

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

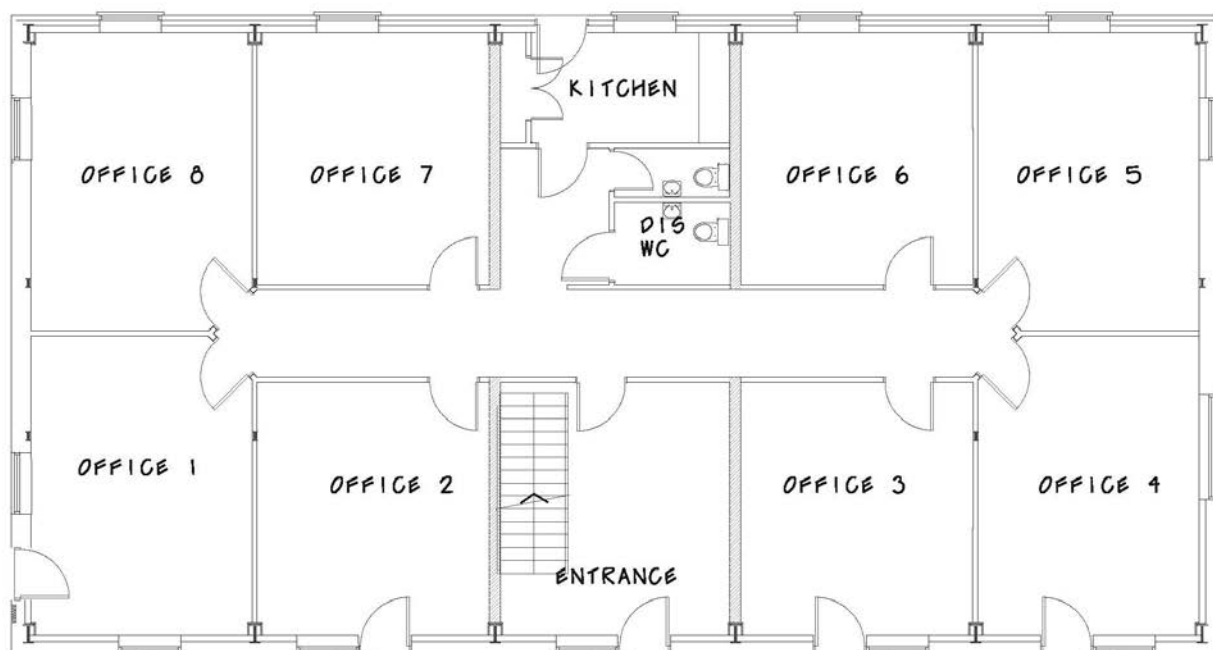
NISKONAPONSKE MREŽE I INSTALACIJE

PROJEKTNNA ZADAĆA

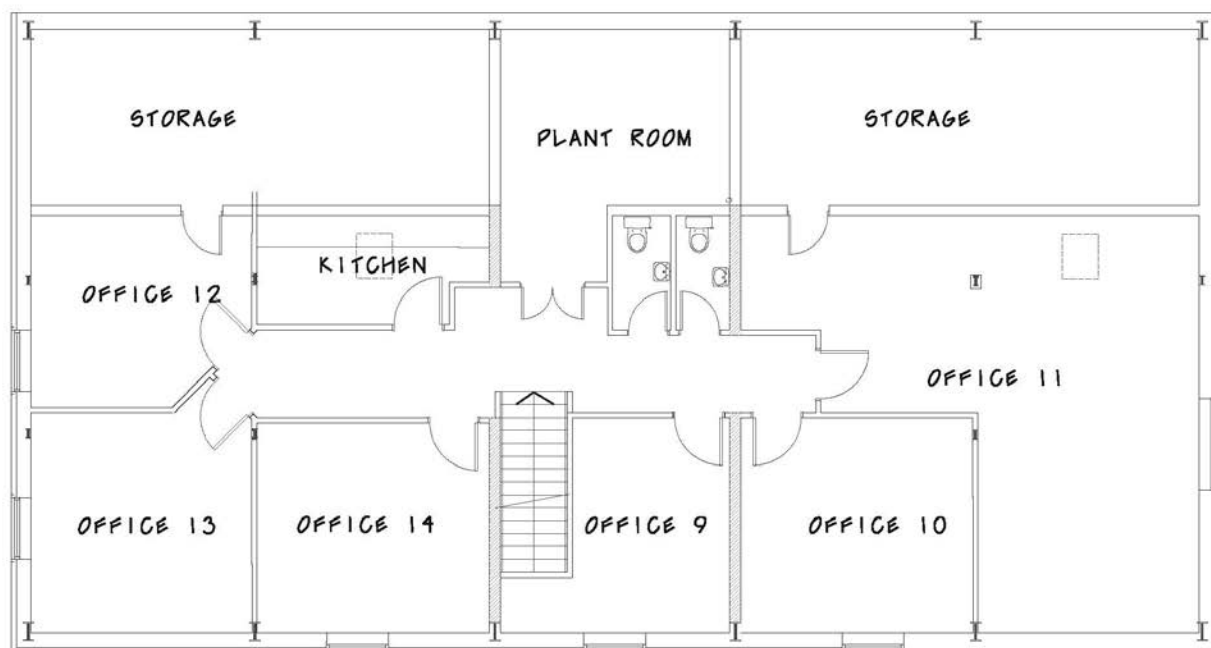
Zagreb, lipanj 2013.

1. Dimenzioniranje s obzirom na potrošnju

Za izradu ovog projekta odabrana je poslovna zgrada s tri kata. Tlocrt zgrade dan je u nastavku:



Slika 1 – Tlocrt prizemlja i prva dva kata

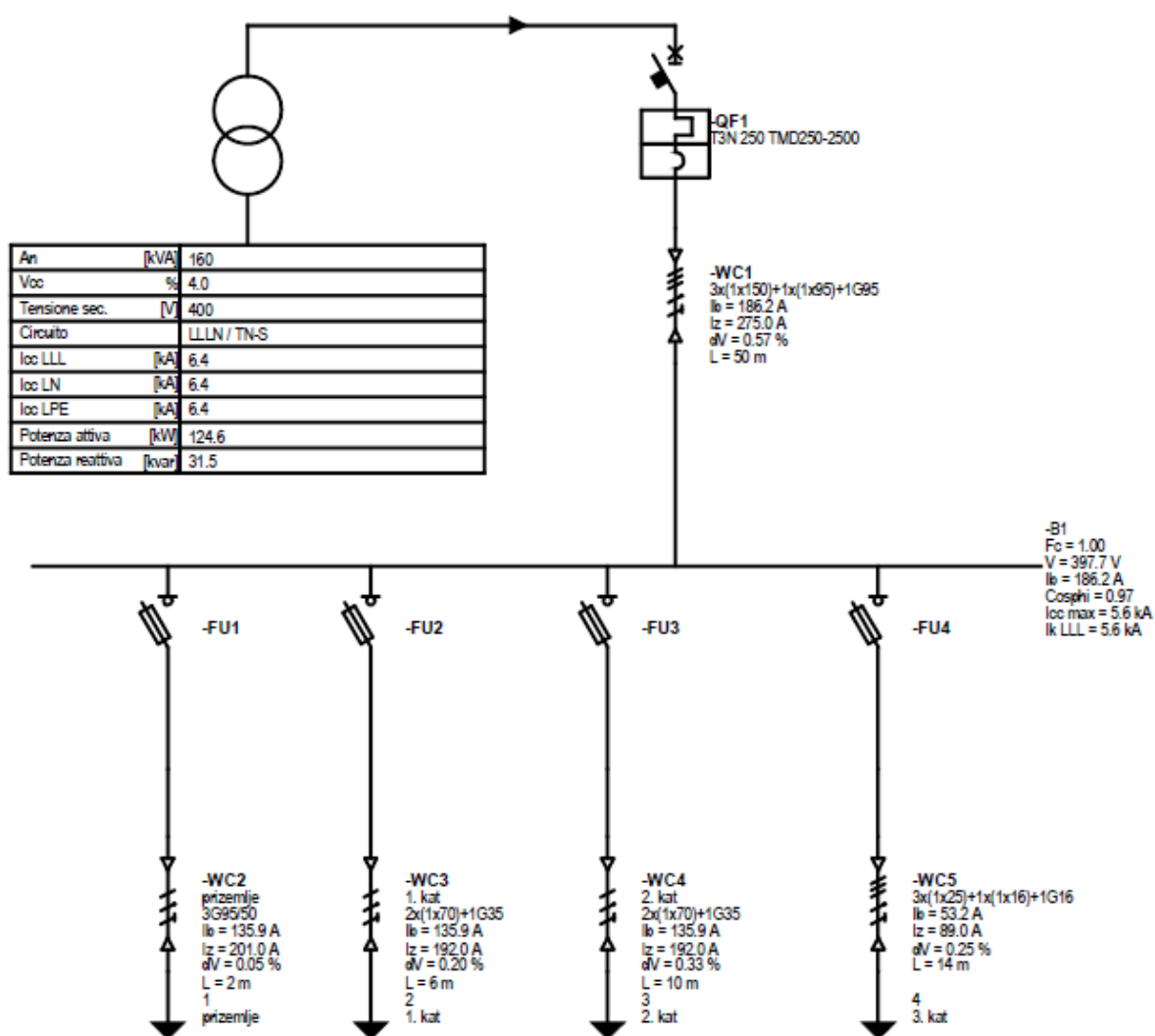


Slika 2 – Tlocrt trećeg kata

Razmještaj ureda u prizemlju i prva dva kata jednak je, stoga je dan samo tlocrt prizemlja. Jedina razlika tlocrta prizemlja i prva dva kata je u stubištu. U prizemlju se osim stepenica nalazi i malo predvorje, dok prva dva kata umjesto predvorja na tlocrtu imaju stepenice u oba smjera.

Izgled trećeg kata nešto je drukčiji. Razlog tome je kosi krov na vrhu zgrade zbog kojeg dio prostorija ima nizak strop. Stoga je jedna strana trećeg kata pretvorena u dva skladišta i strojarnicu. Obzirom da je treći kat ujedno i posljednji, na mjestu predvorja pokraj stubišta napravljen je još jedan ured.

Priključak na SN/NN transformator dan je slikom 3:



Slika 3 – Priključak na SN/NN transformator

Prema rezultatima proračuna opterećenja u normalnom pogonu, sabirnicom B1 teče struja od 186.2 A. Napon sabirnice iznosi 397.7 V. Ukupna snaga u normalnom pogonu računa se prema relaciji:

$$S_{pog} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = 128.26 \text{ kVA}$$

Prilikom dimenzioniranja transformatora potrebno je iz standardnih vrijednosti snaga odabrati prvu veću, uzevši u obzir i rezervu snage, da bi se izbjeglo predimenzioniranje. Prva iduća vrijednost iznosi 160 kVA. Rezerva snage u odnosu na opterećenje u normalnom pogonu je:

$$S_{rez} = S_{tr} - S_{pog} = 31.74 \text{ kVA}$$

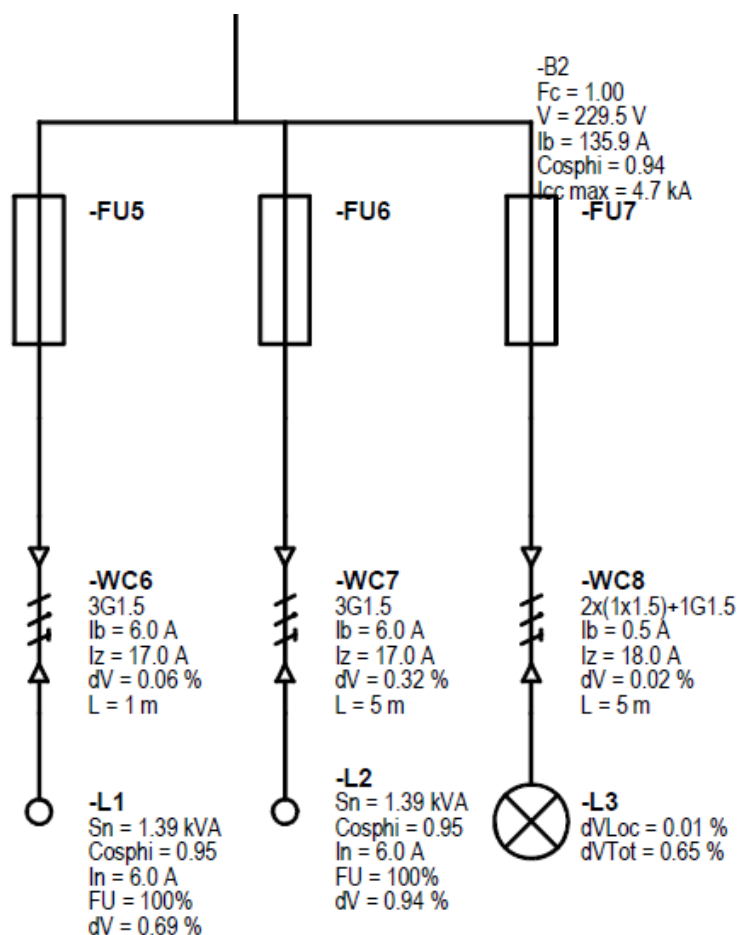
Odnosno, u relativnim jedinicama:

$$S_{rez\%} = 1 - \frac{S_{pog}}{S_{tr}} = 19.84 \%$$

Rezerva od 19.84% zadovoljavajuća je te je time dimenzioniranje transformatora završeno.

Prilikom projektiranja instalacija potrebno je simetrirati potrošnju po fazama. Obzirom da su dva kata i prizemlje ove poslovne zgrade jednako izvedeni, svakome od njih dodijeljena je po jedna faza. Na treći kat doveden je trofazni kabel te je potrošnja simetrirana po katu samome.

Prvi tip prostorije za koji se projektiraju instalacije su sami uredi. Obzirom da su gotovo svi podjednake površine, svima je dodijeljen jednak broj trošila. Pretpostavka je da će u svakome uredu raditi po dvije osobe, svaka na svojem računalu, stoga su svakom uredu dodijeljene dvije utičnice i jedno rasvjetno tijelo. Današnja stolna računala u prosjeku raspolažu napajanjem od oko 500 W, ali u uredskom radu troše i višestruko manje. Ipak, da bi se omogućilo spajanje računalne periferije poput printera i skenera na istu utičnicu putem produžnog kabela, struja pojedine utičnice normirana je na 6 A, dajući pri tome 1.39 kVA snage. Prikaz tipske instalacije jednog ureda nalazi se na slici 4. Instalacije po uredima razikuju se međusobno jedino po duljini kablova.

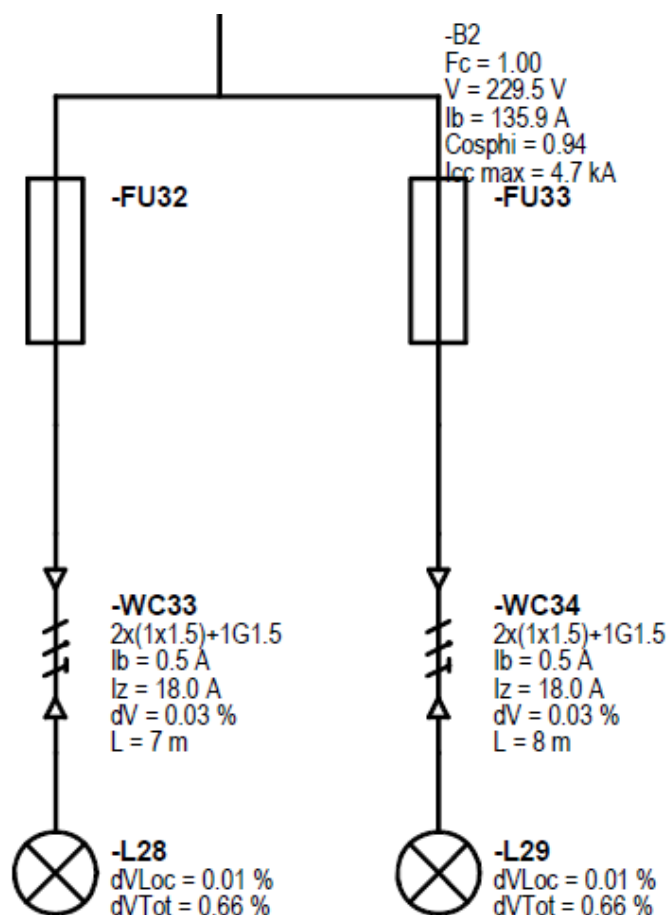


Slika 4 – Tipska instalacija ureda

U tablici N37, na stranici N28 knjige Schneider Electric – Electrical Installation Guide, nalaze se podaci o električnoj rasvjeti. Iz nje je vidljivo da fluorescentne lampe daju 5-7 puta veću osvjetljenost pri istoj snazi u odnosu na standardne žarulje s žarnom niti. Uz to im je vijek trajanja u prosjeku 7-12 puta dulji. Kako se radi o uredskim prostorima gdje je potrebna jaka osvjetljenost prostora za normalan rad, za rasvjetno tijelo odabrane su fluorescentne žarulje snage 40 W, po dvije u jednom kućištu. Loše svojstvo tih žarulja jest nizak faktor snage, stoga zahtijevaju kompenzaciju. U tablici N51 na stranici N36 iste knjige preporučeno je za danu snagu korištenje kondenzatora kapaciteta $5 \mu\text{F}$ za paralelnu kompenzaciju.

Drugi tip prostorije je kuhinja. Kao i kod ureda, u njoj se nalaze po dvije utičnice i jedno rasvjetno tijelo. Međutim, kako je izgledno da će na te utičnice biti priključeni kuhinjski uređaji koji u sebi sadrže elemente za grijanje ili hlađenje, poput štednjaka, aparata za kavu ili frižidera, snage tih utičnica postavljene su na 3.7 kVA. Rasvjeta je ista kao i u prethodnom slučaju.

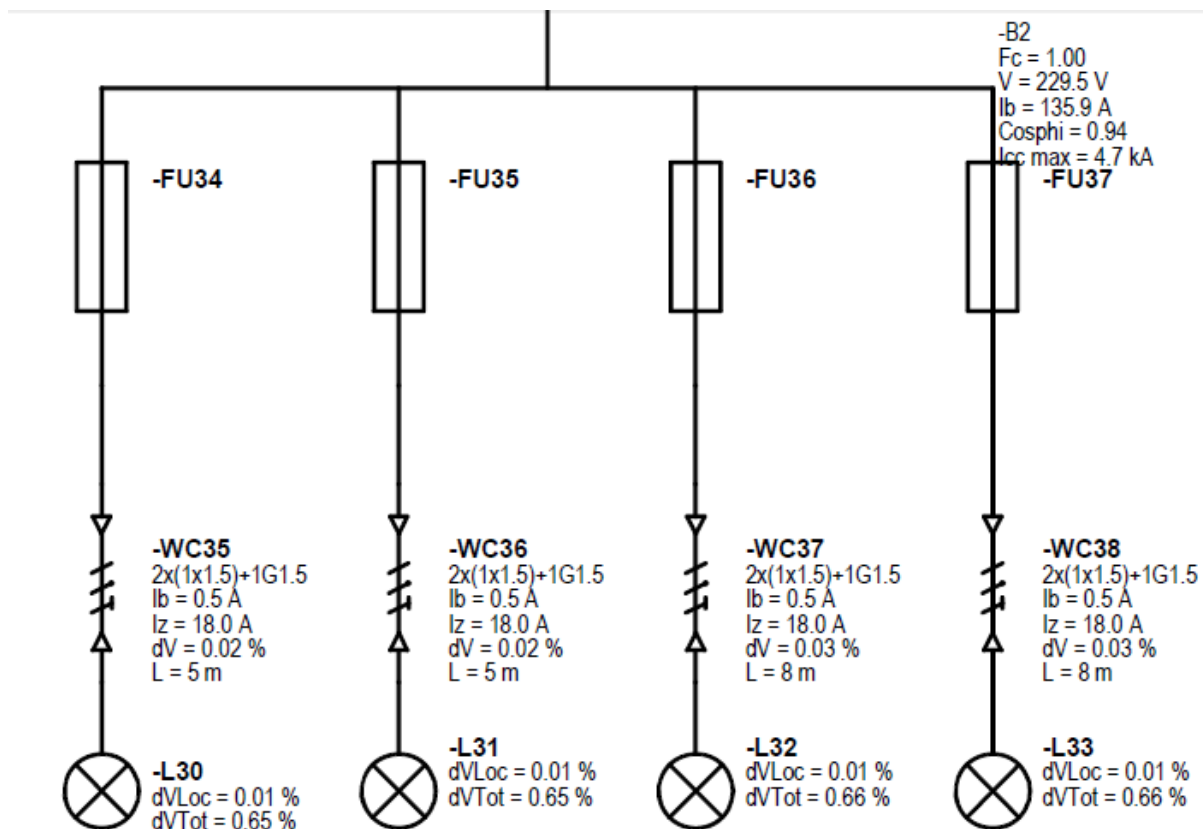
WC se sastoji od dva odjeljka od kojih se u svakome se nalazi po jedno rasvjetno tijelo. Za brisanje ruku koriste se papirnati ručnici pa stoga nema potrebe za ugradnjom sušila za ruke. Shema instalacija WC-a prikazana je na slici 5.



Slika 5 – Instalacije u WC-u

Analogno toj instalaciji napravljena je i instalacija u stubištu od dva rasvjetna tijela. Razlika je jedino u duljini kablova.

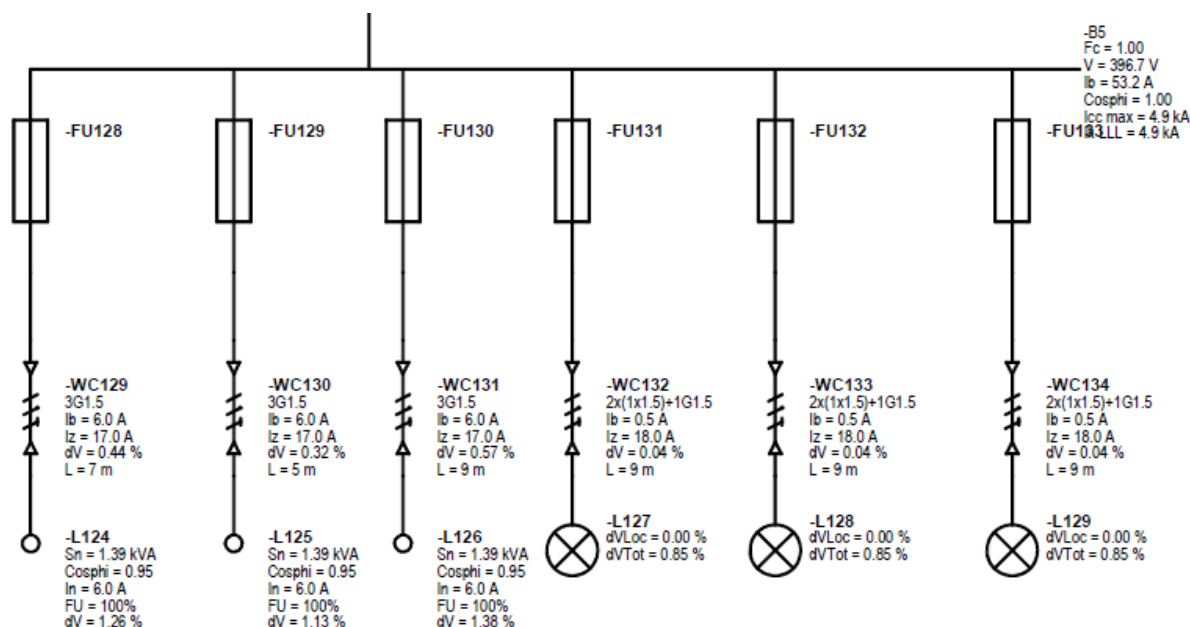
Svaki od katova ima hodnik. U hodniku je rasvjeta izvedena od 4 uniformno raspoređena rasvjetna tijela duž hodnika. Kao i u prethodnim slučajevima, korištene su fluorescentne lampe sa paralelnom kompenzacijom. Električna shema rasvjete u hodniku dana je na slici 6.



Slika 6 – Instalacije u hodniku

Dosad navedene električne sheme pokrivaju prizemlje i prva dva kata zgrade. Treći kat ima manji broj ureda te je specifičan po tome što je do njega doveden trofazni kabel a faze simetrirane po trošilima. Električne sheme po uredima jednake su kao i na prethodnim katovima, osim za ured 11 označen na slici 2. Za njega je predviđeno troje zaposlenika, a zbog njegova specifičnog oblika, rasvjeta mora biti izvedena sa tri rasvjetna tijela da bi se postigla zadovoljavajuća osvijetljenost. Shema ureda 11 dana je na slici 7.

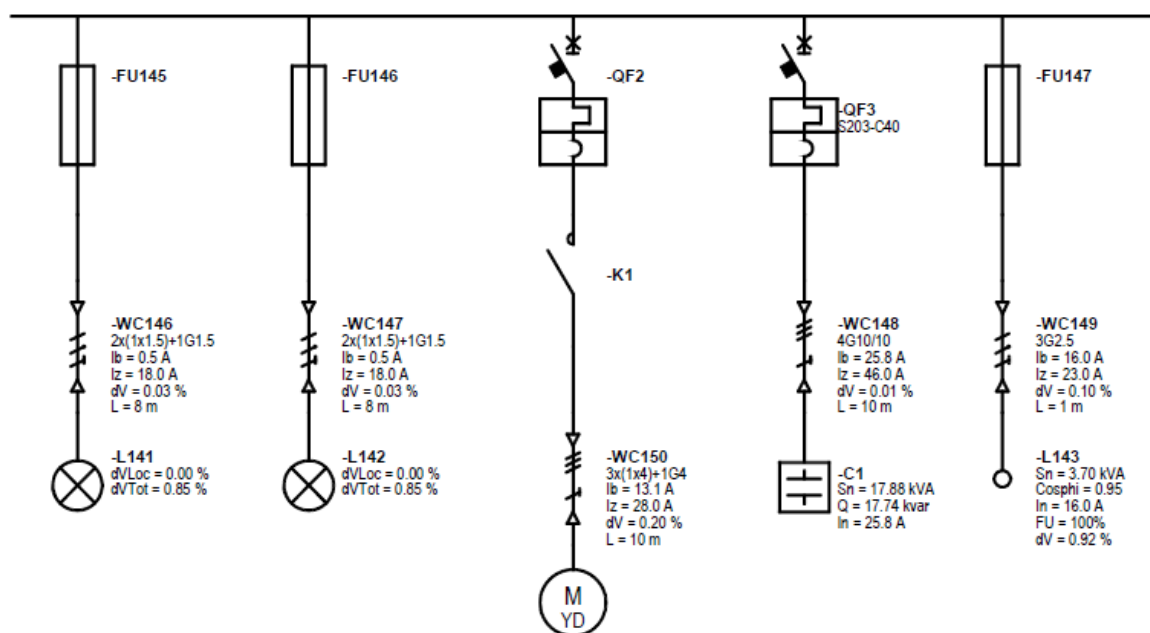
Stubište na trećem katu ima samo jedan red stepenica, a mjesto predsoblja nalazi se ured. Stoga je rasvjeta stubišta izvedena samo jednim rasvjetnim tijelom. U oba skladišta električna shema jednaka je onoj od WC-a jer nema dodatnih trošila osim dva rasvjetna tijela. Instalacije u kuhinji, WC-u i hodniku izvedene su kao i na prethodnim katovima.



Slika 7 – Instalacije ureda 11

Posljednja prostorija je strojarnica. U njoj se nalazi ventilacija predstavljena u obliku trofaznog asinkronog motora snage 5.5 kW. Motor se pokreće ručno, preklopom zvijezda-trokut za manje potezne struje prilikom pokretanja. Iako će u većini slučajeva ventilacija biti upaljena prije dolaska zaposlenika i ugašena nakon odlaska, čime potezne struje i padovi napona neće biti rizik neželjenoj proradi zaštite ili okolnoj elektroničkoj opremi, zvijezda-trokut preklopka omogućuje i paljenje/gašenje usred radnog dana u slučaju potrebe (primjerice remonta) bez opasnosti da ljudi u okolnim uredima u jednom trenutku ostanu bez posla radi prekida napajanja ili naglog pada napona. Cijena štete uslijed nestanka struje u uslužnom sektoru definitivno opravdava cijenu jedne takve preklopke.

Fluorescentne lampe, iako kompenzirane prema preporukama, imaju faktor snage ispod 0.95. Uz dodatak motora za pokretanje ventilacije, faktor snage cijele zgrade pada na 0.94. Da bi se izbjeglo plaćanje jalovine, na sabirnicu B5 trećeg kata priključena je kondenzatorska baterija. Maksimalna kompenzacija sabirnice ($\cos\phi = 1$) postiže se pri kapacitetu baterije od 17.74 kVAr. Baterija tog kapaciteta ne postoji, stoga je iz dostupnih kataloga opreme izabrana prva manja da bi se izbjegla pretjerana kompenzacija (prelazak u kapacitivno opterećenje). Iznos odabrane baterije iznosi 16 kVAr. Time je faktor snage sabirnice B5 pao na 0.999, što je zanemarivo mala promjena.



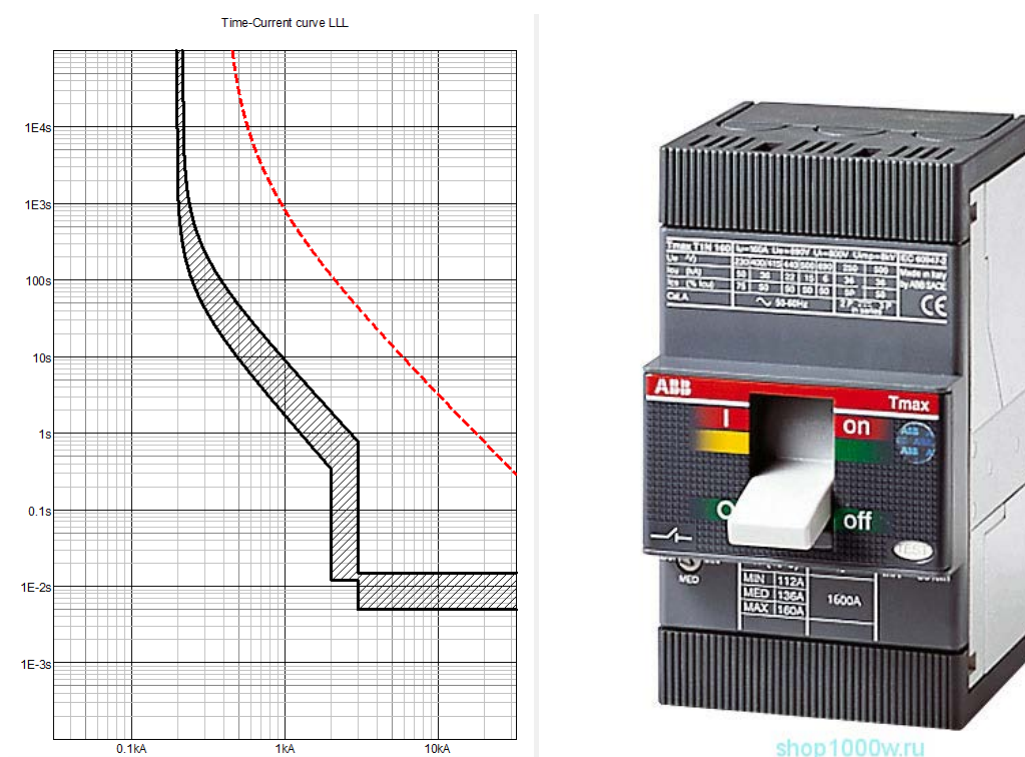
Slika 8 – Instalacije strojarnice

Kompenziranjem sabirnice B5 popravio se faktor snage cijele zgrade te sada iznosi 0.97, čime je izbjegnuto plaćanje jalove snage. U strojarnici se također nalazi jedna jednofazna utičnica snage do 3.7 kVA, čime je omogućen priključak električnih alata u slučaju potrebe za radovima u strojarnici.

2. Dimenzioniranje zaštite

Zaštita instalacija izvedena je selektivno u tri razine, pri čemu niti jedno trošilo ili kabel nije ostalo nezaštićeno od kratkog spoja.

Zaštita 50-metarskog trofaznog kabela koji vodi od trafo stanice do zgrade izvedena je prekidačem QF1, pružajući zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja. Maksimalni iznos struje kratkog spoja na tom dijelu iznosi 5.6 kA. Na temelju proračunatih podataka, iz ABB-ova kataloga izabran je prekidač sa podesivim termalnim i fiksnim elektromagnetskim okidačem, model **T3N 250 TMD250-2500**. Krivulja prekidača, kao i krivulja kabela, dana je na slici 9. Sa slike je vidljivo da je termičko okidanje prekidača QF1 podešeno na 200 A, dok elektromagnetski okidač djeluje na struje veće od 2kA. Izgled tog prekidača dan je na istoj slici.

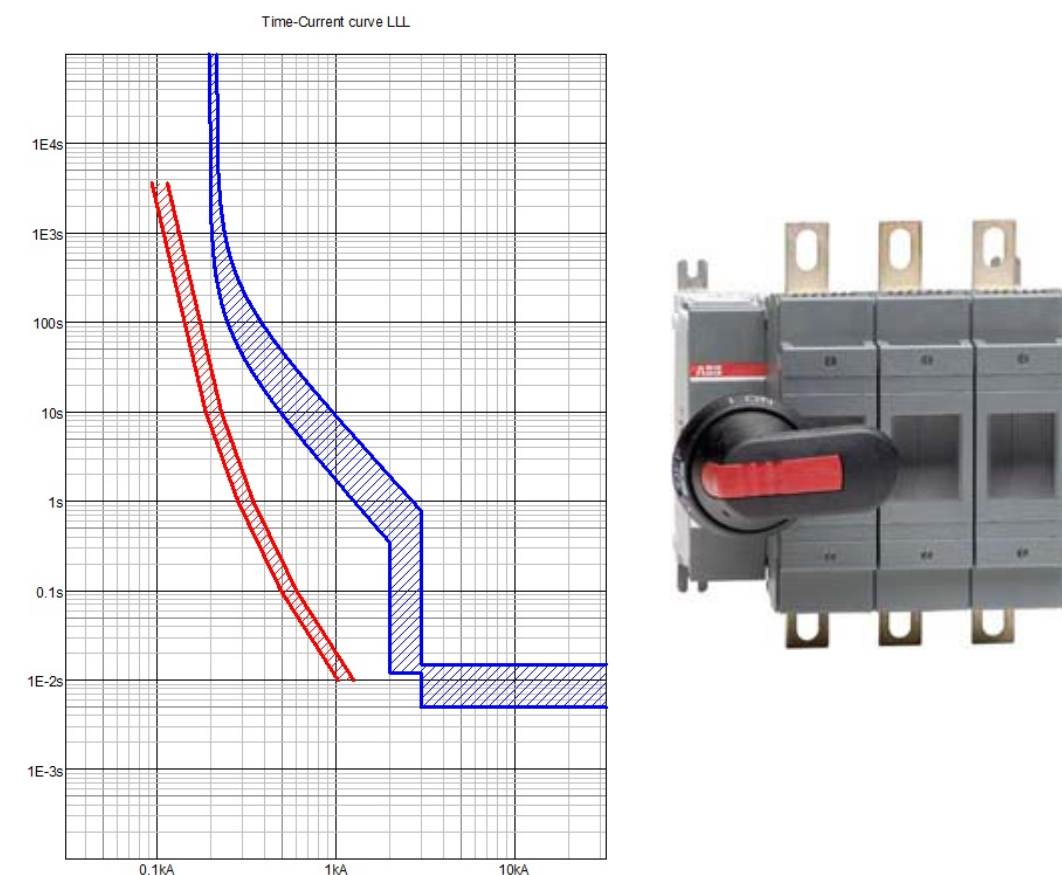


Slika 9 – Krivulja prorade prekidača i kabela/izgled odabranog prekidača

Druga razina zaštite izvedena je osiguračima sa zaštitnim sklopkama. Zaštitne sklopke korištene su upravo zato da bi se u slučaju radova na instalacijama zgrade na jednostavan način vidljivo odvojili dijelovi pod naponom od onih koji nisu. Svakome od katova dodijeljen

je osigurač sa sklopkom, pri čemu su za prizemlje i prva dva kata korišteni jednofazni, a za treći kat trofazni osigurači. Za prizemlje i prvi kat odabrani su osigurači nazivne struje 160 A, dok je za treći kat odabran osigurač nazivne struje 63 A. Izgled jednog od tih osigurača zajedno sa postoljem dan je na slici 10.

Veoma je bitno koordinirati zaštitu svih triju razina tako da se u slučaju kvara uvijek isključi najmanji mogući dio strujnog kruga. Opće pravilo pri postizanju selektivnosti zaštite je da se $t(I)$ krivulje elemenata ne smiju sjeći, a krivulja elementa koji treba kasnije djelovati nalati se iznad i desno od krivulje elementa koji djeluje prije.



Slika 10 – Selektivnost prve i druge razine/izgled osigurača sa sklopkom

Na slici 10 dan je primjer selektivnosti između prve i druge razine kod trolnog kratkog spoja. Crvenom je bojom označen osigurač sa sklopkom, dok je plavom označen glavni prekidač QF1. Sa slike je vidljivo da je trofazni osigurač nazivne struje 63 A i prekidne moći 1280 A, dok prekidač okida termički između 200 A i 2 kA, a nakon 2 kA elektromagnetski. Time je selektivnosti zaštite zadovoljena jer su sva područja struje kvara pokrivena.

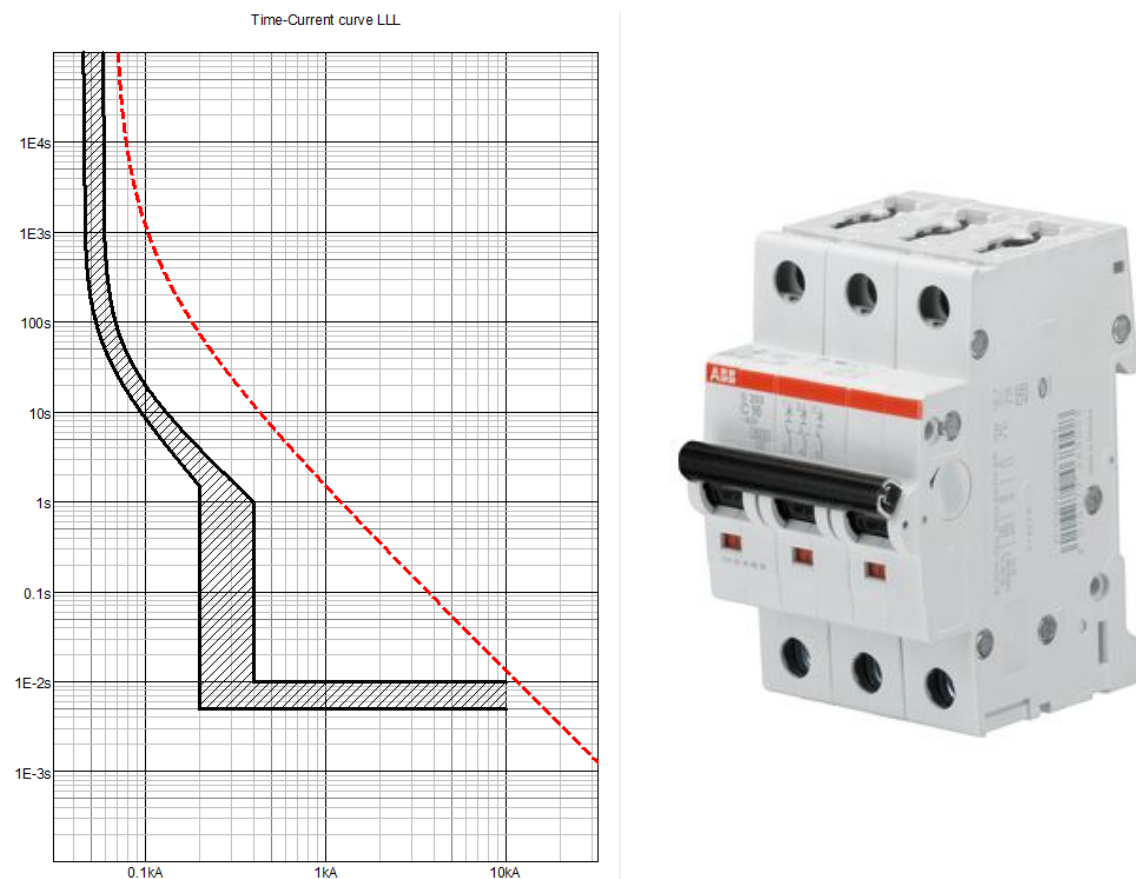
Treća razina zaštite odnosi se na svako pojedino trošilo. Sa shema iz prvog poglavlja vidljivo je da je svako od trošila zaštićeno po jednim osiguračem. Kako će stvarno opterećenje pojedinih utičnica biti manje nego ono korišteno u proračunima, uredske utičnice zaštićene su osiguračima nazivne struje 6 A, dok su kuhinjske utičnice zaštićene osiguračima od 16 A. Fluorescentne lampe u normalnom pogonu vuku iz mreže po 0.5 A svaka. Međutim, kako pri startanju mogu iz mreže povući nešto veću struju od nazivne, za zaštitu rasvjetnih tijela korišteni su osigurači nazivne struje 2 A. Kako je nazivna struja osigurača druge razine 160 A, svim odabranim osiguračima treće razine prekidna moć mora biti iznad 160 A da bi pokrilo cijelo područje struja kvara. Standardne vrijednosti prekidne moći niskonaponskih osigurača višestruko su veće, tako da je selektivnost i u ovom slučaju zadovoljena.

Posebna zaštita primjenjena je u slučaju pogonskog motora ventilacije na trećem katu i priključene kondenzatorske baterije. Zaštita, kao i pokretanje motora, izvedena je pomoću podesivog manualnog prekidača. Iz ABB-ova kataloga izabran je model **MS325** te je podešen na 16 A. Velike potezne struje prilikom pokretanja reducirane su preklopkom zvijezda-trokut. Odabrani model preklopke iz ABB-ova kataloga je **A9-30-01**. Izgled odabranog prekidača i preklopke dani su na slici 11.



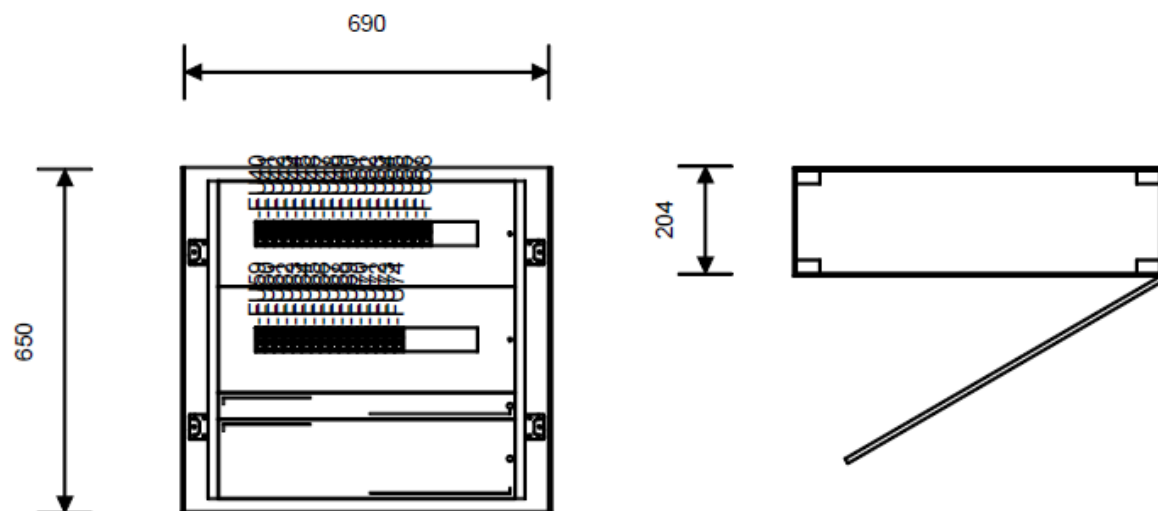
Slika 11 – Izgled preklopnika zvijezda/trokut i manualnog prekidača

Kondenzatorska baterija zaštićena je trofaznim niskonaponskim prekidačem. Iz ABB-ova kataloga odabran je model **S203-C40** sa mogućnošću termičkog i elektromagnetskog okidanja. Termički okidač podesiv je do struje od 63 A, što zadovoljava struju u normalnom pogonu (23 A) i nazivnu struju kabela (46 A). Njegov izgled, kao i krivulje prekidača i kabela dane su na slici 12.



Slika 12 – Krivulja prekidača QF3 i kabela/izgled odabranog modela

Zaštita je smještena u ugradbene razvodne ormare. Dimenzije ormara zadane su na slici 13. Na svakom se katu nalazi po jedan takav ormar. Svi su ormari dimenzijama jednaki i razlikuju se jedino po opremi koja je u njih ugrađena. U ormaru u prizemlju nalaze se osim osigurača za taj kat i osigurači sa sklopkom za sve ostale katove. Razvodni ormari na prvom i drugom katu identični su.



Slika 13 – Izgled razvodnog ormara

3. Cijena investicije

Aproksimativna cijena investicije, bez uključene cijene rada i trošila, dana je u idućim tablicama:

Tip kabela	Duljina [m]	Cijena [kn]
2x(1x1.5)+1G1.5	573	2865
3G1.5	439	2195
3G2.5	61	488
3x(1x150)+1x(1x95)+1G95	50	1250
Ukupno	-	6798

Kabeli ukupne duljine manje od 20 m izbačeni su iz procjene.

Zaštitni element	Broj komada	Cijena [kn]
Osigurač 2 A	73	292
Osigurač 6 A	61	244
Osigurač 16 A	9	36
Osigurač 160 A	3	360
Trofazni osigurač 63 A	1	220
MS325	1	1200
S203-C40	1	300
T3N 250 TMD250-2500	1	5400
Ukupno	-	8052

Ostalo	Broj komada	Cijena [kn]
Y-D preklopka	1	130
Kondnzatorska baterija 16 kVAr	1	450
Ukupno	-	580

Iz navedenih podataka slijedi da je aproksimativna cijena elektro opreme bez uključenih trošila i razvodnih ormara 15.400 kn.