sustav	231
9.1.2. Osnovni spojevi trofaznog sustava	232
9.1.3. Fazne i linijske veličine	233
9.2. Proračun trofaznih simetričnih mreža	234
9.2.1. Spoj zvijezda–zvijezda	234
9.2.2. Spoj trokut–trokut	235
9.2.3. Snaga trofaznog simetričnog sustava	237
9.3. Nesimetrični trofazni sustav	237
9.3.1. Spoj zvijezda–zvijezda i nulvodiča	237
9.3.2. Nesimetrični trofazni teret u spoju zvijezda bez nulvodiča sa zadanim linijskim naponima	239
9.3.3. Nesimetrični trofazni teret spojen u trokut sa zadanim linijskim naponima	240
9.4. Mjerenje radne snage u trofaznom sustavu	241
9.4.1. Metoda triju vatmetra	241
9.4.2. Mjerenje reaktivne snage	241
9.5. Mjerenje snage simetričnog trofaznog sustav	243
9.5.1. Metoda jednog vatmetra	243
9.5.2. Mjerenje reaktivne snage simetričnog sustava	243
9.6. Indikator slijeda faza	244
9.7. Izrađeni primjeri	245
9.8. Zadatci za vježbu	251
10. Proračun mreža s nesinusoidnim periodičkim valnim oblicima ...	254
10.0. Nastanak nesinusnih periodičkih valnih oblika	254
10.1. Proračun linearnim mreža s nesinusnim periodičkim EMS	255
10.2. Snaga u mreži s nesinusnim periodičkim valnim oblicima napona i struje	259
10.3. Viši harmonici u trofaznim mrežama	262
10.4. Izrađeni primjeri	264
10.5. Zadatci za vježbu	267
11. Linearne mreže izmjenične struje s međuinduktivnim vezama ...	270
11.1. Svitak s jezgrom od izolatora	270
11.2. Međuinduktivitet	272
11.3. Dva međuinduktivno vezana kruga	274
11.3.1. Energija magnetskog polja dvaju međuinduktivno vezanih svitaka	277
11.3.2. Serijski spoj dvaju međuinduktivno vezanih svitaka	278
11.3.3. Nadomjesna shema dvaju međuinduktivno vezanih krugova sa zajedničkim čvorom	280
11.4. Proračun linearnih mreža s međuinduktivnim vezama	283
11.4.1. Primjena I. i II. Kirchhoffova zakona	283
11.4.2. Primjena metode konturnih struja	284
11.5. Transformator s jezgrom od izolatora	286
11.5.1. Shema transformatora. Transformatorske jednadžbe	286

11.5.2. Ulazna impendancija transformatora	288
11.6. Savršeni i idealni transformator	290
11.6.1. Savršeni transformator	290
11.6.2. Idealni transformator	291
11.7. Nadomjesna shema dvonamotnog transformatora s jezgrom od izolatora	293
11.8. Autotransformator	298
11.9. Izrađeni primjeri	298
11.10. Zadatci za vježbu	305
12. Mreže izmjenične struje s feromagnetskim elementima	309
12.0. Svojstva feromagnetskih materijala u izmjeničnom magnetskom polju	309
12.1. Svitak s feromagnetskom jezgrom i sinusnim naponom	312
12.1.1. Svitak s feromagnetskom jezgrom bez rasipnog toka i otpora zavoja	312
12.1.2. Realni svitak s feromagnetskom jezgrom	316
12.2. Transformator s feromagnetskom jezgrom	317
12.3. Izrađeni primjeri	319
12.4. Zadatci za vježbu	325
13. Elektromehanička pretvorba energije	327
13.0. Jednadžbe energetske ravnoteže elektromehaničkih pretvarača	327
13.1. Kapacitivni elektromehanički pretvarači	328
13.1.1. Sile i momenti sila u električnom polju	328
13.1.2. Kondenzatorski mikrofoni	330
13.1.3. Kondenzatorski zvučnik	334
13.2. Induktivni elektromehanički pretvarači	334
13.2.1. Proračun sile i momenta u magnetskom polju	334
13.2.2. Osnovni princip elektromehaničke pretvorbe energije induktivnih pretvarača	339
13.2.3. Elektromagnet s vibrirajućom kotvom	343
13.2.4. Rotacijski pretvarač energije s jednim namotom	345
13.2.5. Rotirajuće magnetsko polje	350
Rješenja zadataka	353
Kazalo	361
Literatura	364