

Projektovanje elektrodistributivnih postrojenja programiranjem u radnim tabelama

D. Perić¹, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, Srbija
S. Obradović, Univerzitet u Novom Pazaru, Novi Pazar, Srbija

SADRŽAJ

Programi za tabelarne proračune (radne tabele, spreadsheet) omogućavaju vizuelno i funkcionalno programiranje od strane korisnika i široko se primenjuju u poslovanju i tehnici. U radu je prikazana metodologija i program za proračune i izradu tekstualne tehničke dokumentacije pri projektovanju elektrodistributivnih postrojenja (proračun struja kratkog spoja, izbor opreme, proračun uzemljenja). Predložen je postupak dokumentovanja izrađenog programa, opisana upotreba programa, uključujući i postupak organizovanja (baze) podataka o elementima opreme i izrade tekstualne tehničke dokumentacije. Diskutovane su prednosti predloženih rešenja u odnosu na postojeća.

UVOD

Pri projektovanju elektrodistributivnih postrojenja sprovode se praktični tehnički proračuni za određivanje parametara struje kratkog spoja i drugih veličina potrebnih za izbor opreme i drugih tehničkih rešenja u postrojenjima. Tehnički izveštaj o toku i rezultatima ovih proračuna je sastavni deo projektne (tehničke) dokumentacije. Profesionalno pravljenje namenskih aplikacija za sprovođenje ovih proračuna i izradu tehničkog izveštaja je neisplativo zbog niske učestanosti korišćenja takvih aplikacija. U radu predložena aplikacija zasnovana na korisničkom programiranju (*end-user programming*). Program je u radnim tabelama [1,2], koje podržavaju vizuelni i funkcionalni koncept programiranja. U prvom delu rada opisane su radne tabele (RT), a u drugom delu radna tabela (program) za projektovanje razvodnih postrojenja .

¹ dmperic@gmail.com

RADNE TABELE

Radna tabela (*spreadsheet*, *worksheet*, RT) podseća na list papira izdelfjen na redove (*rows*) i kolone (*columns*). Kolone su označene slovima engleskog alfabeta (A, B, C, ..X, Y, Z, AA, AB, AC, ... , IU, IV). Redovi su označeni brojevima 1, 2, 3 itd. Deo RT u preseku reda i kolone naziva se ćelija (*cell*). Svaka ćelija je jednoznačno određena kolonom i redom u kojima se nalazi. Ćelija iz kolone R i reda 19 označava se sa R19. Oznaka kao što je R19 naziva se adresa ćelije (*reference*). Pravougaoni skup ćelija naziva se opseg (*range*). Opseg je jednoznačno određen adresama ćelija na krajevima dijagonale opsega. Na primer, opseg koji se sastoji od ćelija B2, C2, D2, B3, C3, D3 jednoznačno je određen ćelijama B2 i D3, a njegova adresa je B2:D3 (ili B2..D3). Najveći opseg je čitava RT, a najmanji jedna ćelija. Opsegu i ćeliji se može pridružiti i ime (*range name*) i na njih ukazivati bilo imenom, bilo adresom.

U ćeliju može da se upiše tekst, broj ili formulu. Upisivanje se vrši u ćeliju koja je jače osvetljena - to je tekuća ili radna (*current cell*). Niz znakova koji se upisuje u tekuću ćeliju vidi se u samoj ćeliji i redu za uređivanje sadržaja ćelije koja se nalazi pri dnu ili pri vrhu ekrana. Po završetku upisa u ćeliju kucanjem tastera ENTER niz znakova u redu za uređivanje ostaje nepromenljiv i predstavlja sadržaj ćelije (*contents of cell*), dok u samoj ćeliji ostaje u opštem slučaju promenjeni niz znakova koji predstavlja vrednost (*value*) ćelije. Svakoј ćeliji pridružen je sadržaj i vrednost ćelije.

Kada je u ćeliju uneta formula, prvi znak sadržaja je znak jednakosti ili aritmetičke operacije (=, +, -), a vrednost ćelije jednaka je vrednosti izračunate formule. U ostalim slučajevima, sadržaj i vrednost ćelije po pravilu su identični. Sadržaj formule sastoji se od brojeva, operatora i funkcija. U RT je ugrađen veliki broj funkcija, a korisniku je omogućeno da definiše i nove - korisničke funkcije.

Uređivanje RT je skup postupaka za ostvarivanje ćeljenih sadržaja ćelija RT. Korisnik uređuje RT kroz interaktivni rad sa programom, primenjujući odgovarajući skup komandi i tehnika. Za efikasno kreiranje sopstvenih RT korisnik treba da poznaje osnovne komande za: 1) promenu tekuće ćelije (pomeranje selektora ćelije), 2) uređivanje sadržaja ćelije, 3) obeležavanje delova RT, umetanje i uklanjanje redova i kolona, 4) premeštanje, kopiranje i brisanje opsega, 5) apsolutno i relativno ukazivanje na ćeliju i opseg.

U RT su ugrađene brojne procedure za obradu podataka iz RT, na primer za: 1) pretraživanje RT - traženje niza znakova, 2) izradu grafikona i dijagrama, 3) statističku analizu (linearna regresija, distribucija), 4) rad sa matricama (sabiranje, inverzija), 5) rad sa bazama podataka (sortiranje slogova, pretraživanje, izdvajanje i brisanje slogova koji zadovoljavaju neki uslov), 6) makro-naredbe i programski jezik.

Pored gore navedenog, korišćenje funkcija u okviru formula, predstavlja osnovnu snagu RT. Funkcije mogu biti ugrađene i korisnički definisane. Postoji više stotina ugrađenih funkcija (matematičkih, statističkih, finansijskih), a za tehničke proračune posebno su značajne tzv. *lookup* funkcije koje omogućavaju pronalaženje podataka iz tabela i baza podataka i pogodne su da se funkcionalne zavisnosti prikazane tabelarno, kao što je uobičajeno u tehničkoj literaturi i priručnicima za projektovanje, povežu sa formulama u RT. Pomoću programskih jezika ugrađenih u RT mogu se definisati nove, korisnički definisane funkcije. Korisnički definisane funkcije mogu se korisno upotrebiti za prevođenje u formule u RT složenih izraza ili dijagrama kojima se u tehničkih standardima i priručnicima često definišu neke od veličina.

PROGRAM ZA PROJEKTOVANJE RAZVODNIH POSTROJENJA

Program za projektovanjem razvodnih postrojenja sačinjen je odgovarajućim rasporedom elemenata RT (vizuelno programiranje) i unošenjem odgovarajućih formula i funkcija u ćelije RT (funkcionalno programiranje). Program je sačinjen korišćenjem više listova (*sheet*), koji se svi smeštaju u istu datoteku RT. Kolone u listu sa nazivom Projekat organizovane su na sledeći način (Slika 1):

- A - kolona za greške. Ukoliko postoji pogrešan podatak u koloni E u istom redu u koloni A upisuje se broj 1 ili neka slična oznaka. Greška može da bude logička (na primer, uneti podatak je izvan domena mogućih vrednosti) ili se radi o nezadovoljavajućem rezultatu izračunavanja. U ovu kolonu se mogu uneti i pomoćne veličine za interaktivni rad sa programom. Ova kolona se ne štampa kao deo tehničke dokumentacije, odnosno rezultata primene programa.

- B – pomoćna kolona, može se iskoristiti za dodavanje podnaslova i slično.
- C - naziv veličine. Ova kolona ima najveću širinu i u nju se mogu upisivati i dodatni komentari opisi kao deo tekstualne tehničke dokumentacije.
- D - oznaka veličine. Treba koristiti oznake veličina uobičajene u literaturi. Ove oznake koriste se kao nazivi za odgovarajuće ćelije u koloni D, čime se postiže da formule u koloni D budu preglednije.
- E -vrednost veličine. Vrednost veličine može biti uneta od strane korisnika ili izračunata preko formule. Iskorišćena je mogućnost zaštite sadržaja ćelija u RT, tako da se posle razvoja programa ćelije sa formulama zaključavaju tako da korisnik ne može greškom da ih promeni. Ćelije u ovoj koloni treba da budu imenovane saglasno (ili identično) oznaci iz kolone D, radi preglednosti formula. Deo automatski generisane liste naziva ćelija iz kolone E i drugih kolona prikazan je na Slici 2. Na slici 3, u okviru dokumentacije programa, mogu se videti neke od formula iz kolone E. Kao što se vidi, formule su lako čitljive zahvaljujući pogodnom imenovanju ćelija.
- F -jedinica mere veličine. Ove jedinice treba uvažiti u formulama u koloni E.

	A	B	C	D	E	F
186			d Uzemljivač postrojenja			
187			Materijal provodnika uzemljivača		FeZn	
188			Oblik poprečnog preseka uzemljivača		pravougaoni	
189			Dimenzije poprečnog preseka uzemljivača	d_1	25 mm	
190				d_2	4 mm	
191			Prečnik provodnika mreže	d_e	18,46	
192		4,19	Broj provodnika uzdužno	n_1	3	
193		0,90	Broj provodnika poprečno	n_2	4	
194			Broj paralelnih provodnika u jednom pravcu	n	3,5	
195			Broj okaca	N_o	6	
196			Srednje rastojanje između provodnika u mreži	D	28,28 m	
197			Dubina polaganja mreže	h	1 m	
198			Dužina vertikalnih elemenata	L_v	0 m	
199			Otpor rasprostiranja uzemljivača	R_u	1,00	
200			Napon uzemljivača	U_u	12000,00 V	
201			Dozvoljeni napon dodira i napon koraka	U_{doz}	750,00 V	
202			Dozvoljena potencijalna razlika dodira	E_{dd}	885,00 V	
203			Dozvoljena potencijalna razlika koraka	E_{dk}	1290,00 V	
204						
205			<i>Proračun maksimalne potencijalne razlike dodira</i>			
206			Koeficijent K_{ii}	K_{ii}	0,33	
207			Koeficijent K_h	K_h	1,41	
208			Koeficijent K_m	K_m	0,98	
209			Koeficijent neravnomernosti raspodele struje	K_{im}	1,26	
210			Ekvivalentna dužina provodnika	L_{em}	480 m	
211			Maksimalna potencijalna razlika dodira	E_{mh}	3704,40	
212			Uslov $E_{mh} < E_{dd}$		nije ispunjen	
			Dozvoljena potencijalna razlika dodira sa slojem šljunka E_{dds}		4125,00	
213			debljine 20 do 30cm			
214			Uslov $E_{mh} < E_{dds}$		ispunjen	

Slika 1 – Deo glavnog lista radne tabele

A	=Projekat!\$E\$50	Emh	=Projekat!\$E\$211
aTS	=Projekat!\$E\$19	h	=Projekat!\$E\$197
bTS	=Projekat!\$E\$20	IIs	=Projekat!\$E\$51
Criteria	=Prekidači!\$A\$1:\$J\$2	IIsP	=Projekat!\$E\$76
Criteria2	=Rastavljači!\$A\$6:\$J\$6	IIsR	=Projekat!\$E\$94
D	=Projekat!\$E\$196	IIsST	=Projekat!\$E\$147
d1_	=Projekat!\$E\$189	Ik	=Projekat!\$E\$48
d2_	=Projekat!\$E\$190	Imr	=Projekat!\$E\$55
de	=Projekat!\$E\$191	InP	=Projekat!\$E\$67
Edd	=Projekat!\$E\$202	InR	=Projekat!\$E\$88
Edds	=Projekat!\$E\$213	InST	=Projekat!\$E\$141
Edk	=Projekat!\$E\$203	Iu	=Projekat!\$E\$22
Ekh	=Projekat!\$E\$222	iud	=Projekat!\$E\$52

Slika 2 - Deo automatski generisane liste naziva ćelija

	D	E
190	d_2	4
191	d_e	=2/PI()* $(d1_+d2_)$
192	n_1	3
193	n_2	4
194	n	= $(n1_+n2_)/2$
195	N_o	= $(n1_-1)*(n2_-1)$
196	D	=SQRT(aTS*bTS/no)
197	h	1
198	L_v	0
199	R_u	=0,13*ro/SQRT(aTS*bTS)*LOG(2400/no*SQRT(aTS*bTS))
200	U_u	=Ru*Iu
201	U_{doz}	=75/ti
202	E_{dd}	=Udoz*(1+1,5*ro/1000)
203	E_{dk}	=Udoz*(1+6*ro/1000)

Slika 3 – Deo dokumentacije programa sa sadržajem ćelija

Program omogućava lako traženje odgovarajuće kombinacije ulaznih parametara koja daje zadovoljavajuće rešenje i proveravanje više varijanti mogućih rešenja. Na primer, unošenjem parametara n_1 i n_2 u ćelije E192 i E193 (Slika 1) korisnik će odmah dobiti rezultate proračuna dozvoljenih vrednosti napona i dodira i koraka i što mu omogućava da odabere najbolje rešenje. Korisniku su na raspolaganju i pomoćne promenljive u ćelijama A192 (=Emh/Edd) i A193 (=Emh/Edds).

Podaci o opremi u postrojenju su smešteni u posebne listove radne tabele. Na slici 4 prikazan je deo lista Prekidači, u koji su uneseni kataloški podaci o prekidačima. Opseg A1:J2, predstavlja kriterijume za izbor prekidača, kao što se vidi na slici 2 (opseg sa nazivom Criteria). Vrednosti u drugom redu ovog opsega automatski su izračunati na osnovu rezultata proračuna struja kratkog spoja i ostalih proračuna. Opseg Criteria koristi se kao argument funkcije LOOKUP koja automatski izabira prekidač sa najmanjom naznačenom strujom, ako je tabela prethodno sortirana po tom kriterijumu. Korisnik može da promeni prekidač predložen od strane programa tako što će da u odgovarajuću ćeliju unese redni broj željenog prekidača, čime će odmah biti obaljena i provera da li novi prekidač zadovoljava sve tražene kriterijume.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	RB	Proizvođač	Tip	U_{nPR} [kV]	I_{nPR} [A]	I_{1nPR} [kA]	i_{nPR} [kA]	S_{nPR} [MVA]	Montaža	Broj polova
2				=12	>=227	>=6	>=40	>=275		
3										
4	RB	Proizvođač	Tip	U_{nPR} [kV]	I_{nPR} [A]	I_{1nPR} [kA]	i_{nPR} [kA]	S_{nPR} [MVA]	Montaža	Broj polova
5	1	Minel	PUB 106-250	12	630	14,5	37	250	unutrašnja	tropolni
6	2	Minel	PUB 106-350	12	630	20	42	350	unutrašnja	tropolni

Slika 4 – Generisani kriterijumi za izbor i lista prekidača

Slike 1 do 4 deo su dokumentacije programa napisanog u RT. Slika 1 istovremeno predstavlja deo radnog okruženja korisnika programa, i, bez oznaka redova i kolona, deo tehničke dokumentacije.

POREĐENJE PRIMENE RAZLIČITIH ALATA PRI PROJEKTOVANJU

U Tabeli 1 dat je pregled osobina primene različitih računarskih alata pri proračunima za izbor rešenja i za izradu tehničkog izveštaja (dokumentacije). Za izradu izveštaja koristi se program za obradu teksta ili radna tabela, kao što je predloženo u ovom radu. Za proračune se koristi kalkulator, kao posebna aplikacija ili uređaj, namenski izrađena aplikacija u programskim jezicima (FORTRAN, Pascal, Matlab, ...) i program u radnoj tabeli, kao što je predloženo u ovom radu. Pomenute namenske aplikacije obično razvijaju sami projektanti uz malo uloženog vremena i/ili prethodne osposobljenosti za izradu aplikacija. Ovakve aplikacije obično nemaju razvijen interfejs i modul za izradu izveštaja, pa se rezultati proračuna obično prepisuju u program za obradu teksta - što je opisano ocenom +/- u tabeli. Imajući u vidu sve izložene ocene, projektantima se može preporučiti korisničko programiranje u radnim tabelama kao integrisano rešenje za proračune i izradu izveštaja, posebno imajući u vidu da je razmena i prilagođavanje ovakvih programa jednostavnija nego kod klasičnih aplikacija.

	Proračun / izveštaj		
	Kalkulator/ Obrada teksta	Namenska aplikacija/Obrada teksta	Radne tabele/Radne tabele
Brzo izračunavanje	-	+	+
Laka provera više varijanti proračuna/rešenja	-	+	+
Nemogućnost greške pri prenosu podataka u izveštaj	-	+/-	+
Pregledan prikaz ulaznih i izlaznih podataka	-	+/-	+
Brza (automatska) izrada izveštaja	-	-	+
Odnos cena/kvalitet aplikacije	/	-	+

ZAKLJUČAK

U radu je prikazan program za projektovanje elektrodistributivnih postrojenja (proračun kratkog spoja, izbor opreme i uzemljenja) razvijen u radnim tabelama (*spreadsheet*) na principima korisničkog programiranja. Program omogućava jedinstveno okruženje za unos podataka, interaktivni rad projektanta na pronalaženju najpogodnijeg rešenja i za izradu tehničke dokumentacije. Uz poznavanje okruženja radnih tabela, program korisniku omogućava prilagođavanje specifičnim potrebama i projektantskoj praksi.

LITERATURA

1. Mikulović J, Stojanović Z, Stojković Z, 2006, Praktikum iz softverskih alata u elektroenergetici, Akademska Misao, Beograd
2. Perić D, Rafailović S, 2005, "Elektrane i razvodna postrojenja – praktikum za laboratorijske vežbe", Viša elektrotehnička škola, Beograd