SADRŽAJ

Predgovor

1. UVOD..... 1
1.1 OPŠTE……. 1
1.2 POGODNOSTI I NEDOSTACI PRIMENE DISTRIBUIRANIH IZVORA……. 3
1.2.1 Pogodnosti primene distribuiranih izvora……. 3
1.2.2 Tehnički nedostaci upotrebe distribuiranih izvora…… 4
1.3 PRIKLJUČENJE DISTRIBUIRANIH RESURSA NA MREŽU…….. 6
1.3.1 Opšte……. 6
1.3.2 Integracija više tipova DG na mrežu……. 7
1.4 PRAKTIČNA ISKUSTVA VELIKIH KORISNIKA…... 11
1.4.1 DG u EES-u u Nemačkoj- praksa i propisi..... 11
Primer 1.4.1..... 14
Primer 1.4.2..... 17
1.4.2 Eksploatacija DG-a u Španiji..... 21
1.4.3 Koncept aktivne distributivne mreže u Japanu..... 22
LITERATURA..... 22

2. SOLARNI FOTONAPONSKI SISTEMI..... 25
2.1 OPŠTE..... 25
2.2 FOTONAPONSKE ĆELIJE..... 27
2.2.1 Opšte..... 27
2.2.2 Model idealne FN-ćelije..... 28
2.2.3 Modeli modula i nizova..... 29
2.2.4 Radne karakteristike FN-sistema..... 31
Primer 2.2.1..... 34
2.3 SPREZANJE INVERTORA I FN-MODULA..... 35
2.4 EFIKASNOST FN-IZVORA I REGULACIJA SNAGE. 35
2.5 NEUSAGLAŠENOST PARAMETARA FN-ĆELIJA.... 37

	Primer 2.5.1	40
	Primer 2.5.2	41
	Primer 2.5.3	43
2.6	TIPOVI FN-SISTEMA	46
2.6.1	Opšte	46
2.6.2	FN-sistemi kao nezavisni izvori električne energije	46
2.6.3	FN-sistemi koji su integrisani na postojeću električnu mrežu	46
2.7	UZEMLJENJE FN-SISTEMA	49
	FN-postrojenja sa galvanski izolovanom DC-stranom od električne mreže	50
2.8	PREKOSTRUJNA ZAŠTITA FN-SISTEMA	51
2.8.1	Opšte	51
2.8.2	Postupak izbora osigurača za zaštitu nizova modula	52
2.8.3	Postupak izbora osigurača za zaštitu redno-paralelne kombinacije (grupe) modula	54
2.8.4	Zaštita kabla na DC-strani invertora	54
2.8.5	Zaštita kabla na AC-strani invertora	56
2.9	ZAŠTITA FN-SISTEMA OD ATMOSFERSKIH PRENAPONA	57
2.9.1	Opšte	57
2.9.2	FN-sistemi na krovovima zgrada	57
2.9.3	FN-sistemi monitirani na tlu	59
	LITERATURA	59
3.	MALE HIDROELEKTRANE (HE)	61
3.1	OPŠTE	61
3.2	KLASIČNE MALE HIDROELEKTRANE	63
3.2.1	Opšte	63
3.2.2	Protočne male HE	64
3.2.3	Male HE sa akumulacijom vode	65
3.2.4	Planiranje izgradnje male HE	68
3.3	OSNOVI HIDROTEHNIKE	69
3.3.1	Hidraulička energija vode	69
	Primer 3.3.1	71
3.3.2	Gubici u cevovodu	73
	Primer 3.3.2	76
3.3.3	Merenje protoka	77
3.3.4	Merenje pada	80
3.4	HIDRAULIČKE TURBINE	81
3.4.1	Opšte	81
3.4.2	Akcijske turbine	82
3.4.3	Reakcijske turbine	84
3.4.4	Specifičan broj obrtaja turbine i povoljan broj obrtaja turbine.	87

3.4.5 Uređaj za podešavanje brzine obrtanja……. 88
3.4.6 Regulacija turbine……..... 89
3.5 GENERATORI……. 91
3.5.1 Opšte……. 91
3.5.2 Pobudni sistemi……. 92
3.5.3 Regulacija napona i sinhronizacija……... 92
3.6 UPRAVLJANJE, ZAŠTITA I MERENJE U MALOJ HE..... 93
3.7 PRIMENA AUTOMATSKIH UREĐAJA……... 94
3.8 OSTALA ELEKTRIČNA OPREMA……... 95
3.9 MALE HIDROELEKTRANE SA KINETIČKIM TURBINAMA..... 95
3.9.1 Opšte……. 95
3.9.2 Klasifikacija kinetičkih turbina..... 96
3.9.3 Eksploatacioni aspekti..... 98
LITERATURA……. 99

4. OSNOVI RADA VETROELEKTRANA..... 101
4.1 OPŠTE…….. 101
4.2 KOMPONENTE VETROELEKTRANE..... 104
4.2.1 Opšte..... 104
4.2.2 Lopatice rotora..... 104
4.2.3 Kućište (gondola)..... 105
4.2.4 Prenosni mehanizam (reduktor)..... 105
4.2.5 Generatori..... 106
4.2.6 Stub..... 107
4.2.7 Mehanizam za zakretanje turbine..... 108
4.2.8 Kočnice..... 109
4.2.9 Anemometar i indikator smera vetra..... 109
4.2.10 Sistemi za zaštitu..... 110
4.2.11 Ostali elementi..... 110
4.3 KLASIFIKACIJA VETROELEKTRANA..... 111
4.3.1 Klasifikacija prema tipu ose turbine..... 111
4.3.2 Klasifikacija prema brzini obrtanja turbine 113
4.3.2.1 Opšte..... 113
4.3.2.2 Vetroturbine stalne brzine obrtanja..... 113
4.3.2.3 Vetroturbine promenljive brzine obrtanja..... 115
4.4 OSNOVI KONVERZIJE ENERGIJE VETRA..... 117
4.4.1 Opšte..... 117
4.4.2 Energija i snaga vetra..... 117
Primer 4.4.1..... 123
4.4.3 Varijacija brzine vetra sa promenom visine..... 124
Primer 4.4.2..... 125

4.4.4 Procena količine proizvedene električne energije..... 127
Srednja brzina vetra i srednja kubna brzina vetra..... 127
Funkcija raspodele brzine vetra..... 128
Matematički modeli za analizu parametara vetra..... 132
Primer 4.4.3..... 133
4.4.5 Uticaj zajedničke proizvodnje iz više vetroelektrana..... 134
4.4.6 Kontrola snage vetroturbina..... 136
4.5 ELEKTRIČNI ASPEKTI EKSPLOATACIJE VETROELEKTRANA..... 139
4.5.1 Opšte..... 139
4.5.2 Priključenje vetroelektrana na postojeću mrežu..... 139
4.5.3 Uzemljenje vetroelektrana..... 141
4.5.4 Gromobranska zaštita vetroelektrana..... 142
4.5.5 Priključenje vetroelektrana na mrežu..... 144
4.5.6 Kvalitet električne energije..... 144
4.5.7 Relejna zaštita vetroelektrana..... 147
4.5.8 Ostrvski rad i samopobuđivanje indukcionih generatora..... 149
4.5.9 Zaštita poveznih elemenata..... 150
4.6 ODRŽAVANJE, POUZDANOST I EKONOMIČNOST VETROELEKTRANA..... 151
4.6.1 Opšte..... 151
4.6.2 Održavanje vetroelektrana..... 152
4.6.3 Pouzdanost vetroelektrana..... 153
4.6.4 Ekonomičnost rada vetroelektrana..... 153
Primer 4.6.1..... 157
LITERATURA..... 158

5. KOGENERACIONA POSTROJENJA..... 159
5.1 OPŠTE..... 159
5.2 ELEMENTI I PODELA KOGENERACIONIH POSTROJENJA..... 160
5.3 MOTORI SA UNUTRAŠNJIM SAGOREVANJEM..... 162
5.4 STIRLINGOV MOTOR..... 164
5.5 MIKROTURBINE..... 164
LITERATURA..... 168

6. GORIVNE ĆELIJE..... 169
6.1 OPŠTE..... 169
6.2 PRINCIP RADA..... 170
6.2.1 Opšte..... 170
6.2.2 Paketi gorivnih ćelija..... 171
6.3 TIPOVI GORIVNIH ĆELIJA..... 172

6.4 PRIMENA SISTEMA GORIVNIH ĆELIJA KAO DISTRIBUIRANIH IZVORA..... 174
6.4.1 Opšte..... 174
6.4.2 Gorivne ćelije priključene na mrežu..... 175
6.4.3 Gorivne ćelije kao nezavisni izvori energije..... 175
6.5 PROIZVODNJA VODONIKA ZA GORIVNE ĆELIJE. 175
LITERATURA……. 177

7. SISTEMI ZA AKUMULIRANJE ENERGIJE (SAE)..... 179
7.1 OPŠTE……... 179
7.2 PARAMETRI SISTEMA ZA AKUMULIRANJE ENERGIJE……... 181
7.3 MEHANIČKI SISTEMI ZA AKUMULIRANJE ENERGIJE..... 182
7.3.1 Reverzibilne hidroelektrane (RHE)..... 182
7.3.2 Sistemi sa komprimovanim vazduhom (SKV)..... 183
7.3.3 Inercione mase..... 185
7.4 ELEKTROHEMIJSKI SISTEMI ZA AKUMULIRANJE ENERGIJE..... 188
7.4.1 Opšte..... 188
7.4.2 Olovni akumulatori..... 188
7.4.3 Akumulatori na bazi nikla..... 189
7.4.4 "Protočni akumulatori" (redukciono-oksidacione ili hibridne baterije)..... 190
7.4.5 Napredne tehnologije akumulatora..... 191
Litijum-jonski akumulatori..... 191
Natrijum-sulfidni akumulatori..... 191
7.5 HEMIJSKI SISTEMI- SISTEMI ZA AKUMULIRANJE VODONIKA..... 192
7.6 ELEKTRIČNI SISTEMI ZA AKUMULIRANJE ENERGIJE..... 193
7.6.1 Ultra-kondenzatori..... 193
7.6.2 Akumuliranje magnetne energije u superprovodnim sistemima..... 195
7.7 OSTALI NAČINI SKLADIŠTENJA ENERGIJE..... 197
LITERATURA……. 197

8. PRORAČUN STRUJA KVARA U MREŽAMA SA DISTRIBUIRANIM GENERATORIMA…….... 199

8.1 OPŠTE…….. 199
8.2 MODELI INDUKCIONIH GENERATORA..... 200
8.2.1 Opšte……. 200
8.2.2 Model indukcionog generatora sa kaveznim rotorom (Tip 1)..... 201
Trofazni kratki spoj na krajevima generatora..... 201
Nesimetrični kvar na krajevima generatora..... 205
8.2.3 Model indukcionog generatora sa namotanim rotorom (Tip 2)..... 205
8.2.4 Model dvostrano napajanog indukcionog generatora (Tip 3)..... 207
8.2.5 Model indukcionog generatora sa punoupravljivim energetskim pretvaračem (Tip 4)..... 210
8.3 MODELI SINHRONIH GENERATORA..... 212
8.3.1 Opšte……. 212
8.3.2 Trofazni kratki spoj na krajevima generatora..... 213
8.3.3 Trofazni kratki spoj u radijalno napajanoj mreži..... 214
Proračun uz zanemarenje aktivnih otpornosti elemenata..... 214
Proračun uz obuhvatanje aktivnih otpornosti elemenata..... 216
8.3.4 Modelovanje sinhronog generatora tokom nesimetričnih kvarova..... 217
Impedanse direktnog i inverznog redosleda..... 217
Impedansa nultog redosleda..... 217
Primer 8.3.1..... 218
Primer 8.3.2..... 228
LITERATURA……. 231

9. REGULACIJA NAPONA U MREŽAMA SA PRIKLJUČENIM DISTRIBUIRANIM GENERATORIMA..... 233
9.1 OPŠTE..... 233
9.2 DOSADAŠNJA PRAKSA I TRENDOVI..... 235
9.3 UTICAJ DG-a NA VREDNOST NAPONA..... 236
9.4 ODREĐIVANJE MAKSIMALNE SNAGE PRIKLJUČENIH DG-a..... 236
9.4.1 Opšte……. 236
9.4.2 Pojava preopterećenja na radijalno napajanom distributivnom izvodu..... 237
Određivanje maksimalne snage DG-a uz uvažavanje tokova samo aktivnih snaga..... 237
Primer 9.4.1..... 239
Određivanje maksimalne snage DG-a uz uvažavanje tokova aktivnih i reaktivnih snaga..... 241

	Primer 9.4.2	242
9.4.3	Pojava preopterećenja za slučaj redundantnosti i rada u petljastoj konfiguraciji	242
9.4.4	Proračun uticaja DG-a na vrednost napona	243
	Primer 9.4.3	247
	Primer 9.4.4	249
	Primer 9.4.5	250
	Primer 9.4.6	252
9.5	KONTROLA NAPONA U DISTRIBUTIVNIM SISTEMIMA	255
9.5.1	Opšte	255
9.5.2	Promena napona zbog priključenja DG-a	255
	Primer 9.5.1	256
9.5.3	Kontrola napona primenom naponskih regulatora	258
9.6	PRORAČUN PADA NAPONA KADA JE JEDAN DG PRIKLJUČEN NA IZVOD	260
	Primer 9.6.1	262
9.7	SNIŽENJE PRENAPONA KOJI SU POSLEDICA PRIKLJUČENIH DG-A	265
9.8	REGULACIJA NAPONA U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI JAPANA	267
9.8.1	Opšte	267
9.8.2	Kooperativna kontrola	268
9.8.3	Nezavisna kontrola	268
	Princip regulacije napona	269
9.9	DINAMIČKA KONTROLA NAPONA	270
9.10	KOORDINISANE METODE ZA KONTROLU NAPONA	270
9.11	EVROPSKA PRAKSA I KONCEPT "INTELIGENTNIH ČVOROVA"	272
9.12	REGULACIJA NAPONA NA IZVODIMA SA DG I NJIHOV UTICAJ NA VISINU GUBITAKA	274
	Primer 9.12.1	276
9.13	MINIMIZACIJA GUBITAKA	276
	LITERATURA	277
10.	UTICAJ DISTRIBUIRANIH GENERATORA NA RAD RELEJNE ZAŠTITE	279
10.1	OPŠTE	279
10.2	PROMENA DOSEGA RELEJA	279
10.3	NEPOTREBNO ISKLJUČENJE (PROBLEM SELEKTIVNOSTI)	281

10.4 GUBITAK KOORDINACIJE IZMEĐU UKLOPKI NA GLAVNOM IZVODU I OSIGURAČA NA OGRANCIMA..... 283
Koordinacija uklopki i osigurača u pasivnoj mreži..... 283
Koordinacija uklopki i osigurača u mreži sa priključenim DG-om..... 284
10.5 NEPLANSKI OSTRVSKI RAD..... 286
10.6 POVEZIVANJE DELOVA MREŽE KOJI NISU U SINHRONIZMU..... 286
10.7 POREMEĆAJ U RADU SISTEMA AUTOMATSKOG PONOVNOG UKLJUČENJA..... 287
LITERATURA..... 287

11. RELEJNA ZAŠTITA DISTRIBUIRANIH GENERATORA……. 289
11.1 OPŠTE…….. 289
11.2 ZAŠTITA DG-a U PLANSKOM OSTRVSKOM REŽIMU RADA 292
11.2.1 Zaštita pojedinačnih DG-a..... 292
11.2.2 Zaštita više DG-a u paralelnom radu na izolovanu mrežu..... 293
11.3 ZAŠTITA DG-a PRIKLJUČENIH NA DISTRIBUTIVNU MREŽU..... 294
11.4 ZAŠTITA OD NEPLANSKOG OSTRVSKOG RADA DG-a..... 294
11.4.1 Opšte..... 294
11.4.2 Pasivne metode za detektovanje ostrvskog rada..... 295
11.4.3 Aktivne metode za detektovanje ostrvskog rada..... 298
11.4.4 Eksterne metode za detektovanje ostrvskog rada..... 299
11.5 SVETSKA PRAKSA I TRENDOVI..... 299
11.5.1 Opšte..... 299
11.5.2 Mere u okviru prve strategije..... 300
11.5.2.1 Ograničavanje generisane snage DG-a saglasno zahtevanoj vrednosti napona u tački priključenja..... 300
11.5.2.2 Određivanje optimalne snage i tačke priključenja DG-a..... 300
11.5.2.3 Isključenje DG-a sa mreže kada se kvar dogodi..... 301
11.5.2.4 Ostanak DG-a u pogonu kada se kvar dogodi..... 301
11.5.3 Mere u okviru druge strategije..... 304
11.5.3.1 Zaštita DG-a priključenih preko uređaja energetske elektronike..... 304
11.5.3.2 Distantna zaštita uz korišćenje sistema komunikacije..... 304
11.5.3.3 Diferencijalna zaštita uz korišćenje sistema komunikacije..... 305
11.5.3.4 Korišćenje adaptivne relejne zaštite..... 305

11.5.3.5 Zaštita bazirana na merenju napona..... 306
11.5.3.6 Zaštita bazirana na korišćenju simetričnih komponenti..... 307
11.5.3.7 Zaštita sa kompenzacijom struje kvara..... 307
11.5.3.8 Korišćenje "pametne" zaštite..... 307
11.5.3.9 Primena sinhrofazorskih merenja..... 308
11.5.3.10 Korišćenje elemenata za ograničenje struje kvara..... 309
LITERATURA..... 309

12. UTICAJ DISTRIBUIRANIH GENERATORA NA KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE….. 311
12.1 OPŠTE..... 311
12.2 POREMEĆAJI KOJI UTIČU NA KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE..... 312
12.2.1 Opšte..... 312
12.2.2 Tranzijentne (prelazne) promene..... 313
12.2.3 Naponski propadi i naponski udari……... 314
12.2.4 Prenaponi i podnaponi…….. 315
12.2.5 Prekidi……... 315
12.2.6 Pojava viših harmonika……. 315
12.2.7 "Urezivanje" napona..... 316
12.2.8 Fluktuacije napona (flikeri)..... 317
12.2.9 Električni šum..... 318
12.3 REZONANSA I FEROREZONANSA..... 319
12.3.1 Opšte..... 319
12.3.2 Rezonansa tokom ostrvskog rada..... 319
Primer 12.3.1..... 321
Primer 12.3.2..... 321
Primer 12.3.3..... 322
12.3.3 Ferorezonansa..... 322
12.4 MERE ZA POBOLJŠANJE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE..... 323
12.4.1 Opšte..... 323
12.4.2 Alternativni načini napajanja električnom energijom..... 323
12.4.3 Načini za poboljšanje kvaliteta električne energije..... 324
12.5 UTICAJ INTEGRACIJE DISTRIBUIRANIH GENERATORA..... 326
12.5.1 Opšte..... 326
12.5.2 DG koji služe kao klasično rezervno napajanje..... 326
12.5.3 DG koji služe za rezervno napajanje osetljivih potrošača..... 326
12.5.4 DG koji služe za osnovno napajanje prioritetnih potrošača..... 327
12.5.5 DG koji mogu da rade u oba režima..... 327
12.5.6 DG sa fotonaponskim nizovima..... 328
12.5.7 DG sa vetroturbinom..... 328

12.5.8 DG vezani preko dualnih jss-veza..... 329
12.6 ZAHTEVI INTEGRACIJE DR-a..... 330
LITERATURA..... 331

13. DISTRIBUIRANI RESURSI I MREŽA BUDUĆNOSTI..... 333
13.1 OPŠTE..... 333
13.2 PAMETNE MREŽE..... 333
13.2.1 Opšte..... 333
13.2.2 Praćenje odziva potrošnje..... 335
13.2.3 Napredna merna infrastruktura (NMI)..... 335
13.2.4 Pametna brojila..... 336
13.2.5 Električna vozila..... 337
13.3 ZNAČAJ AUTOMATIZACIJE DISTRIBUTIVNE MREŽE..... 338
13.3.1 Opšte..... 338
13.3.2 Osnovna struktura automatizovanih mreža (sistema)..... 339
13.3.3 Primeri automatizovanih funkcija u pametnoj mreži..... 340
13.4 VIRTUELNE ELEKTRANE..... 342
13.5 MIKROMREŽE..... 344
13.5.1 Opšte..... 344
13.5.2 Koncepti razvoja mikromreža..... 345
13.5.3 Tipična konfiguracija mikromreže..... 345
13.5.4 Načini upravljanja mikromrežom u pojedinim režimima rada..... 347
13.6 STANDARDNI TEST-SISTEMI DISTRIBUTIVNIH MREŽA..... 348
13.6.1 Standardni test-sistem SN-mreže koji je usvojila CIGRE..... 348
13.6.2 Standardni test-sistem NN-mreže koji je usvojila CIGRE..... 350
13.7 MODELOVANJE OPTEREĆENJA (POTROŠNJE)..... 352
13.7.1 Opšte..... 352
13.7.2 Statički modeli opterećenja..... 352
13.7.2.1 Eksponencijalni model..... 352
13.7.2.2 Polinomni (ZIP) model..... 353
13.7.3 Dinamički modeli opterećenja..... 354
LITERATURA..... 355

14. IZBOR NAČINA UZEMLJENJA DISTRIBUIRANIH IZVORA..... 357
14.1 OPŠTE..... 357
14.2 SPREGE ENERGETSKIH TRANSFORMATORA..... 358
14.3 NAČINI UZEMLJENJA NEUTRALNE TAČKE..... 364

14.3.1 Opšte..... 364
14.3.2 Mreža sa izolovanom neutralnom tačkom..... 365
14.3.3 Mreža sa rezonantnim uzemljenjem neutralne tačke..... 371
14.3.4 Mreže uzemljene preko niskoomske impedanse..... 373
14.3.5 Kombinovana metoda uzemljenja..... 374
LITERATURA..... 375

PREDGOVOR

Smanjenje rezervi fosilnih goriva i stalni porast potrošnje električne energije, sa jedne strane, i zahtevi za smanjenje zagađenja životne sredine, sa druge strane, primorali su kompanije i istraživače sa fakulteta i iz instituta da se angažuju na pronalaženju novih održivih načina dobijanja energije. Naročita pažnja je posvećena razvoju tehnologija koje bi omogućile iskorišćenje energije Sunca, vetra, geotermalne energije i biomase. Imajući u vidu njihovu raspoloživost, ovi resursi se, uz vodu, nazivaju *obnovljivim izvorima energije*. Takođe, posebno je stimulisan rad na razvoju kombinovane proizvodnje električne i toplotne energije. Rezultat obimnih i dugogodišnjih istraživanja je primena velikog broja malih izvora električne energije koji se priključuju na srednjenaponsku i niskonaponsku mrežu. Ovi izvori, koji se najčešće nazivaju *distribuiranim*, imaju značajan uticaj, kako na distributivnu mrežu na koju su priključeni tako i na ostatak elektroenergetskog sistema, u smislu naponskih prilika, tokova snaga, visine gubitaka, dejstva na ponašanje uređaja relejne zaštite i dr.

Knjiga koja se stavlja na raspolaganje čitaocima je bitno izmenjena i proširena verzija udžbenika iz 2011. godine od istog autora. Napisana je sa namerom da se problematika eksploatacije distribuiranih izvora izloži na jasan i objektivan način, iznošenjem i pozitivnih i negativnih činjenica, uz obuhvatanje trenutnog stanja i savremenih tehnoloških trendova, sa dovoljno stručnih i naučnih detalja. Osim edukativne namene, imajući u vidu aktuelnost literature koja je korišćena pri pisanju, verujem da će knjiga biti od koristi i stručnjacima koji se bave ovom oblašću.

U prvom, uvodnom, Poglavlju navedene su definicije distribuiranih izvora, prednosti i nedostaci primene i osnovni uslovi za priključenje distribuiranih resursa na mrežu. Značajan deo ovog poglavlja posvećen je praktičnim iskustvima korisnika kada su u pitanju promene koje se događaju u distributivnom sistemu nakon priključenja distribuiranih izvora (iskustva iz Nemačke, Španije i Japana). Takođe, objašnjeni su pojmovi *mikromreža*, *pametna mreža* (*smart grid*) i *virtuelna elektrana*.

Drugo Poglavlje je posvećeno dobijanju električne energije korišćenjem fotonaponskih (FN) sistema. Nakon navođenja osnovnih fizičkih pojmova i veličina koje karakterišu Sunčevo zračenje, izloženi su modeli FN-ćelija, modula i nizova i radne karakteristike FN-sistema. Pokazano je koji uslovi moraju biti ispunjeni da bi se

izvršilo njihovo priključenje na distributivnu mrežu i kako se vrši uzemljavanje. Takođe, navedene su glavne osobine prekostrujne zaštite modula i izvođenje zaštite od atmosferskih prenapona, u zavisnosti od mesta montaže FN-sistema.

Problematika vezana za male hidroelektrane je obrađena u trećem Poglavlju. Navedene su osnovne tehnološke celine i opisani tipovi realizovanih "klasičnih" malih HE. Radi izvođenja izraza za korisnu snagu male elektrane na nekom vodotoku, obrađeni su osnovni pojmovi hidrotehnike i obuhvatanje gubitaka u cevovodima datih karakteristika. Navedene su metode za merenje protoka i za merenje pada. Izložene su osnovne karakteristike i tipovi hidrauličkih turbina, sa posebnim naglaskom gde se koje turbine koriste, u smislu postizanja najvišeg stepena iskorišćenja, sprezanje turbine i generatora i načine regulacije turbina. Takođe, obrađeni su tipovi generatora i sistemi za kontrolu, zaštitu i merenje u malim HE. Na kraju, kao najnovije tehnološko dostignuće, izložene su osnove korišćenja kinetičkih turbina za izgradnju malih HE bez brane.

Četvrto Poglavlje obrađuje principe konverzije energije vetra u električnu energiju. Obrađene su komponente vetroelektrane i navedena je njihova klasifikacija, prema tipu upotrebljene turbine. Pokazano je kako se računa korisna snaga vetroelektrane i kako se procenjuje količina proizvedene električne energije, kao i kako se vrši kontrola snage vetroturbina. Objašnjeno je kako se vetroelektrane priključuju na mrežu, kako se vrši njihovo uzemljavanje, kako se realizuje gromobranska zaštita i koje vrste relejne zaštite se koriste. Na kraju su dati podaci iz velikih kompanija koji se odnose na praksu održavanja vetroelektrana, pouzdanost i ekonomičnost pogona.

Praktični aspekti realizacije kogeneracionih postrojenja izloženi su u petom Poglavlju. Navedena je klasifikacija ovih postrojenja prema snazi i prikazane su šeme realizovanih sistema, zavisno od namene. Objašnjena je upotreba motora sa unutrašnjim sagorevanjem, Stirlingovih motora i mikroturbina i princip vezivanja kogeneracionih postrojenja i potrošača.

Dobijanje električne energije u gorivnim ćelijama je opisano u šestom Poglavlju. Objašnjeni su princip rada i formiranje paketa gorivnih ćelija. Navedene su najvažnije karakteristike najčešće korišćenih tipova gorivnih ćelija i načini njihovog vezivanja na mrežu ili korišćenja kao nezavisnih izvora. Na kraju, pokazani su načini dobijanja vodonika koji se koristi za rad gorivnih ćelija.

U sedmom Poglavlju su obrađeni sistemi za akumuliranje energije. Nakon navođenja parametara ovih sistema, izloženi su klasifikacija i principi rada mehaničkih, elektrohemijskih, hemijskih i električnih sistema za akumuliranje energije. Pomenuta klasifikacija obuhvata i "konvencionalne" i "napredne" načine akumuliranja.

U svim prethodno pomenutim Poglavljima navedeni su i podaci o ceni izgradnje datog tipa distribuiranog resursa, odnosno ekonomičnosti njihove primene.

Proračun struja kvara u mrežama sa priključenim distribuiranim generatorima

prikazan je u osmom Poglavlju. Navedeni su modeli četiri tipa indukcionih generatora i sinhronog generatora u malim elektranama, za slučaj simetričnog i za slučaj nesimetričnih kvarova. Pokazano je kako se uzima u obzir sprega namotaja i način uzemljenja neutralne tačke generatora i energetskog transformatora, uticaj napojne mreže, uz obuhvatanje aktivne otpornosti elemenata i uz njihovo zanemarivanje.

Postupci regulacije napona u mrežama sa priključenim distribuiranim generatorima (DG) izloženi su u devetom Poglavlju. Navedeni su dosadašnja praksa i trendovi u datoj oblasti i pokazano je kako se obuhvata uticaj DG-a na vrednost napona. Zatim je objašnjeno kako se određuje maksimalna snaga generatora koja se može priključiti u datoj tački, uz uvažavanje postavljenih ograničenja, i kako se vrši kontrola napona u distributivnim sistemima. Pokazani su postupak proračuna pada napona na izvodu na kome je priključen jedan DG-a, kako se snižavaju prenaponi koji su posledica priključenja DG-a i kako se regulacija napona vrši u Japanu. Na kraju su izloženi principi dinamičke kontrole, evropska praksa i koncept "inteligentnih čvorova" i uticaj DG-a na visinu gubitaka.

Problemi koji se mogu javiti u radu uređaja relejne zaštite nakon priključenja distribuiranih generatora razmatrani su u desetom Poglavlju. Obrađeni su primeri skraćenja dosega releja, problem selektivnosti, gubitak koordinacije između uklopki i osigurača i poremećaj u radu sistema automatskog ponovnog uključenja. Takođe, analizirani su slučajevi ulaska u neplanski ostrvski rad i povezivanje delova mreže koji nisu u sinhronizmu.

Realizacija relejne zaštite distribuiranih generatora prikazana je u jedanaestom Poglavlju. Objašnjeno je kako se štite pojedinačne jedinice u ostrvskom radu i kako se štiti više distribuiranih generatora koji su u paralelnom radu sa sistemom. Kada je u pitanju zaštita DG-a priključenih na distributivnu mrežu, posebna pažnja je posvećena svetskoj praksi i pravcima razvoja. Konstatovano je da postoje dve strategije, pri čemu su u okviru svake izložene mere i postupci koje se primenjuju u velikim elektroprivrednim kompanijama.

Dvanaesto Poglavlje se bavi uticajem distribuiranih generatora na kvalitet električne energije. Opisani su osnovni tipovi poremećaja koji utiču na kvalitet električne energije i mere za njegovo poboljšanje. Analizirani su uslovi za nastanak rezonanse i ferorezonanse. Pozitivni efekti integracije distribuiranih generatora na kvalitet električne energije prikazani su na nekoliko tipičnih slučajeva, zavisno od namene male elektrane. Na kraju, izloženi su zahtevi koji se moraju ispuniti da bi integracija DG-a bila tehnički korektna.

Pretposlednje poglavlje je posvećeno rešenjima koja su tehnički apsolutno izvodljiva, ali su, za sada, ekstremno skupa. Objašnjeni su koncepti "pametne mreže", "virtuelne elektrane" i "mikromreže". Analiziran je značaj automatizacije distributivne mreže i izloženi su standardni test-sistemi srednjenaponske i niskonaponske distributivne mreže, na kojima se vrši provera predloženih rešenja. Takođe, navedena su četiri modela potrošnje, koji se koriste u procesu planiranja.

Četrnaesto poglavlje se bavi izborom načina uzemljenja u mrežama sa priključenim distribuiranim generatorima. Analizirane su karakteristike pojedinih sprega energetskih transformatora kojima se DG vezuje na mrežu i najčešći načini uzemljenja u distributivnim mrežama.

Izložena materija je ilustrovana odgovarajućim brojem urađenih računskih primera. Neki od primera nisu realni, ali su u knjizi navedeni radi boljeg razumevanja određene oblasti i da bi se stekla predstava o redu veličine pojedinih parametara od interesa.

Učinjen je veliki napor da u knjizi ne bude grešaka, ni materijalne ni štamparske prirode. Ako ih i ima nisu namerne. U svakom slučaju, za sve što nije dobro, autor snosi punu odgovornost.

Recenziju knjige su uradili Prof. dr Jovan Nahman i Dr Miladin Tanasković. Ja im se najiskrenije zahvaljujem na vremenu koje su potrošili, trudu koji su uložili i sugestijama i predlozima kojima su znatno uticali na konačni izgled knjige.

Sve dobronamerne primedbe i sugestije od strane čitalaca, koje će doprineti poboljšanju sadržaja knjige u nekom budućem izdanju, su dobrodošle.