

ПРОЈЕКАТ

Електричне инсталације стамбених зграда

- Документација -

Стефан Ђорђевић

САДРЖАЈ

1. ЗАДАТАК.....	3
2. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ ВОДОВИ.....	8
3. КОНСТРУКТИВНЕ ОСОБИНЕ КАБЛОВА И ИНСТАЛАЦИОНИХ ПРОВОДНИКА.....	9
4. ТРАЈНО ДОЗВОЉЕНА СТРУЈА ИЗОЛОВАНИХ ПРОВОДНИКА И КАБЛОВА	11
5. ПРОВЕРЕ КОЈЕ СЕ ВРШЕ У ЦИЉУ ИЗБОРА НИСКОНАПОНСКИХ КАБЛОВА	13
6. МЕРОДАВНА СНАГА СТАНА И ЗГРАДА	16
7. КРАТАК СПОЈ.....	17
8. ЛИТЕРАТУРА.....	18
9. ПРИЛОГ	19

1. ЗАДАТАК

Израдити пројекат електричне инсталације за стамбену зграду која се састоји од осам једнаких једноипособних станова. Приликом пројектовања у свему се придржавати јединствених услова за пројектовање електричних инсталација у стамбеним зградама, у складу са важећом техничком регулативом.

Пројектовати и напојни електрични вод којим се врши напајање десет оваквих истоветних зграда (због укупне снаге зграда, један напојни вод напајаће две зграде), при чему је међусобни положај зграда и напојне трансформаторске станице приказан на слици. Напајање зграда се врши по систему улаз – излаз, и каблови се воде кроз суви песак. Зграде се налазе у насељу које се може класификовати као уже градско подручје – "градско језгро".

Каблови за напајање станова у оквиру једне зграде полажу се у инсталациони канал унутар зграде (електрични развод типа С). Температура околине износи 30° С. Проводници су од бакра, а изолација је PVC.

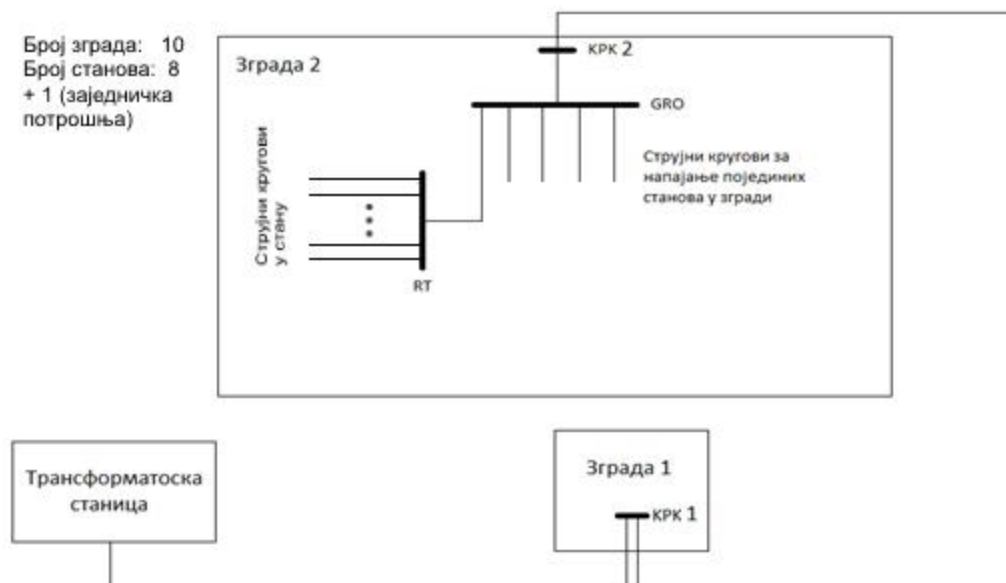
Каблови за напајање зграда директно се укопавају у земљу (електрични развод типа D). Температура околине износи 20° С. Проводници су од алуминијума, а изолација је од умреженог полиетилена (ХРЕ).

Написати програм у програмском језику Фортран који обезбеђује:

1. Учитавање података из улазних датотека
 2. Димензионисање потребног пресека следећих проводника:
 - проводника који електричном енергијом снабдева зграде
 - проводника који напаја прикључак сваке зграде (проводник од "КРК" до "GRO")
 - проводника од главног разводног ормара ("GRO") до разводне табле ("RT") svakog stana
 - димензионисање проводника у стану
- За проводнике треба извршити следећа димензионисања:
- избор проводника с обзиром на трајно дозвољену струју
 - избор проводника с обзиром на пад напона у мрежи
 - вредност струје кратког споја
4. Програм треба да омогућава димензионисање зграде која садржи различите станове, односно станове са различитим струјним круговима
3. Испис резултата у излазну датотеку

У наредном делу биће представљен тест комплекс зграда за који је потребно одрадити дата димензионисања. Комплекс се састоји од десет идентичних зграда са по

осам једнаких станова. Дужина и остали подаци одређених проводника, као и инсталација стана дате су на следећим сликама и у табелама.



Слика 1.1 Скица напајања зграда

Вод	UI [V]	cosφ	k_n	k_θ	k_λ	l [km]
TS-KPK1	400	1	0.8	1	0.9	0.1
KPK1-KPK2	400	1	0.8	1	0.9	0.03
KPK-GRO	400	1	0.9	1	0.9	0.01

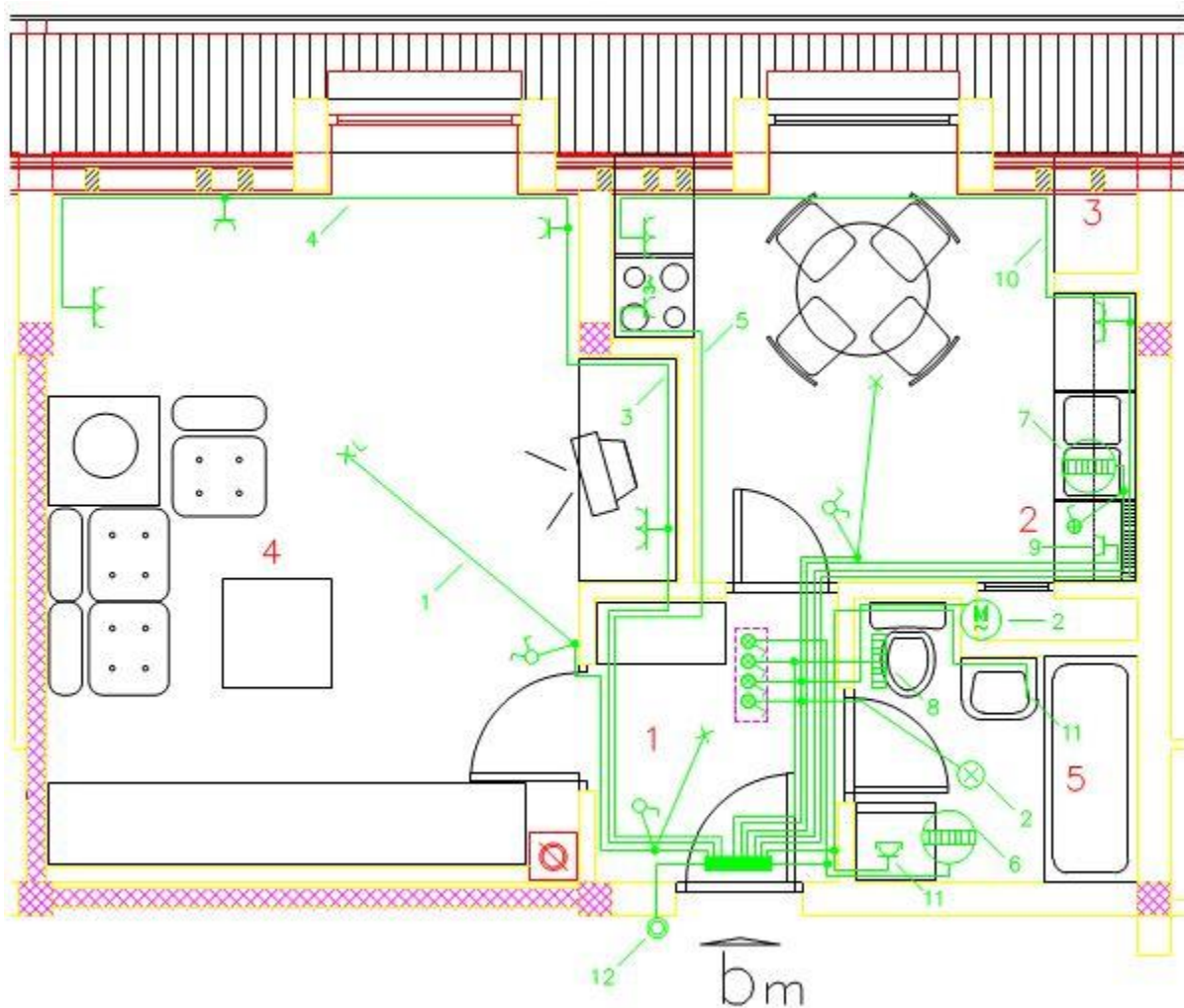
Tabela 1.1 Подаци о водовима

Deonica	UI [V]	cosφ	l [km]
GRO-RT1	400	1	0.008
GRO-RT2	400	1	0.008
GRO-RT3	400	1	0.013
GRO-RT4	400	1	0.020
GRO-RT5	400	1	0.020
GRO-RT6	400	1	0.025
GRO-RT7	400	1	0.032
GRO-RT8	400	1	0.032

Табела 1.2 Подаци о проводницама од “GRO” до разводне табле сваког стана

За деонице GRO-RT:

$k_n = 0,9$; $k_\theta = 1$; $k_\lambda = 1$



Слика 1.2 Једнополна шема електричне инсталације стана

Број	Струјни круг	U_l [V]	Број фаза	l [m]	$P_{instalisan}$ [W]
1	осветљење	400	1	5,1	378
2	осветљење	400	1	7,23	228
3	прикључнице	400	1	6,31	1500
4	прикључнице	400	1	10,15	1500
5	ел. штедњак	400	3	5,85	7000
6	бојлер у купатилу	400	1	3,8	2000
7	бојлер у кухињи	400	1	5,85	1500
8	ел. грејалица	400	1	2,77	1000
9	машина за посуђе	400	1	5,11	2000
10	прикључнице	400	1	11,53	2000
11	машина за веш	400	1	1,54	2500
12	ел. зујалица	400	1	-	0

Табела 1.3 Подаци о струјним круговима сваког стана

За струјне кругове:

$$k_n = 0,8; \quad k_\theta = 1; \quad k_\lambda = 1$$

Коефицијент потражње сваког **стана** износи: $K_p = 0,7$.

Коефицијент једновремености **зграде** за бесконачан број станова износи 0,25.

Коефицијент реаговања **заштитних уређаја** за све деонице износи 1,6.

У следећем делу дате су табличне вредности неопходне за прорачуне.

Пресек [mm ²]	PVC
	Cu
1.5	17
2.5	23
4	31
6	40
10	54
16	73
25	95
35	117
50	141

Табела 1.4 Трајно дозвољена струја (I_{td_Cu}) [A] за електрични развод типа C, за изолацију проводника од PVC

Пресек [mm ²]	XPE
	Al
35	94
50	112
70	138
95	164
120	186
150	210
185	236
240	272
300	308

Табела 1.5 Трајно дозвољена струја (I_{td_Al}) [A] за електрични развод типа D, за изолацију проводника од XPE

Пресек [mm ²]	Бакар - PVC	
	r [Ω /km]	x [Ω /km]
1.5	12.10	0.108
2.5	7.41	0.104
4	4.61	0.100
6	3.08	0.094
10	1.83	0.088
16	1.15	0.083
25	0.727	0.080
35	0.524	0.077
50	0.387	0.077

Табела 1.6 Вредности подужне резистансе и реактансе бакарних проводника

Пресек [mm ²]	Алуминијум - XPE	
	r [Ω /km]	x [Ω /km]
35	0.876	0.073
50	0.604	0.072
70	0.443	0.071
95	0.320	0.069
120	0.250	0.069
150	0.198	0.069
185	0.164	0.069
240	0.128	0.069
300	0.102	0.068

Табела 1.7 Вредности подужне резистансе и реактансе алуминијумских проводника

Назначене струје осигурача In[A]:													
10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250

Табела 1.8 Вредности назначене струје осигурача

У даљем тексту следи теоријска основа на којој се базира изложени проблем у пројекту и која је потребна за сам прорачун. Сви улазни подаци дати су у спољашњим датотекама које су представљене у прилогу овог документа.

2. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ ВОДОВИ

Електроенергетски водови служе за пренос електричне енергије од извора до потрошача и деле се на:

- надземне водове
- изоловане проводнике
- каблове

Надземни водови се састоје од једног или више проводника који могу бити изведени без икакве изолације и заштите (надземни водови са голим проводницима) или са њом (надземни водови изведени проводницима у облику самонесећег кабловског снопа). Елементи надземних водова поред проводника су: стубови, изолатори, уземљивачи, темељи.

Изоловани проводници се састоје од једног или више проводника који су међусобно изоловани и налазе се у једном заједничком плашту који има задатак да штити проводнике од спољашњих утицаја и да врши њихово електрично изоловање. Изоловани проводници деле се на: инсталационе проводнике, каблу сличне проводнике и изоловане проводнике за посебне намене. У тексту који следи обрађиваће се само инсталациони проводници.

Основни елементи каблова су:

- проводник, који служи за пренос електричне енергије
- изолација проводника, која обезбеђује међусобно електрично изоловање проводника, као и изоловање од других елемената вода и од околине
- остали конструктивни елементи, који служе за заштиту од негативних спољашњих утицаја (механичка напрезања, продор воде и влаге, корозија) или неких других утицаја (електрично поље)

Одлика каблова је да се значајна пажња посвећује осталим конструктивним елементима у сврху обезбеђивања њихове дуготрајне експлоатације.

У складу са претходно изнетим чињеницама тешко је поставити чврсту границу између изолованих проводника и каблова, али оно по чему се сигурно разликују је чињеница да се изоловани проводници никад не полажу у земљу, и да се не израђују за напоне изнад 1kV.

3. КОНСТРУКТИВНЕ ОСОБИНЕ КАБЛОВА И ИНСТАЛАЦИОНИХ ПРОВОДНИКА

ПРОВОДНИК

Дуго се као материјал за проводнике електроенергетских каблова и инсталационих проводника користио готово искључиво бакар. Како су цене бакра нестабилне и подложне наглим скоковима, а за разлику од њих цене алуминијума су релативно стабилне, бакар је у значајном броју примена за проводнике замењен алуминијумом.

Међусобне карактеристике бакра и алуминијума битне за примену у електроенергетици:

1. За једнаку отпорност (Al:Cu)
 - однос пресека је 1,61:1
 - однос пречника (округли проводници) је 1,27:1
 - однос тежина је 0,42:1
2. За пренос једнаке струје (Al:Cu):
 - однос пресека је 1,39:1
 - однос пречника је 1,18:1
 - однос тежина је 0,42:1
3. За једнак пречник (Al:Cu)
 - однос отпорности је 1,16:1
 - однос могућег струјног оптерећења је 0,78:1

Захваљујући чињеници да је специфична електрична отпорност алуминијума за 64% већа него код бакра и да је алуминијум лакши око 3,3 пута, ако се за пренос одређене снаге употреби један килограм бакра, ту исту снагу је могуће пренети под једнаким енергетским условима (једнак пад напона и губитак снаге) користећи око пола килограма алуминијума. Како је алуминијум значајно јефтинији од бакра, јасно је да замена бакарних делова алуминијумским резултује финансијским уштедама.

Типични облици проводника који се користе код каблова су: округли и сектораста. Сектораста облик користи се да би се смањио спољашњи пречник вишежилног кабла.

По конструкцији могу бити изграђени као: једножични и вишежични. Ради побољшања фактора пуњења, вишежични проводници се могу посебно профилисати, како би се добили такозвани компактирани проводници.

ИЗОЛАЦИЈА

Као изолација око проводника користе се:

- термопластичне масе за напоне до 110kV
- папир импрегнисан уљем за све напонске нивое

- еластомери или гуме, за напоне до 30 kV
- уље или гас под ниским или високим притиском за напоне до 500kV

На напонским нивоима до 35kV као изолација проводника углавном се користе термопластичне масе, а папир импрегнисан уљем који се користио у значајном износу се потискује из употребе.

Код каблова изолованих термопластичним масама као изолација се користе поливинил хлорид (PVC), умрежени полиетилен (ХРЕ), а користе се и термопластични полиетилен (РЕ) и етилен – пропилен (EPR).

Поливинил хлорид масе се користе за изолацију каблова и проводника код којих трајна радна температура проводника износи 70° C (ретко 85° C или 105° C), а погодним избором рецептуре поливинил хлорида могу се користити за температуре околине од -40° C до +55° C.

Умрежени полиетилен је један од најбољих изолационих материјала за енергетске каблове. Дозвољена трајна радна температура износи 90° C, при преоптерећењу је до 130° C, а при кратком споју до 250° C. Може се користити за температуре околине од -70° C.

4. ТРАЈНО ДОЗВОЉЕНА СТРУЈА ИЗОЛОВАНИХ ПРОВОДНИКА И КАБЛОВА

Нормални услови погона, за каблове положене у земљу:

- температура земље 20°С
- специфични топлотни отпор земље 2,5° Кm/W,
- дубина полагања 70cm
- константно оптерећење

Нормални услови погона, за каблове положене у ваздуху односе се на температуру ваздуха од 30°С, при чему се подразумева да одавање топлоте конвекцијом и зрачењем није спречено, да се температура околине не повећава и да нема страних извора топлоте.

Дозвољено струјно оптерећење важи за појединачно положене проводнике и под условом сталности параметара усвојених за прорачун. За све друге услове који се често јављају у пракси примењују се фактори за прерачунавање.

Трајно дозвољену струју (I_{td}) изолованих проводника и каблова одређују:

1. **Највећа дозвољена температура изолације.** На пример, за изолацију од PVC масе и природне гуме, највећа дозвољена температура износи 70°С на проводнику, а за изолацију од умреженог полиетилена и етилен-пропилена 90°С.
2. **Температура околине.** Подаци о трајно дозвољеним струјама за изоловане проводнике и каблове у ваздуху (без обзира на начин полагања), дају се за температуру околине од 30°С, а за каблове који су укопани у земљу за температуру околине од 20°С. Ако се температура околине разликује од наведених, мора се извршити корекција трајно дозвољене струје.
3. **Термичка отпорност тла.** Вредности трајно дозвољених струја засноване су на термичкој отпорности тла од 2,5° Кm/W, која одговара песковитом тлу у скоро сувом стању. Уколико то није случај, мора се извршити одговарајућа корекција трајно дозвољених струја, или се тло непосредно око кабла мора заменити одговарајућим.
4. **Тип примењеног електричног развода.** Најчешће коришћени типови електричног развода носе ознаке од А до F.

А – Изоловани проводници у инсталационој цеви у термички изолованом зиду

В – Изоловани проводници у инсталационој цеви на зиду

С – Вишежилни кабл на зиду

D – Вишежилни кабл у цевима у земљи

E – Вишежилни кабл у ваздуху

F – Једножилни каблови у ваздуху, који се додирују и размак између каблова није мањи од пречника кабла

5. Број оптерећених проводника

6. **Број проводника постављених паралелно.** Када се више проводника поставља паралелно мора се водити рачуна о њиховом међусобном топлотном утицају, што се у обзир узима одговарајућим корекционим фактором.

7. **Промена инсталационих услова дуж трасе положених изолованих проводника и каблова.** Опште је правило да тамо где су услови у погледу хлађења различити дуж трасе полагања изолованих проводника или каблова, трајно дозвољена струја мора се одабрати према делу трасе са најгорим условима.

Ако је за задати тип електричног развода положено више струјних кола, температура околине и термичка отпорност тла разликују се од стандардних вредности. Тада се вредност трајно дозвољене струје мора кориговати одређеним факторима:

$$I_z = k_\theta \cdot k_\lambda \cdot k_n \cdot I_{td}$$

где су:

I_z – стварна трајно дозвољена струја кабла

I_{td} – трајно дозвољена струја кабла

k_θ – корекциони фактор за температуру околине

k_λ – корекциони фактор за термичку отпорност тла

k_n – корекциони фактор за паралелно положене проводнике

5. ПРОВЕРЕ КОЈЕ СЕ ВРШЕ У ЦИЉУ ИЗБОРА НИСКОНАПОНСКИХ КАБЛОВА

Избор пресека нисконапонских каблова врши се према следећих пет критеријума, с обзиром на:

1. трајно дозвољену струју
2. пад напона у мрежи
3. заштиту од топлотног дејства струје кратког споја
4. заштиту од електричног удара
5. заштиту од прекомерних струја (струја преоптерећења)

Провера проводника с обзиром на трајно дозвољену струју

Максимална једновремена струја која протиче кроз кабл добија се из следећих образаца:

За трофазне потрошаче:

$$I_B = \frac{P_j}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} [A]$$

За једнофазне потрошаче:

$$I_B = \frac{P_j}{U_n \cdot \cos \varphi} [A]$$

где су:

P_j – максимално једновременно оптерећење

U_n – назначени напон (код прорачуна трофазних потрошача реч је о међуфазном напону, а код једнофазних потрошача реч је о фазном напону) [kV]

$\cos \varphi$ - фактор снаге потрошача

Да би избор проводника задовољавао према трајно дозвољеним струјама, потребно је да важи:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

при чему је:

I_n – назначена струја заштитног уређаја

Провера с обзиром на пад напона

Дозвољени пад напона између тачке напајања електричне инсталације и било које тачке не сме бити већи од следећих вредности у односу на назначени напон електричне инсталације:

1. За струјна кола осветљења 3%, а за струјна кола осталих потрошача 5%, ако се електрична инсталација напаја из нисконапонске мреже

2. За струјна кола осветљења 5%, а за струјна кола осталих потрошача 8%, ако се електрична инсталација напаја непосредно из трансформаторске станице која је прикључена на високи напон

Прорачун пада напона код трофазних потрошача:

$$\Delta U[\%] = \frac{P \cdot l \cdot (r + x \cdot \operatorname{tg} \varphi)}{U^2} \cdot 100$$

Пошто у домаћинствима преовладавају термички потрошачи, фактор снаге ће износити $\cos \varphi = 1$, па следи:

$$\Delta U[\%] = \frac{P \cdot l \cdot r}{U^2} \cdot 100$$

Прорачун пада напона код монофазних потрошача:

$$\Delta U[\%] = \frac{P \cdot 2 \cdot l \cdot (r + x \cdot \operatorname{tg} \varphi)}{U_f^2} \cdot 100$$

Пошто у домаћинствима преовладавају термички потрошачи, фактор снаге ће износити $\cos \varphi = 1$, па следи:

$$\Delta U[\%] = \frac{P \cdot 2 \cdot l \cdot r}{U_f^2} \cdot 100$$

ΔU – пад напона [%]

l – дужина вода [km]

P - електрична снага коју потрошач узима из мреже

U_f - фазни напон (230V)

U_l - линијски напон (400V)

r - подужна резистанса вода [Ω/km]

x – подужна реактанса вода [Ω/km]

Провера с обзиром на заштиту од топлотног дејства струје кратког споја

Заштитни уређаји морају обезбедити прекидање струје кратког споја која протиче кроз проводнике струјног кола пре него што таква струја проузрокује опасност од топлотних и механичких дејстава у проводницима. Сваки заштитни уређај од кратког споја мора задовољити следеће услове:

1. Моћ прекидања не сме бити мања од очекиване струје кратког споја на месту постављања, осим ако је постављен други заштитни уређај који има потребну моћ прекидања на страни напајања
2. Свака струја кратког споја која се појави у било којој тачки струјног кола мора бити прекинута у оквиру оног времена које доводи проводнике до дозвољене граничне температуре

Провера с обзиром на заштиту од прекомерних струја (струја преоптерећења)

Заштитни уређаји морају бити предвиђени да прекидају струју преоптерећења која протиче проводницима пре него што она проузрокује повећање температуре које је штетно по изолацију. Струја проводника при нормалним условима рада електричне инсталације мора бити мања од назначене струје уређаја за заштиту од преоптерећења струјног кола проводника.

Карактеристика уређаја који штити електрични вод од преоптерећења мора да испуни два услова:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

где су:

I_B – струја за коју је струјно коло пројектовано

I_n - назначена струја заштитног уређаја

I_Z - стварна трајно дозвољена струја

I_2 – струја реаговања заштитног уређаја ($I_2 = k \cdot I_n$)

Провера с обзиром на заштиту од електричног удара (провера система заштите)

Стандардима су дефинисани захтеви за безбедност заштите од електричног удара, што се своди на то да је потребно обезбедити да се јави толика струја кратког споја која ће искључити коло у квару у одређеном временском периоду који је безопасан по човека.

6. МЕРОДАВНА СНАГА СТАНА И ЗГРАДА

Инсталисана снага стана је одређена на основу снага потрошача струјних кругова. Међутим, она никад неће бити остварена, јер никада нису сва трошила у домаћинству истовремено укључена. Зато је неопходно да се узме у обзир меродавна (једновремена) снага.

Једновремена снага за стан:

$$P_{js} = k_p \cdot P_{is}$$

где су:

k_p – коефицијент потражње у домаћинству. Домаћинства вишег стандарда имаће више трошила, односно већу инсталисану снагу и тиме очекивано нижу вредност коефицијента потражње. Код трособних станова износи 0.5, а код једнособних износи 0.7

P_{is} – инсталисана снага стана

Једновремена снага већег броја станова (тј. једне зграде) одређује се на следећи начин:

$$P_{jz} = (k_{\alpha} + \frac{1 - k_{\alpha}}{\sqrt{n_s}}) \cdot n_s \cdot P_{js}$$

где су:

k_{α} - коефицијент једновремености за бесконачан број станова, износи 0.25

n_s - Број станова.

7. КРАТАК СПОЈ

Вршимо симулацију једнополног кратког споја на местима “GRO”, “RT” и на струјним круговима у најудаљенијем стану. Пре прорачуна кратког споја потребно је одредити вредности укупних резистанси и укупних реактанси од “TS” до одређеног места на коме симулирамо кратак спој.

Струја кратког споја на месту “NN”:

$$I_{ks} = \frac{U_{nf}}{\sqrt{(2 \cdot R_{uk-NN})^2 + (2 \cdot X_{uk-NN})^2}}$$

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Основни принципи пројектовања у мрежама средњег и ниског напона* – Страхил Ј. Гушавац, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2014.
- [2] *Основи електроенергетике* – Владимир Стрезоски, радни материјал, школска 2002/2003. год.

9. ПРИЛОГ

Локација спољашњих улазних датотека:

...\PRuEE_PROJEKAT\FORTRAN_PROJEKAT

Датотека која садржи податке о броју елемената (**ULAZ_Broj_Elemenata**):

НАЗИВ ПОДАТКА	ФОРМАТ	ЗНАЧЕЊЕ
broj_Vodova	*	укупан број водова
broj_Zgrada	*	укупан број зграда
broj_Stanova	*	укупан број станова у згради
broj_Str_krugova	*	укупан број струјних кругова

Датотеке које садрже податке о водовима и деоницама GRO-RT (**ULAZ_Podaci_Vodovi**, **ULAZ_Podaci_GRO_RT**):

НАЗИВ ПОДАТКА	ФОРМАТ	ЗНАЧЕЊЕ
redni_br(i)	*	редни број
sifra(i)	*	шифра деонице
naziv(i)	*	назив деонице
napon(i)	*	линијски напон деонице [V]
faktor_snage(i)	*	фактор снаге деонице
k_n(i)	*	корекциони фактор за положена струјна кола или вишежилних каблова
k_theta(i)	*	корекциони фактор за околну температуру
k_lambda(i)	*	корекциони фактор за термичку отпорност тла
k_osiguraca(i)	*	коэффициент реаговања осигурача
duzina(i)	*	дужина деонице [km]

Датотека која садржи податке о струјним круговима (**ULAZ_Podaci_Strujni_Krugovi**):

НАЗИВ ПОДАТКА	ФОРМАТ	ЗНАЧЕЊЕ
redni_br(i)	*	редни број
sifra_stana(i)	*	шифра стана коме струјни круг припада
sifra(i)	*	шифра струјног круга
naziv(i)	*	назив струјног круга
napon(i)	*	линијски напон струјног круга [V]
faktor_snage(i)	*	фактор снаге струјног круга
k_n(i)	*	корекциони фактор за положена струјна кола или вишежилних каблова
k_theta(i)	*	корекциони фактор за околну температуру
k_lambda(i)	*	корекциони фактор за термичку отпорност тла
k_osiguraca(i)	*	коэффициент реаговања осигурача
duzina(i)	*	дужина струјног круга [km]
broj_faza(i)	*	број фаза струјног круга (1, 3)
osigurac(i)	*	постојање осигурача $I_n=16$ [A] (0 – не, 16 - да)
P_inst_str_krug(i)	*	инсталисана снага струјног круга [W]

Датотека која садржи податке о становима (**ULAZ_Podaci_Stan**):

НАЗИВ ПОДАТКА	ФОРМАТ	ЗНАЧЕЊЕ
redni_br(i)	*	редни број
sifra(i)	*	шифра стана
naziv(i)	*	назив стана
k_potraznje(i)	*	коэффициент потражње стана