

OSNOVE ENERGETIKE I BESPREKIDNA NAPAJANJA

prof. dr. sc. Marinko Stojkov
mstojkov@unisb.hr

Literatura

- Zvonimir. Klaić: Predavanja iz kolegija Električne instalacije i rasvjeta, FERIT Osijek
- Predavanja Niskonaponske mreže i instalacije, prof. dr. sc. Slavko Krajcar, FER Zagreb
- standardi i norme (ISO, IEC, CENELEC, DIN, VDE, ASA, NEC, OST, NF, BS,...HRN)
- propisi (Zakoni, Pravilnici, tehnički uvjeti i sl.)

ELEKTROENERGETSKI SUSTAV

1. Proizvodnja

Proizvodnja električne energije u elektranama

(TE, HE, TE-TO, PTE, NE, VE).

Generator je električni stroj koji pretvara mehaničku snagu na turbini u električnu snagu.

Transformator podiže napon sa naponske razine generatora na naponsku razinu prijenosne mreže.



2. Prijenos

Prijenos električne energije putem elektroenergetske mreže nazivnog napona 400 kV, 220 kV, 110 kV.

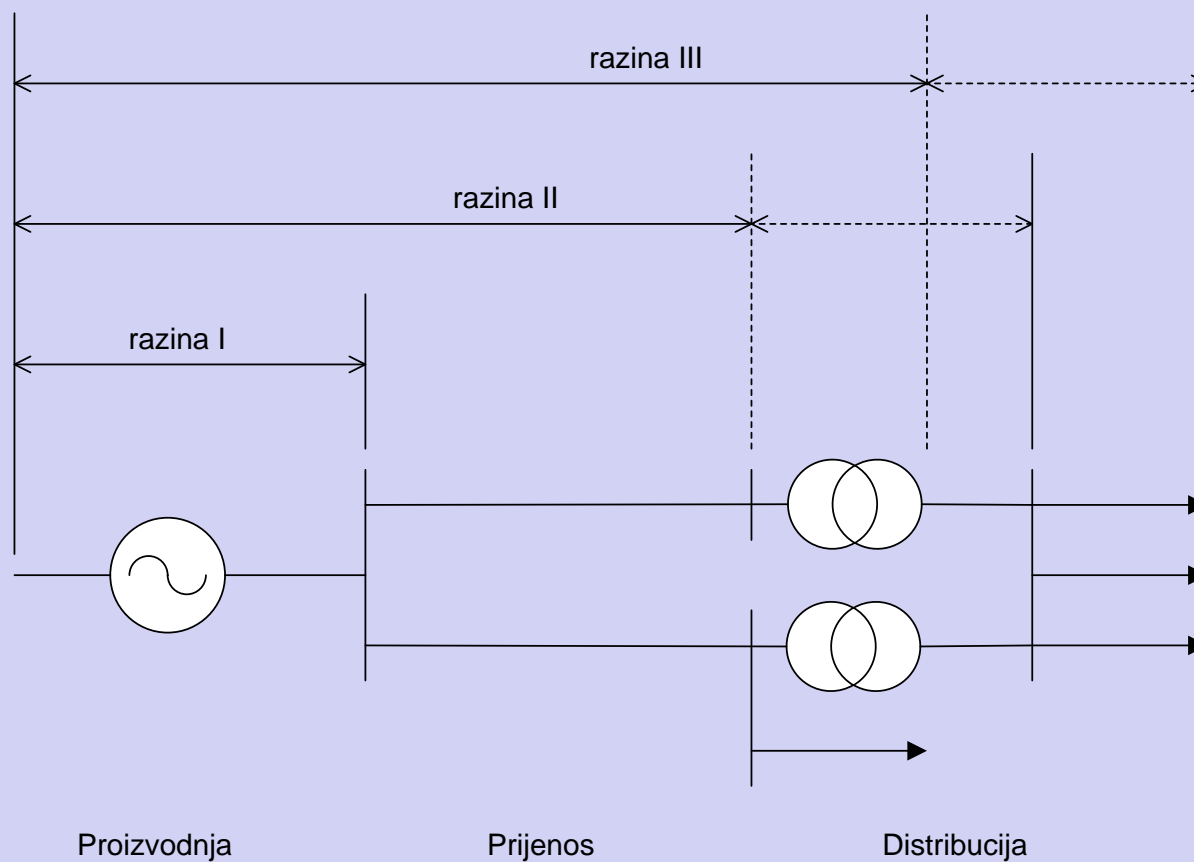


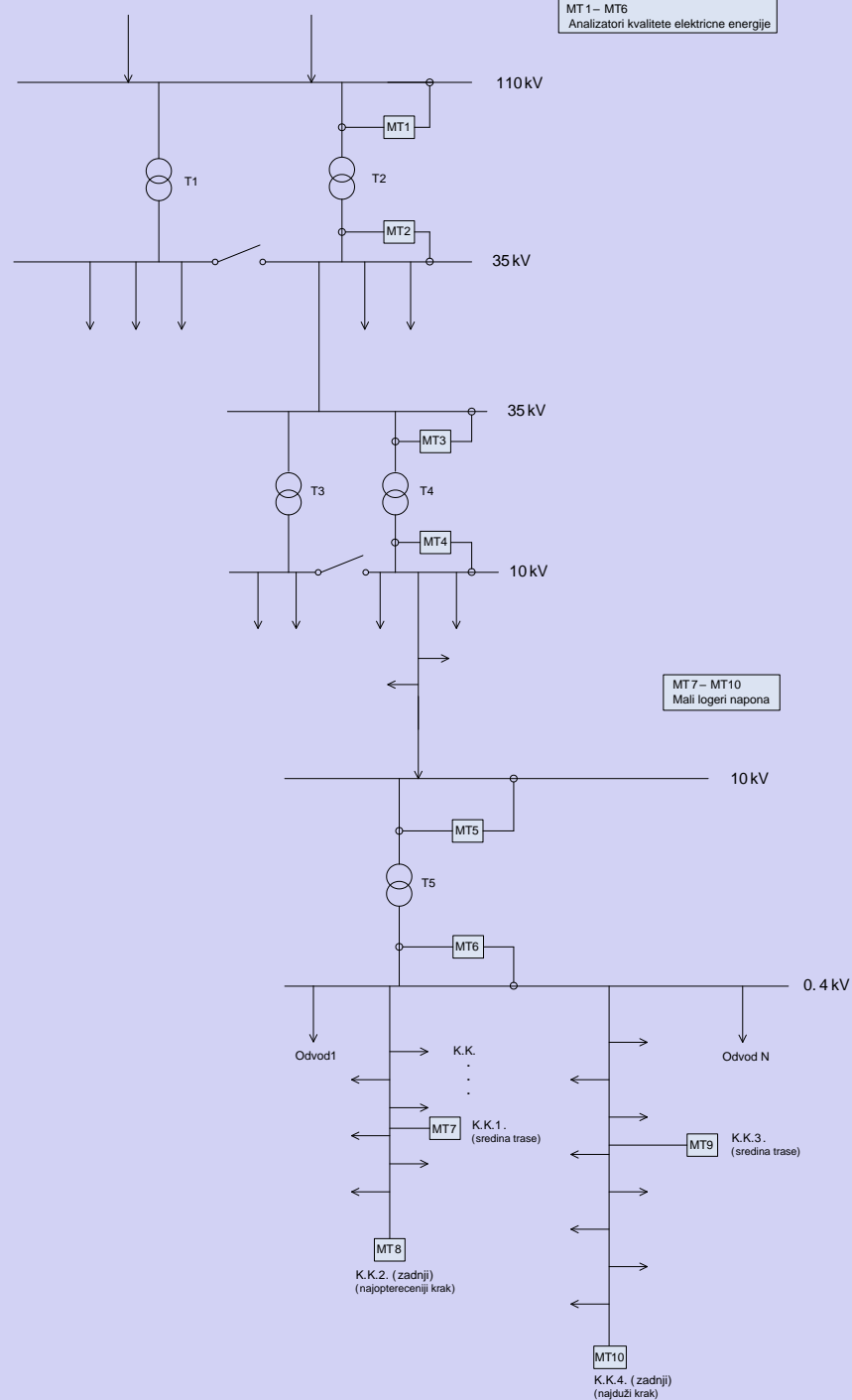
3. Distribucija

Distribucija električne energije putem distribucijskih mreža nazivnog napona 0,4 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV, 110 kV.



Hijerarhijske razine elektroenergetskog sustava





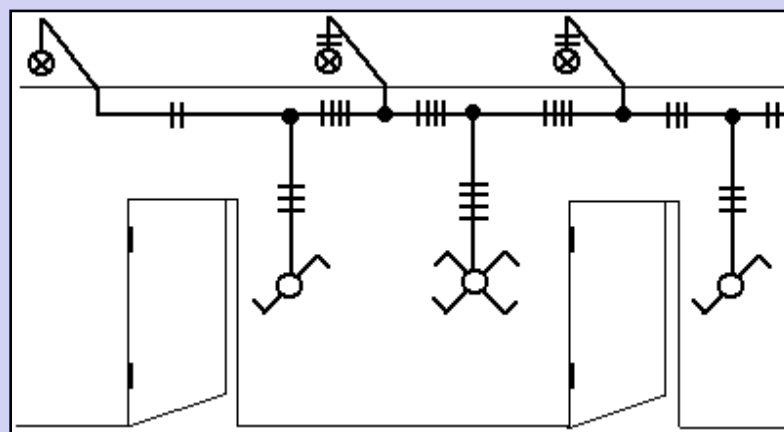
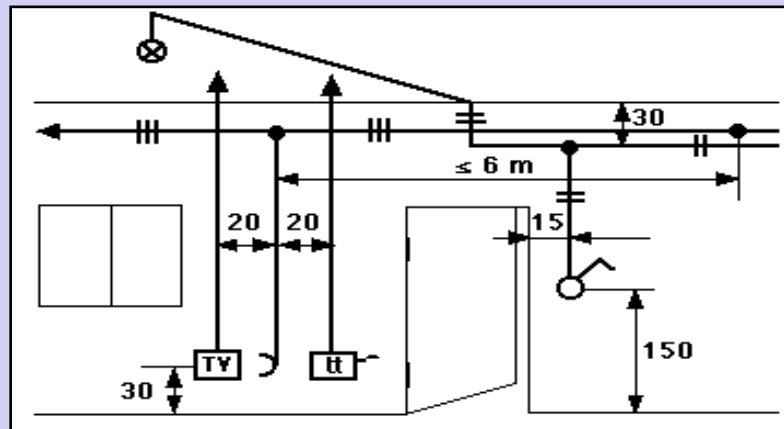
MT 1 – MT6
Analizatori kvalitete elektricne energije

MT 7 – MT10
Mali logeri napona

K.K. – krajnji korisnik

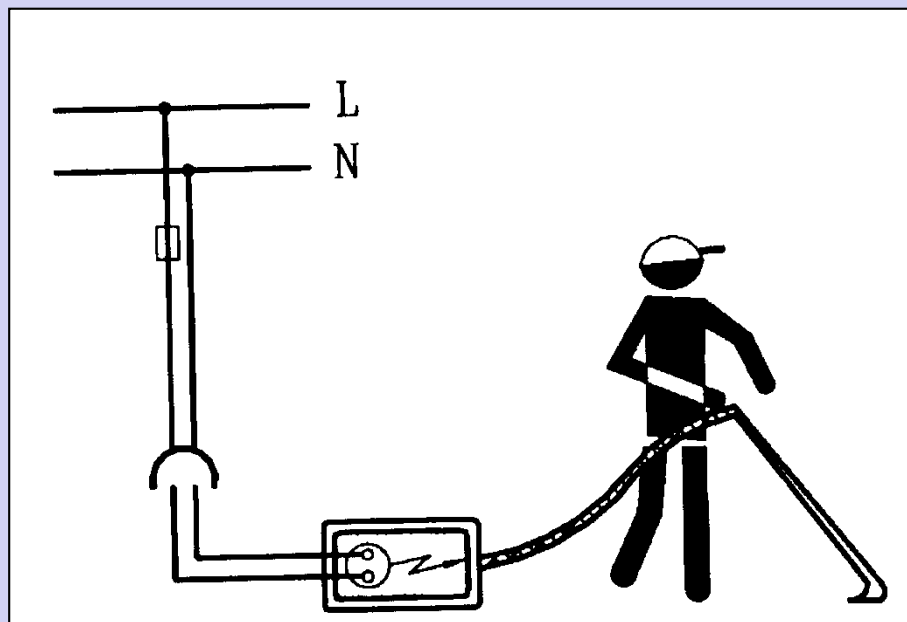
Dovod električne energije do potrošača:

- niskonaponske mreže
- električne instalacije.



Zaštita - važna u elektroprivrednom sustavu

Dosljedno provođenje suvremene tehničke regulative:
- električna energija bezopasna



2.1. Temeljni pojmovi i definicije

Električna instalacija - skup međusobno spojene niskonaponske električne opreme u promatranom prostoru ili prostoriji, predviđena za ispunjavanje određene namjene.

Izvor napajanja - transformatorska stanica, elektrana, akumulatorska baterija ili agregat.

Mali napon (ELV) - napon koji nazivno ne prelazi 50 V izmjenične struje ili 120 V istosmjerne struje (bez valovitosti) i to bilo međusobno između vodiča ili između vodiča i zemlje, što obuhvaća SELV, PELV i FELV.

Niski napon (LV) - napon koji nazivno ne prelazi 1000 V izmjenično ili 1500 V istosmjerno.

Visoki napon (HV) - napon koji nazivno prelazi 1000 V izmjenično ili 1500 V istosmjerno.

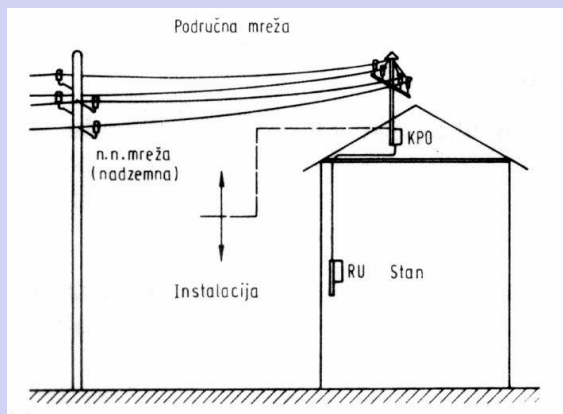
Pet pravila sigurnosti - zaštitne mjere koje sadrže:

1. potpuno isključenje i odvajanje od napona;
2. sprječavanje ponovnog uključenja;
3. utvrđivanje beznaponskog stanja;
4. uzemljavanje i kratko spajanje;
5. ograđivanje mjesta rada od dijelova pod naponom.

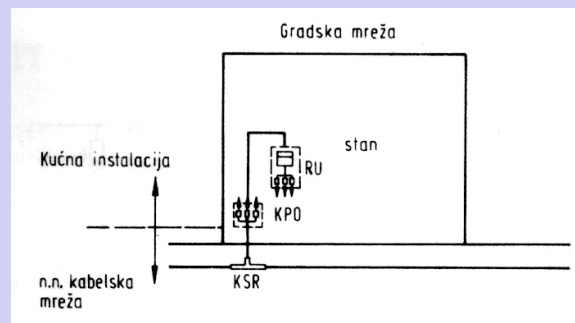
Niskonaponske mreže - strujni krugovi od izvora struje do sabirnica, odnosno priključka za osigurač na kućnom priključnom mjernom ormariću (KPMO) nazivnog napona do 1 kV.

Niskonaponske mreže:

- područne (nadzemne) i



- gradske (kabelske)



Električna instalacija - strujni krugovi poslije (gledajući u smjeru toka el. energije) sabirnica, odnosno osigurača u KPMO.

Djelovanje električne struje na ljudsko tijelo

- Električni udar- je patofiziološki efekt koji nastaje prilikom prolaza električne struje kroz ljudsko ili životinjsko tijelo.
- Električna struja, prolazeći kroz ljudski organizam, djeluje na sljedeće načine:

TOPLINSKI - pri čemu se tijelo zagrijava, naročito na mjestu ulaza i izlaza struje iz tijela, do te mjere da nastaju teške vanjske i unutrašnje opekline.

MEHANIČKI - jer za vrijeme prolaza struje kroz tijelo dolazi do grčenja mišića, što može izazvati kidanje krvnih žila, živaca, pa čak i lomove kostiju.

KEMIJSKI - jer električna struja, prolazeći kroz krv, elektrolitički rastvara krvnu plazmu.

BIOLOŠKI - što se očituje grčenjem mišićnog tkiva, paralizom disanja, grčevima krvotoka, treptanjem srčanih klijetki.

Sva ova djelovanja mogu dovesti do lakših i težih ozljeda čovjeka, pa čak i do smrti.

Na temelju raznih ispitivanja te analize ozljeda i smrtnih slučajeva, dobiveni su podaci o fiziološkom djelovanju električnih struja raznih jakosti na ljudski organizam koji su prikazani u slijedećem pregledu:

12-15 mA - ruke se teško odvajaju od elektroda, snažni bolovi u prsima i rukama, bol se može trpjeti 5-10 minuta.

20-25 mA - paraliza ruku, veoma jaki bolovi, otežano disanje.

50-80 mA- paraliza disanja, početak treperenja srčanih klijetki.

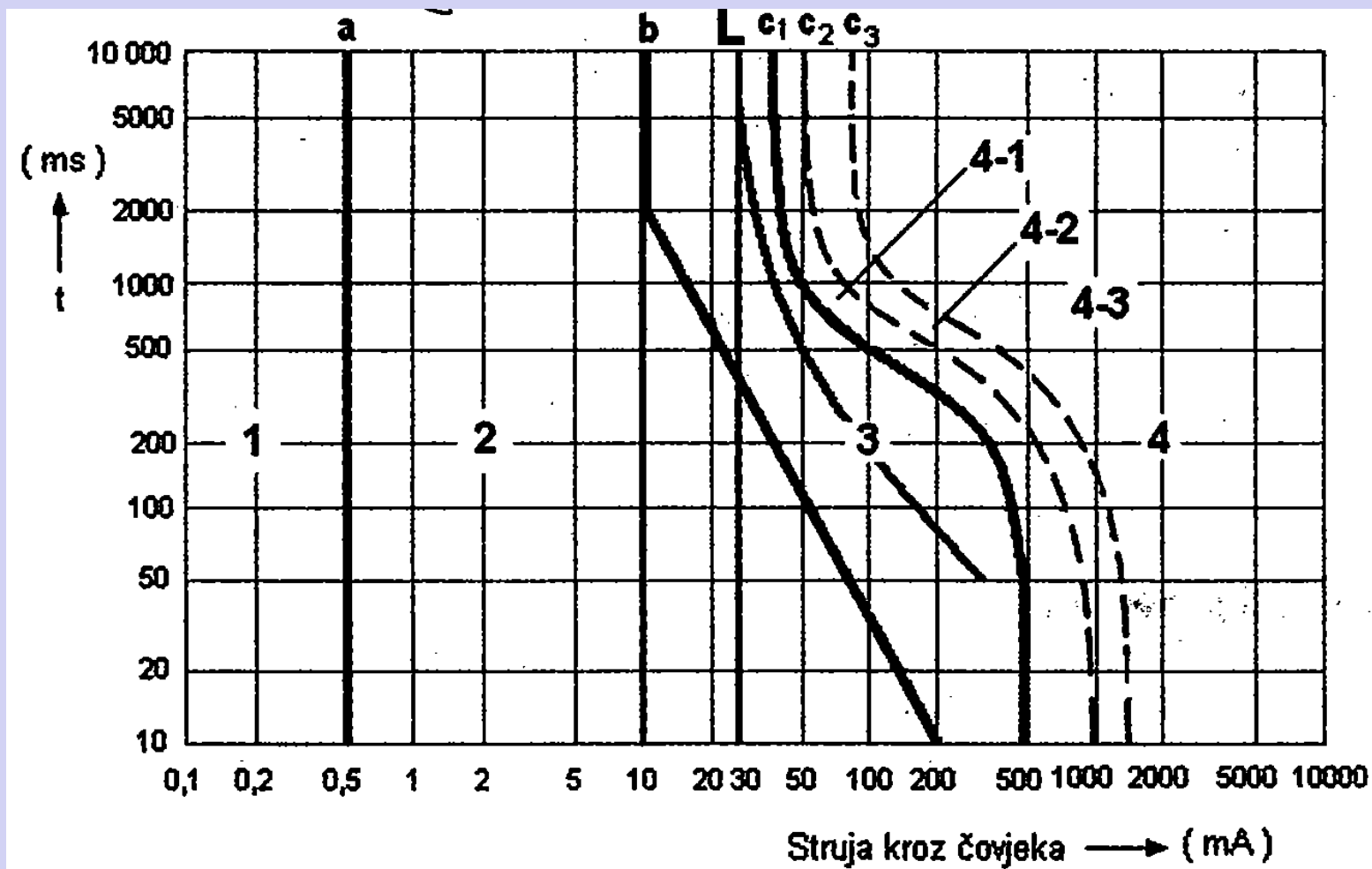
80-100 mA- paraliza disanja i rada srca.

Iznad 3.000 mA- paraliza disanja i rada srca pri djelovanju duljem od 0,1 sekunde, razaranje tkiva toplinskim djelovanjem struje.

Ovi podaci odnose se na prolaz izmjenične struje 50 Hz od jedne ruke k drugoj ruci.

Na težinu ozljeđivanja električnom strujom utječu istodobno i jakost struje i trajanje prolaska struje kroz organizam.

Istraživanja o djelovanju struje na ljudski organizam, koja su se u zadnjih desetaka godina provodila pod ingerencijom IEC-a, mogu se predočiti dijagramom (Slika 1.1.)



SLIKA 1. Utjecaj električne struje na ljudski organizam

Dijagram se odnosi na izmjeničnu struju frekvencije 15-100 Hz te za put struje od lijeve ruke prema objema nogama.

Označena područja:

1. područje gdje nema reakcije
(prag osjetljivosti je 0,5 mA)
2. nema fiziološki opasnog djelovanja
3. povećanje krvnog tlaka, opasnost fibrilacije
srca postoji, ali je vrlo mala

4. opasnost fibrilacije srca je vrlo vjerojatna i to:

4.1. opasnost fibrilacije srca je ispod 5 % vjerojatnosti

4.2. opasnost fibrilacije srca je ispod 20 % vjerojatnosti

4.3. opasnost fibrilacije srca je iznad 50 % vjerojatnosti.

Unutar područja 3 nalazi se konvencionalna krivulja (L) koja predstavlja preporučenu granicu opasnosti, uzimajući u obzir jakost struje i dozvoljeno vrijeme njezinog protjecanja kroz ljudsko tijelo.

Ta krivulja predstavlja osnovu za izbor zaštitnih mjera od strujnih udara.

Na osnovi toga može se zaključiti da je 30 mA najveća struja koja neće ugroziti čovjeka bez obzira na vrijeme njezinog protjecanja.

Struja od 10 mA naziva se otpuštajuća struja jer se kod te jakosti čovjek još može snagom svojim mišića osloboditi iz strujnog kruga (za 50 Hz).

Ukupna težina ozljede ovisi o:

- ☐ jakosti struje kroz tijelo čovjeka
- ☐ vremenu protjecanja
- ☐ putu kojim struja teče kroz tijelo čovjeka
- ☐ frekvenciji i
- ☐ osobnim svojstvima čovjeka

Može se reći da su najopasnije struje frekvencije 50-60 Hz.

Struje vrlo visokih frekvencija su praktički bezopasne.

SPAŠAVANJE OSOBE KOJA JE POD STRUJNIM UDAROM

Ako je unesrećeni još uvijek u strujnom krugu, treba ga što prije osloboditi.

Spasilac mora paziti i na vlastitu sigurnost.

Ovisno o situaciji strujni krug se prekida izvlačenjem utikača iz utičnice, vađenjem osigurača ili odvajanjem električnog vodiča od tijela pomoću predmeta od izolirajućeg materijala (plastika, suho drvo, debeli sloj suhe tkanine ili papira).

Dobro je koristiti gumene rukavice i čizme. Eventualni požar na mjestu nezgode ne smije se gasiti vodom.

Impedancija ljudskog tijela i naponi dodira

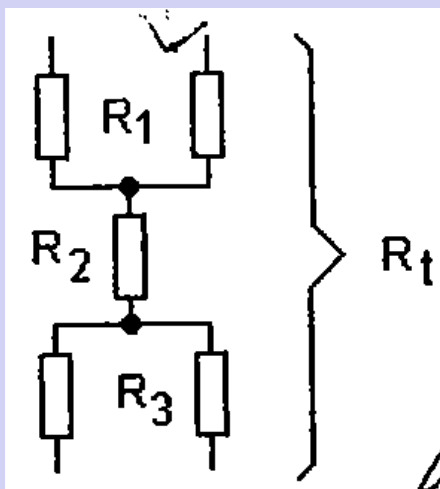
Napon dodira je napon između istodobno dostupnih vodljivih dijelova, odnosno napon koji čovjek može premostiti svojim tijelom.

Odnos između dozvoljene struje kroz ljudsko tijelo i dozvoljenog napona dodira **nije linearan**.

Tome je uzrok, prije svega, promjenljiva impedancija ljudskog tijela.

Impedancija ljudskog tijela sastoji se od radnih i kapacitativnih otpora.

Kapacitativni dio se može zanemariti pa se nadomjesni otpor ljudskog tijela može prikazati nadomjesnom shemom (Slika 2.)



***SLIKA 2. Nadomjesni
otpori tijela***

R_1 -za šake i ruke

R_2 - za trup tijela

R_3 -za noge i stopala

R_t -unutrašnji otpor tijela

Impedancija ljudskog tijela ovisi o:

- ☐ čistoći i vlažnosti kože
- ☐ debljini kože
- ☐ naponu koji djeluje na ljudsko tijelo
- ☐ duljini trajanja prolaza struje kroz tijelo
- ☐ jakosti struje
- ☐ kontaktnom pritisku i površini dodira

Vrlo veliki utjecaj na impedanciju tijela imaju vanjski utjecaji, prije svega vlaga i otpor tla.

- Vanjski uvjeti mogu se svrstati u 3 skupine:
 1. Suhi i vlažni prostori (normalni uvjeti) - stambeni, poslovni, industrijski i slični prostori.
 2. Mokri prostori (loši uvjeti) - instalacija na otvorenom, gradilišta, kampovi, poljoprivredni objekti i sl.
 3. Uvjeti kod potapanja (naročito loši uvjeti) - npr. bazeni

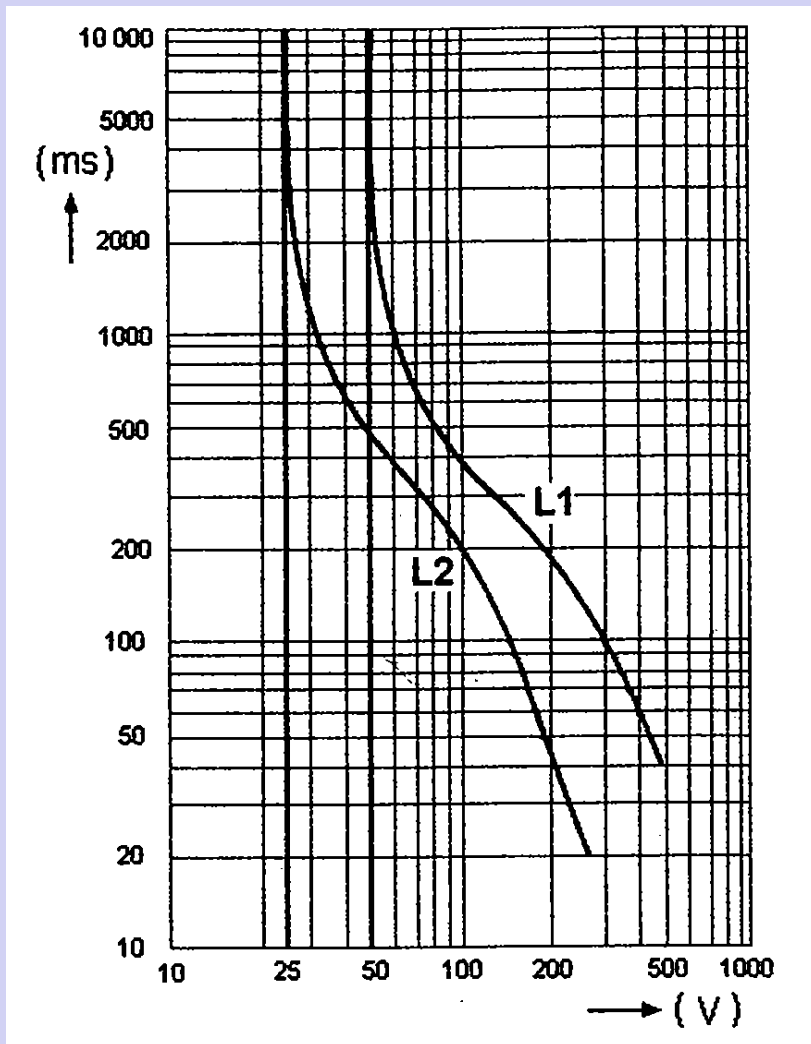
Za uvjete pod 1. i 2. moguće je izračunati impedancije ljudskog tijela (Z_1 i Z_2) i na osnovi očekivanog napona dodira odrediti jakost struje kroz ljudsko tijelo te uz pomoć krivulje L (u prethodnom dijagramu) odrediti dozvoljeno vrijeme trajanja te struje (i dopušteno vrijeme trajanja napona dodira), a rezultati su predočeni tablicom.

TABLICA 1. Impedancije ljudskog tijela i očekivani naponi dodira

| Očekivani napon dodira $U_c(V)$ | Normalni uvjeti | | | Loši uvjeti | | |
|---------------------------------|-----------------|---------|----------|---------------|---------|----------|
| | $Z_1(\Omega)$ | $I(mA)$ | $t(s)$ | $Z_2(\Omega)$ | $I(mA)$ | $t(s)$ |
| 25 | - | - | - | 1075 | 23 | ≤ 5 |
| 50 | 1725 | 29 | ≤ 5 | 925 | 54 | 0,47 |
| 75 | 1625 | 46 | 0,60 | 825 | 91 | 0,30 |
| 90 | 1600 | 56 | 0,45 | 780 | 115 | 0,25 |
| 110 | 1535 | 72 | 0,36 | 730 | 151 | 0,18 |
| 150 | 1475 | 102 | 0,27 | 660 | 227 | 0,10 |
| 220 | 1375 | 160 | 0,17 | 575 | 383 | 0,035 |
| 280 | 1370 | 204 | 0,12 | 570 | 491 | 0,020 |
| 350 | 1365 | 256 | 0,08 | 565 | 620 | - |
| 500 | 1360 | 368 | 0,04 | 560 | 893 | - |

Vrijednosti u tablici odnose se na odrasle osobe, na putu struje ruka-ruka ili ruka-noga i dodirnu površinu 50-100 cm² te izmjeničnu struju frekvencije 50 Hz.

Pomoću rezultata u tablici, moguće je prikazati grafički odnos između napona dodira i njegovo dopušteno trajanje (L1 - za normalne uvjete i L2 - za loše uvjete (SLIKA 1.3.)



SLIKA 3. Dopusšteno trajanje napona dodira

L1-normalni uvjeti

L2-loši uvjeti

Dozvoljeni napon dodira (U_L) je najveća vrijednost napona dodira koja se može izdržati neograničeno vrijeme bez štetnih posljedica.

Očekivani napon dodira (U_C) je najviši napon dodira koji se očekuje u slučaju kvara zanemarive impedancije.

U tom smislu može se na osnovi tablice i dijagrama zaključiti i upamtiti:

- ☐ u normalnim uvjetima je granica opasnog dodirnog napona 50V ~ (120V -)
- ☐ u lošim uvjetima je granica opasnog dodirnog napona 25 V ~ (60 V -).

Opasni napona dodira najčešće se pojavljuju kao posljedica kvarova, a dopuštene granice ovise o uvjetima okoline.

TABLICA 2. Trajno dozvoljeni naponi dodira

| Uvjeti okoline | Izmjenični sustavi (AC) | Istosmjerni sustavi (DC) |
|-----------------------------|---------------------------------------|---|
| | Trajno dozvoljeni napon dodira (V) | Trajno dozvoljeni napon dodira bez izmjenične komponente (V) |
| Normalni (suho i vlažno) | < 50 | < 120 |
| Loši (mokro) | < 25 | < 60 |
| Iznimno loše (potapanje) | < 12 | - |

4. GROMOBRANI I GROMOBRANSKE INSTALACIJE



4.1. Temeljni pojmovi i definicije

Zemlja - izraz pod kojim razumijevamo, primjerice, spoj sa zemljom.

Tlo - izraz za vrstu tla kao tvar.

Referentna zemlja - područje zemljišta, a naročito njegova površina koja je od uzemljivača toliko udaljena da između bilo kojih točaka toga područja ne postoji potencijalne razlike.

Uzemljivači su vodljivi predmeti položeni u zemlju koji su sa zemljom u vodljivoj vezi (cijev, traka, ploča, itd.).

Zemljovod (dozemni vod) - vod koji spaja uzemljeni dio postrojenja s uzemljivačem bez obzira je li položen nad zemljom ili izoliran u tlu.

Postrojenje za uzemljenje je skup međusobno vodljivo vezanih uzemljivača s njihovim dozemnim vodovima i sabirnim dozemnim vodovima.

Uzemljiti znači povezati neku točku pogonskog strujnog kruga ili vodljivog dijela koji ne pripada pogonskom krugu sa zemljom posredstvom uređaja za uzemljenje.

Specifični otpor tla ρ_A - električni otpor kocke tla duljine brida 1 m između dvije suprotne stranice ($\Omega\text{m}^2/\text{m} = \Omega\text{m}$).

Otpor rasprostiranja uzemljivača R'_A - otpor tla između uzemljivača i referentne zemlje. R'_A je praktički djelatan otpor.

Otpor rasprostiranja može biti stacionarni, udarni i valni.
Udarni i valni otpor interesantni su kod prenaponske zaštite.

Otpor uzemljenja – zbroj otpora rasprostiranja uzemljivača i otpora zemljovoda.

Ukupni otpor uzemljenja - otpor uzemljenja koji se može izmjeriti na jednom mjestu uzimajući u obzir zajedničko djelovanje svih uzemljenja.

Pogonsko uzemljenje - uzemljenje aktivnih dijelova i uzemljenja nulvodiča.

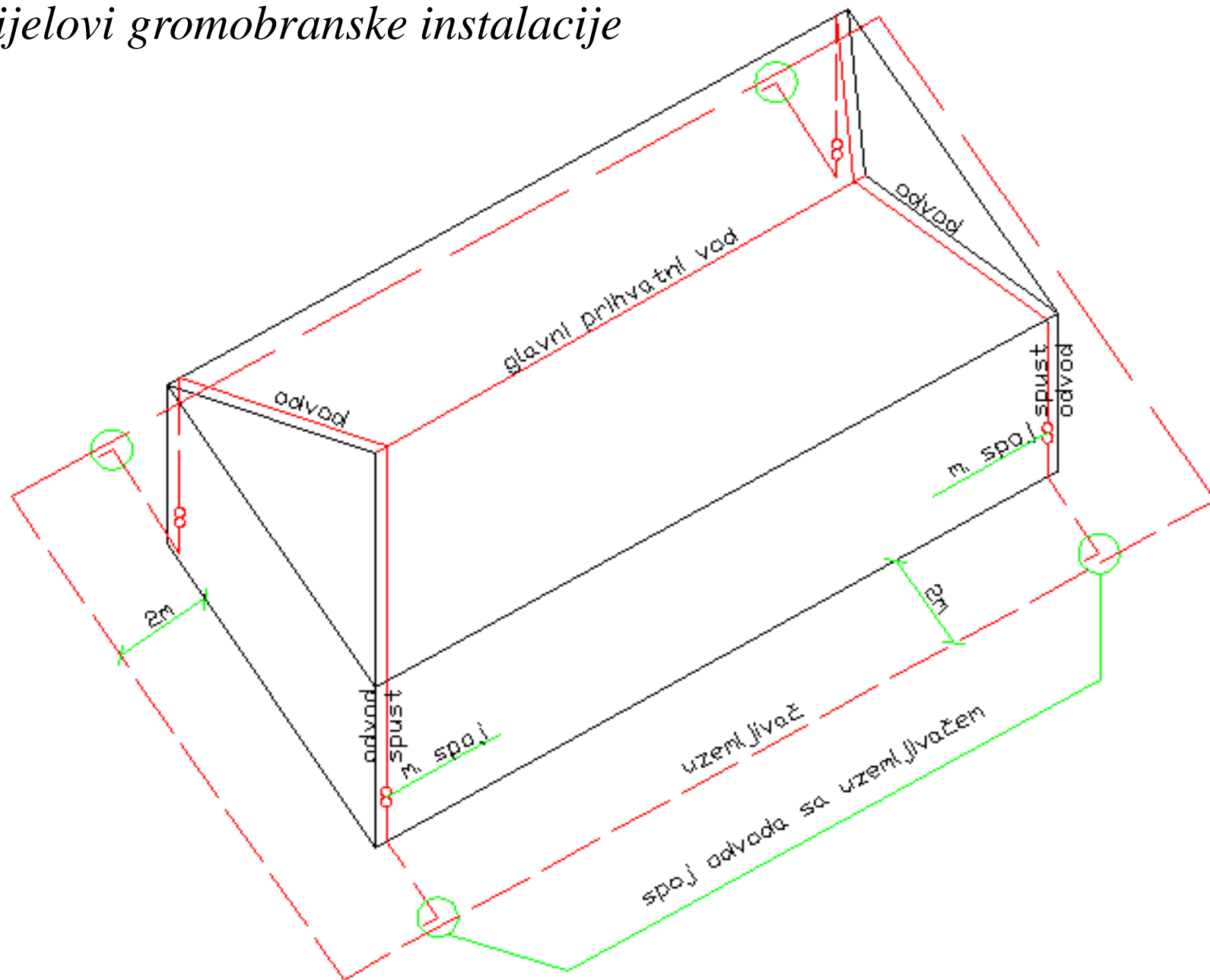
Zaštitno uzemljenje - neposredan spoj kućišta s uzemljivačima ili uzemljenim dijelovima, kako bi se postiglo iskapčanje prilikom kvara na izolaciji posredstvom prekostrujnih zaštitnih organa.

Dijelovi gromobranske instalacije:

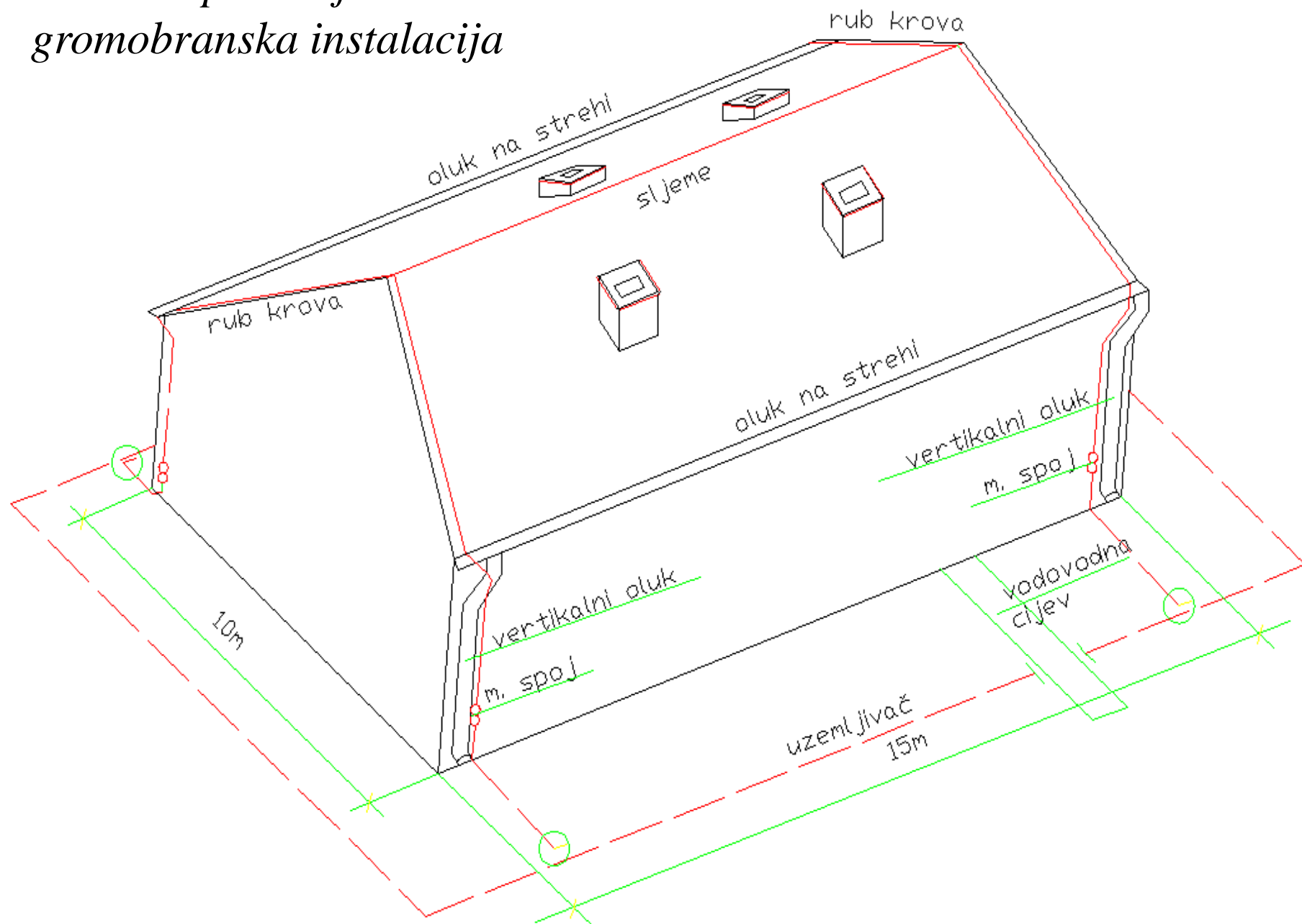
- glavni prihvatni vod- nalazi se na krovu zgrade, odnosno na sljemenu i zubatima i služi za prihvatanje direktnog udara munje
- odvodi - spojevi između glavnog prihvatnog voda i uzemljivača koji idu rubom krova i okomito se spuštaju niz zid
- pomoćni vodovi- povezuju sve metalne dijelove na krovu i duže dijelove zgrade s glavnim prihvatnim vodom ili odvodima

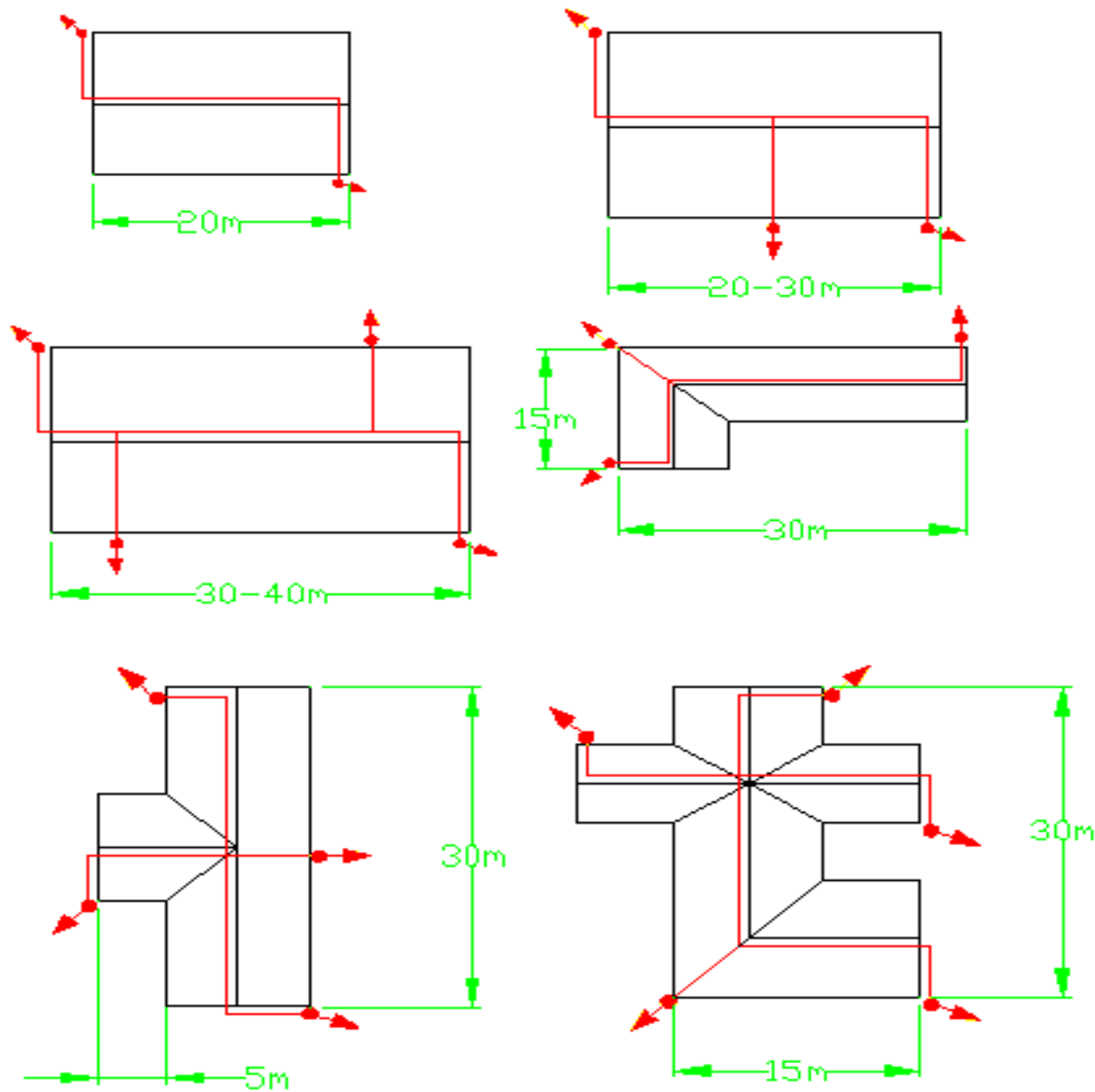
- uzemljivač - postavlja se oko zgrade na dubini oko 80 cm i razmaku od zgrade 2 m koji povezuju cijevi za uzemljenje
 - Trakasti – metalne trake u zemlji, traka najčešće od pocinčanog čelika, a rjeđe i od bakra
 - Štapni - metalna šipka ili cijev okomito ukopana u zemlju
 - Temeljni - metalni vodiči postavljeni u temelje objekta i preko velike površine betona dolaze u kontakt sa okolnom zemljom
- mjerni spoj - spoj za odvajanje instalacije na krovu od uzemljivača zbog određivanja otpora uzemljenja i provjere instalacije

Dijelovi gromobranske instalacije



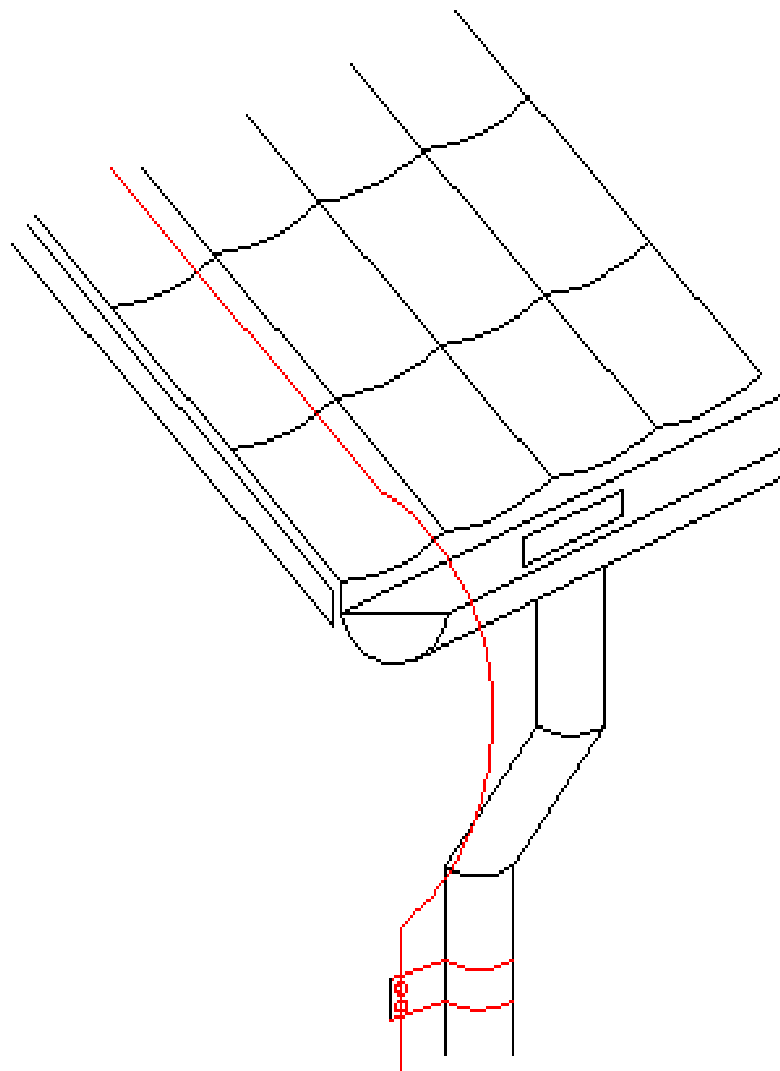
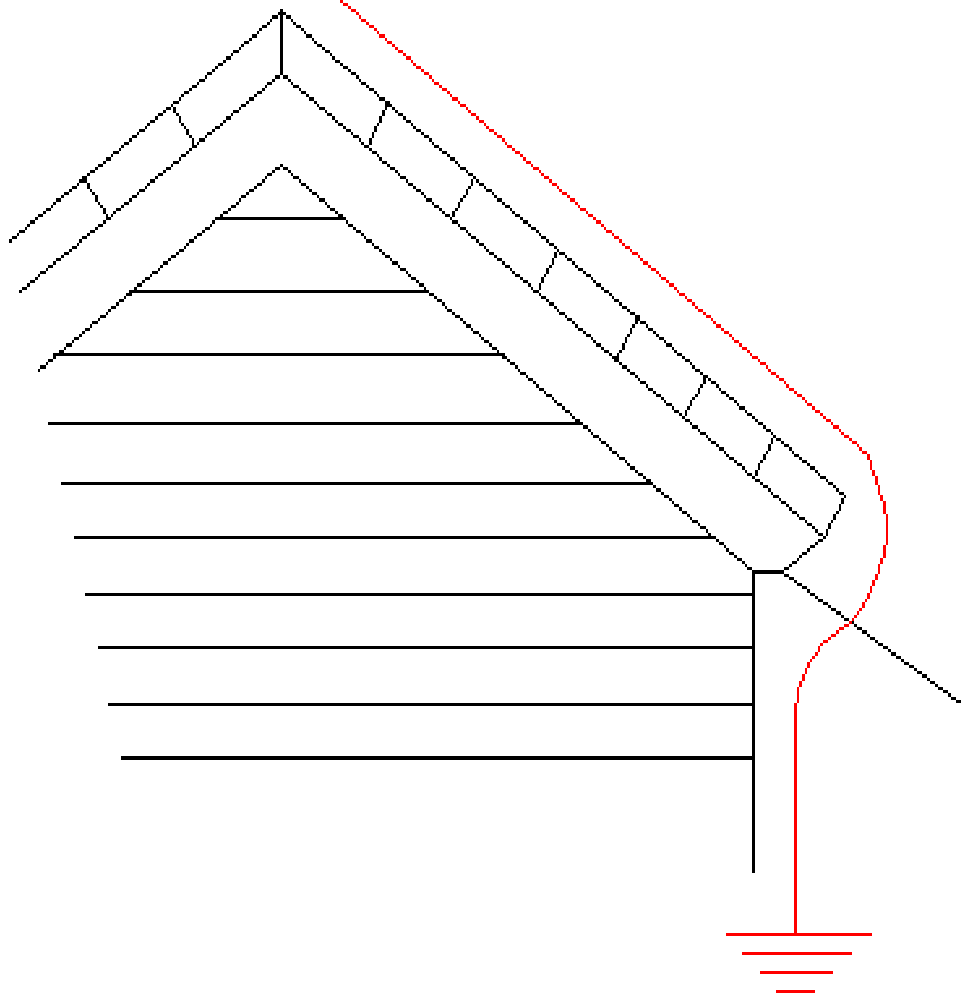
Pravilno postavljena gromobranska instalacija





*Ovisnost broja
odvoda o izvedbi
krova*

*Prijelaz odvoda s krova preko vodoravnog i okomitog oluka
na okomiti odvod prema uzemljivaču (maksimalni R
zakrivljenosti odvoda smije biti 200 mm)*



Izjednačenje potencijala je odstranjivanje razlike potencijala.

$$R'_A = \rho_A k \quad [1]$$

Gdje je:

R'_A - otpor rasprostiranja

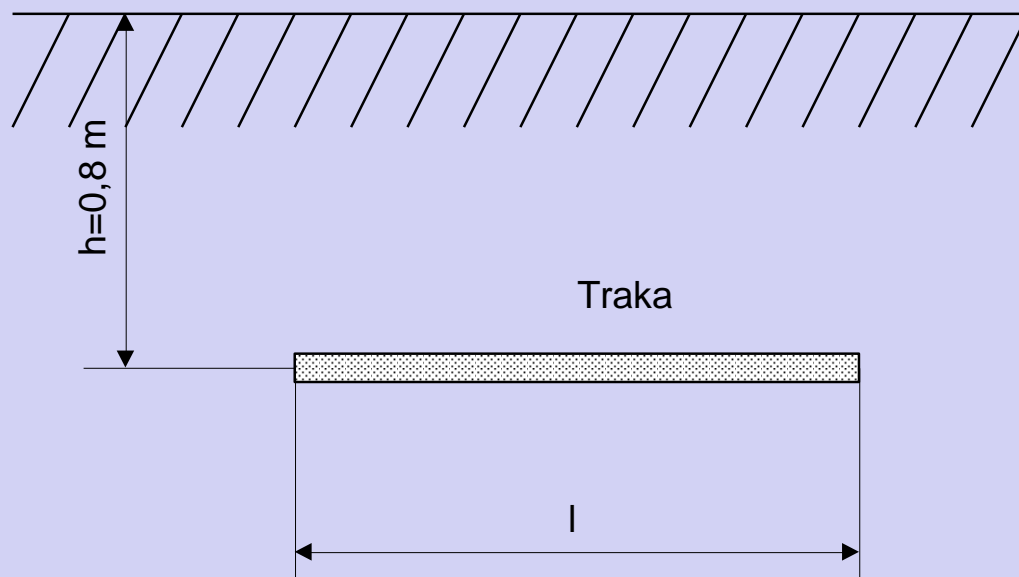
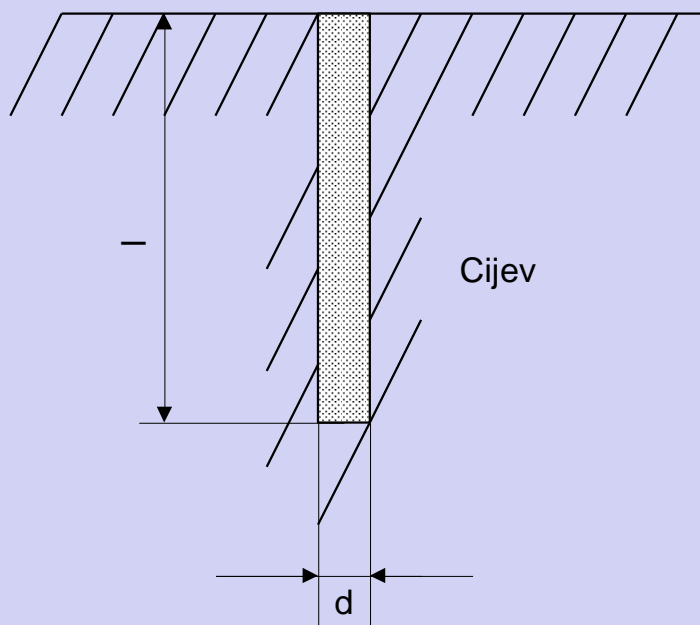
ρ_A - specifični otpor tla u Ωm

k - faktor ovisan o veličini i obliku uzemljivača.

Za cijev:
$$k = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d} \quad [2]$$

Za traku:
$$k = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{h \cdot d} \quad [\text{po Loblu}] \quad [3]$$

Načini ugradnje cijevnog i trakastog uzemljivača



d - promjer ili nadomjesni promjer u metrima

ρ - specifični otpor tla u Ωm

l - duljina trake

h - dubina ukapanja trake

Ako su uzemljivači međusobno položeni na udaljenosti manjoj od 20 m, potrebno ih je združiti, odnosno spojiti.

Kvaliteta uzemljivača (što niža otpornost) ovisi o dva čimbenika:

- načinu ugradnje
- vrsti tla

Načini ugradnje uzemljivača

1. Ukopani prstenasti uzemljivač

Elektrodu treba ukopati oko oboda iskopa napravljenog za temelje. Goli vodič mora biti u bliskom kontaktu s tlom (ne u šljunku ili podlozi za beton).

Uzemljivač s instalacijom treba spojiti pomoću najmanje 4 (široko razmaknuta) okomita vodiča. Sve armaturene šipke u betonskim elementima trebaju biti spojene na uzemljivač.

Uzemljivač koji se polaže u iskop za temelje, mora biti u zemlji najmanje 50 cm ispod tvrde jezgre ili podloge za betonski temelj. Ni uzemljivač ni vertikalni vodiči ne smiju biti u kontaktu s temeljnim betonom.

Vertikalne ploče, šipke za uzemljenje

Za **postojeće zgrade**, uzemljivač treba biti ukopan oko vanjskog zida do dubine od najmanje 1 metar. Svi okomiti spojevi od uzemljivača do nadzemne razine trebaju biti izolirani za nazivni NN napon (600-1000 V).

Vodiči mogu biti:

- Od bakra: goli kabel ($\geq 25 \text{ mm}^2$) ili višestruki ($\geq 25 \text{ mm}^2$ i $\geq 2 \text{ mm}$ debljine)
- Od Aluminijsa s olovnom omotačem: kabel ($\geq 35 \text{ mm}^2$)
- Kabel od pocinčanog čelika: goli kabel ($\geq 95 \text{ mm}^2$) ili višezilni ($\geq 100 \text{ mm}^2$ i $\geq 3 \text{ mm}$ debljine).

Približni otpor elektrode R u ohmima (Ω):

$$R = \frac{2\rho}{L}$$

Gdje je:

L - Duljina vodiča u metrima (m)

ρ - otpornost tla u ohm-metrima (Ωm)

2. Štapni uzemljivači (šipke)

Štapni uzemljivači koriste se za postojeće zgrade te za poboljšanje (tj. smanjenje otpora) postojećih uzemljivača.

Štapovi mogu biti:

- Bakar ili čelik obložen bakrom, dužine 1 ili 2 metra s navojima i utičnicama kako bi se, ako je potrebno, dosegnule znatne dubine (na primjer, razina vode u područjima visoke otpornosti tla)
- Pocinčana čelična cijev promjera ≥ 25 mm ili šipka promjera ≥ 15 mm, duljine ≥ 2 metra.

2. Štapni uzemljivači (šipke)

Kada se ugrađuje više od jedne šipke, razmak između njih bi trebao biti veći od dubine na koju se šipke zabijaju, i to 2 do 3 puta.

Ukupni otpor (u homogenom tlu) se dobije tako da se otpor jedne šipke podijeli s brojem postojećih šipki.

Približni otpor R , uz uvjet da je razmak između šipki $> 4 L$, je:

Gdje je:

L – Duljina vodiča u metrima (m)

ρ - otpornost tla u ohm-metrima (Ωm)

n – broj ugrađenih šipki

$$R = \frac{1}{n} \frac{\rho}{L}$$

3. Vertikalne ploče

Pravokutne ploče, čija svaka strana mora biti $\geq 0,5$ m, služe kao uzemljivači ukopani okomito, tako da je središte ploče najmanje 1 metar ispod površine tla.

Ploče mogu biti:

- Od bakra debljine 2 mm
- Od pocinčanog čelika debljine 3 mm

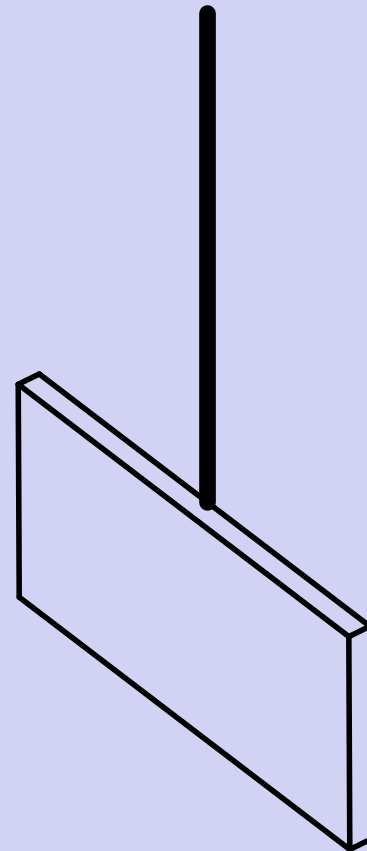
Otpor R u omima (Ω) približno iznosi:

Gdje je:

L – opseg ploče u metrima (m)

ρ - otpornost tla u ohm-metrima (Ωm)

$$R = \frac{0,8 \rho}{L}$$



Bakar debljine 2 mm

Utjecaj vrste tla

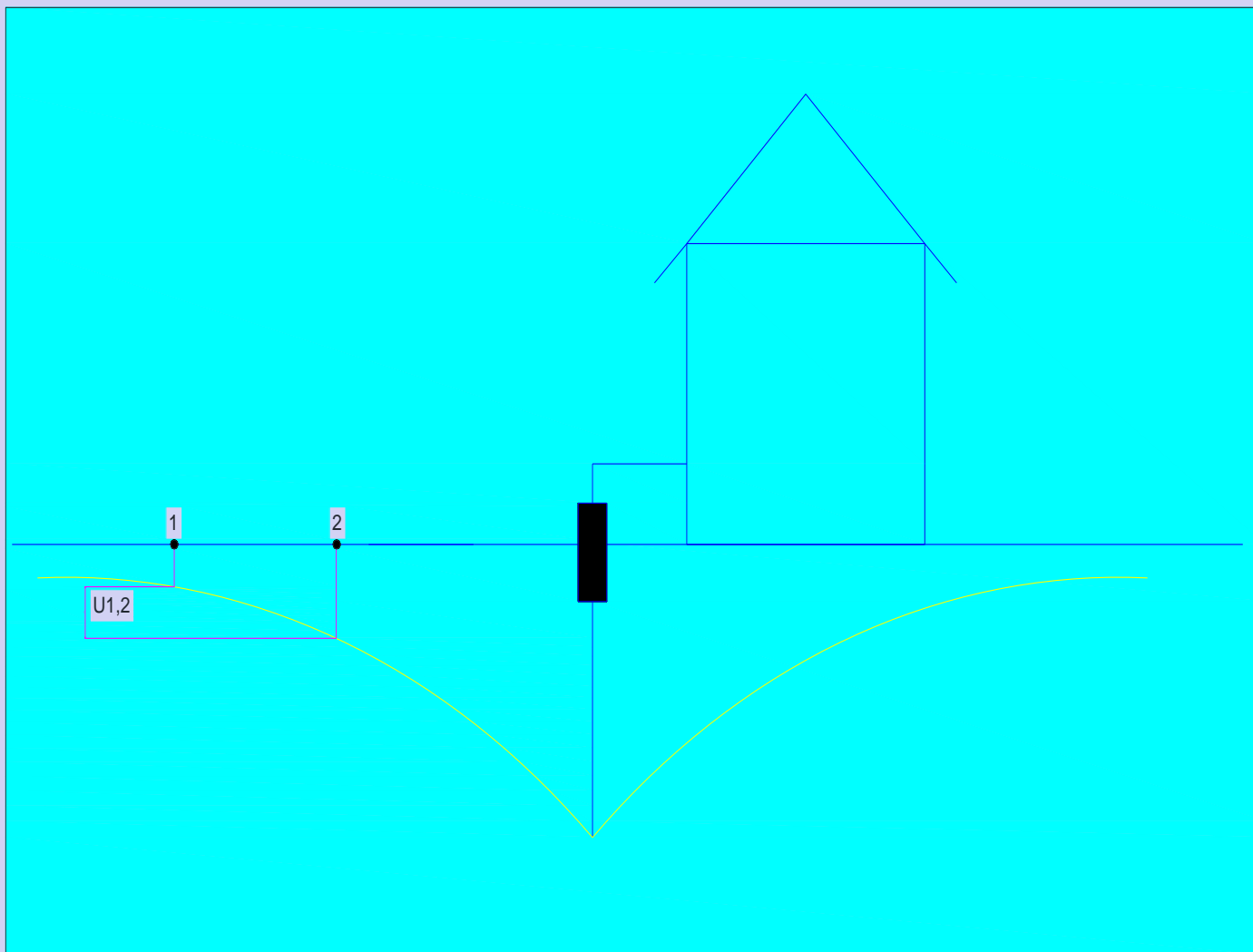
| Vrsta tla | Srednja vrijednost otpornosti, Ω m |
|--------------------------------------|---|
| Močvarno tlo, močvare | 1 - 30 |
| Mulj aluvij | 20 - 100 |
| Humus, plijesan lišća | 10 - 150 |
| Treset, travnjak | 5 - 100 |
| Meka glina | 50 |
| Lapor i tvrda glina | 100 - 200 |
| Jurski lapor | 30 - 40 |
| Glineni pijesak | 50 - 500 |
| Silikatni pijesak | 200 - 300 |
| Kameno tlo | 1500 - 3000 |
| Travom prekriveno kamenito podzemlje | 300 - 500 |
| Kredasto tlo | 100 - 300 |
| Vapnenac | 1000 - 5000 |
| Ispucani vapnenac | 500 - 1000 |
| Škriljevac, škriljac | 50 - 300 |
| Liskun škriljac | 800 |
| Granit i pješčenjak | 1500 - 10000 |
| Modificirani granit i pješčenjak | 100 - 600 |

| Vrsta tla | Prosječna vrijednost otpornosti, Ωm |
|--|--|
| Plodno tlo, zbijena vlažna ispuna | 50 |
| Suho tlo, šljunak, nezbijena neujednačena ispuna | 500 |
| Kamenito tlo, goli, suhi pijesak, raspucane stijene | 3000 |

Vrijednosti specifičnog otpora tla ρ_A pri izmjeničnim strujama industrijske frekvencije.

| Vrsta tla | Specifični otpor ρ_A u Ωm |
|------------------------|---|
| Močvarno tlo | 5 do 40 |
| Ilovača, glina, crnica | 20 do 200 |
| Pijesak | 200 do 2500 |
| Šljunak | 2000 do 3000 |
| Kamen | 2000 do 3000 |
| Morska voda | 0,3 |

Rasprostiranje struje u zemlju kroz uzemljivač



5. TROŠILA I POTROŠAČKA POSTROJENJA

Trošilo je pogonsko sredstvo koje pretvara električnu energiju u drugu neelektričnu energiju.

Podjela trošila niskog napona prema električnim karakteristikama:

Prema nazivnom naponu trošila

Prema vrsti struje - izmjenična
 - istosmjerna

■ Prema broju faza - jednofazna
 - trofazna

■ Prema frekvenciji

■ Prema struji pokretanja

■ Prema priključnoj snazi

- velike snage (preko 1000 W)
- srednje snage (100 - 1000 W)
- male snage (ispod 100 W).

Podjela trošila u potrošačkim postrojenjima:

a) Prema vrsti energije u koju se pretvara električna energija:

- rasvjetna
- termička
- motorna
- ostala.

b) Prema potrošačkim postrojenjima u kojem se nalazi trošilo:

- kućanstvo
- industrija
- javna rasvjeta
- poljoprivreda

c) Prema pokretnosti:

- stalna
- pokretna

Podjela trošila u potrošačkim postrojenjima (2):

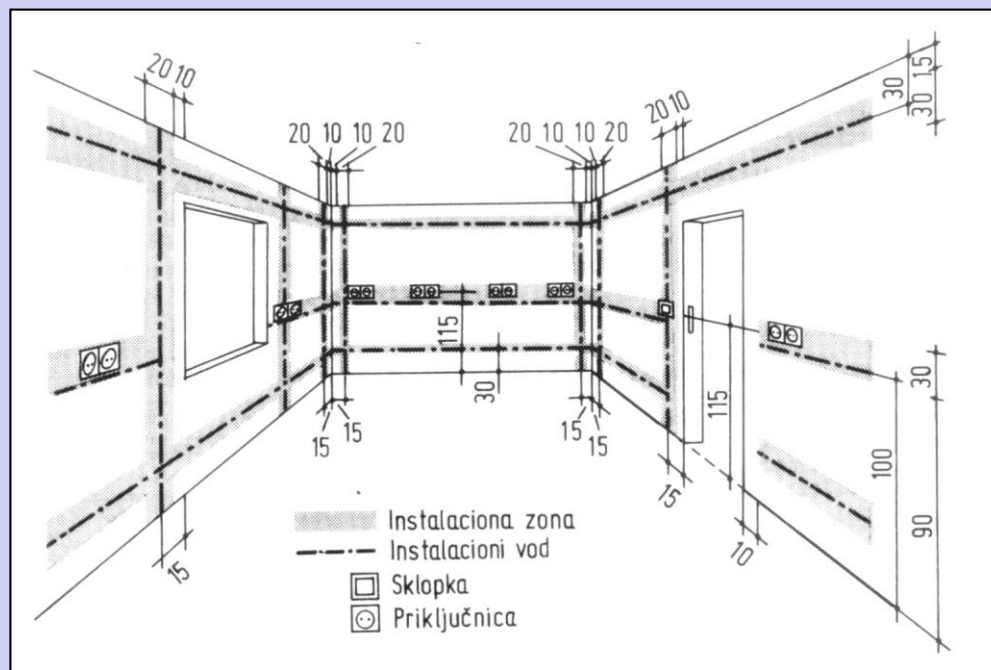
d) Vrste pogona:

- trajan pogon – pogon traje tako dugo dok se ne dostigne najviša dopuštena temperatura
- isprekidani pogon – uklapanje i isklapanje je u pauzama koje nisu dovoljne da se trošilo ohladi do temperature okoline
- kratkotrajan pogon – pogonsko vrijeme je tako kratko, a pauza tako duga da se nakon svakog ciklusa trošilo ohladi na temperaturu okoline.

5.1. Potrošačka postrojenja niskog napona

Potrošač - fizička ili pravna osoba, odnosno korisnik električne energije.

Potrošačko postrojenje - skup pogonskih sredstava u vlasništvu ili nadležnosti jednog potrošača (primjerice, instalacija u stanu).



Karakteristike NN potrošačkog postrojenja:

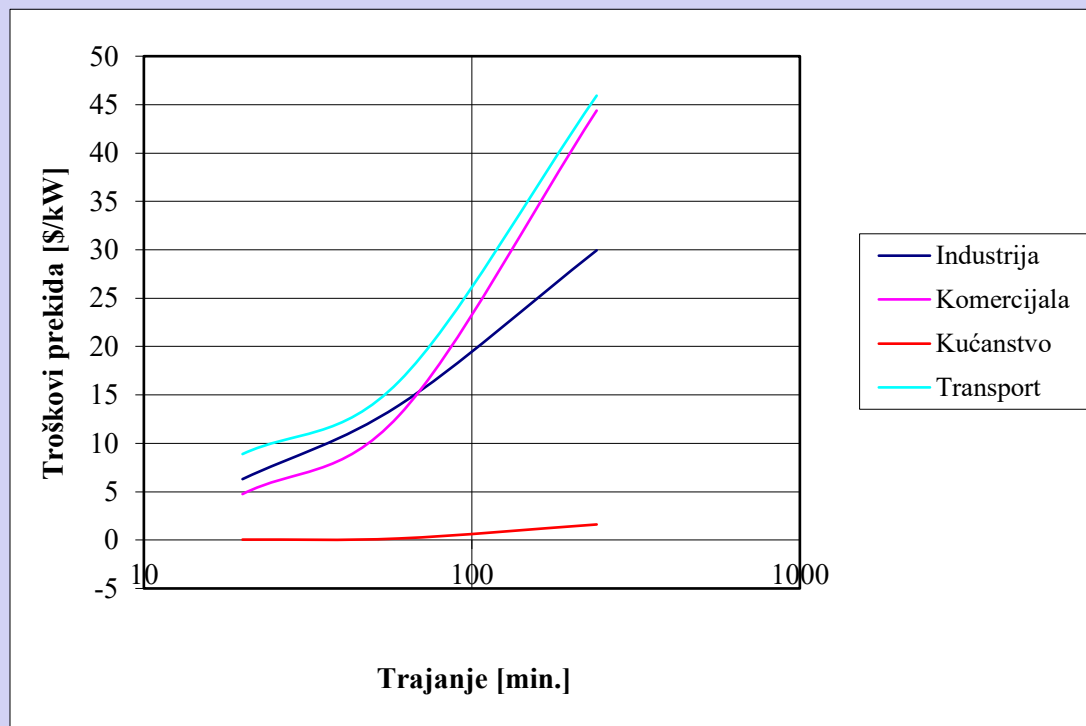
- Nazivni priključni napon
- Broj faza
- Najveća potrebna snaga ili vršno opterećenje
- Instalirana snaga
- Potrebna električna energija
- Trajanje upotrebe instalirane snage ili vršnog opterećenja
- Vrsta pogona, sezonske oscilacije, krivulja opterećenja
- Osjetljivost na prekid opskrbe električnom energijom
- Perspektivne promjene vršnog opterećenja, potrebne energije i ostalih karakteristika.

Dobavljač električne energije mora osigurati potrošaču opskrbu električnom energijom odgovarajuće kvalitete, uvažavajući karakteristike potrošačkog postrojenja. Pri tome dobavljač može postaviti neke uvjete putem elektroenergetske suglasnosti.

Pod kvalitetom električne energije podrazumijeva se (EN50160):

- Pouzdanost dobave;
- Dozvoljena odstupanja frekvencije;
- Dozvoljena odstupanja od nazivnog napona;
- Dozvoljena odstupanja od sinusoidalnog napona;
- Dozvoljena odstupanja od simetrije tri fazna napona.

Visina štete od prekida u napajanju električnom energijom može ovisiti o broju neisporučenih kWh, izgubljenih kW, učestalosti ispada, trajanju ispada, te vrsti potrošačkog postrojenja.



Troškovi prekida u SAD-u za 1996. godinu po vrstama potrošača.

Prema Europskom vijeću za regulaciju električne energije (CEER) temeljna obilježja kontinuirane isporuke električne energije su:

Tip prekida: planski ili neplanski;

Trajanje svakog prekida: kratkotrajni ili dugi.

(Prema Europskom standardu EN 50160 koji definira da su kratkotrajni prekidi svi oni koji ne traju dulje od 3 minute, a svi ostali su dugotrajni);

Naponska razina za vrijeme zastoja: nizak/srednji/visoki napon;

Pokazatelj pouzdanosti: broj ili trajanje zastoja.

5.2. Dijagram opterećenja

Konzumna područja zahtijevaju električnu snagu koja se mijenja tijekom dana, tjedna, mjeseca, sezone i godine.

Iskorištenost instaliranih postrojenja pokazuje faktor opterećenja m .

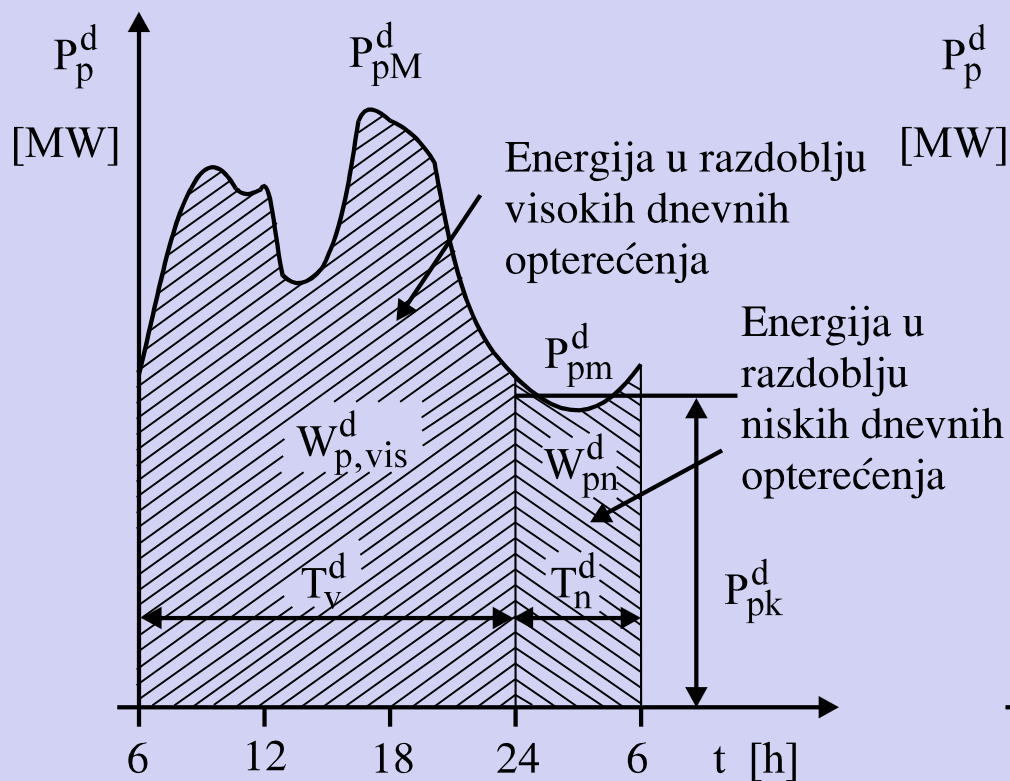
$$m = \frac{W_d}{24 \cdot P_V} \quad [4]$$

gdje je:

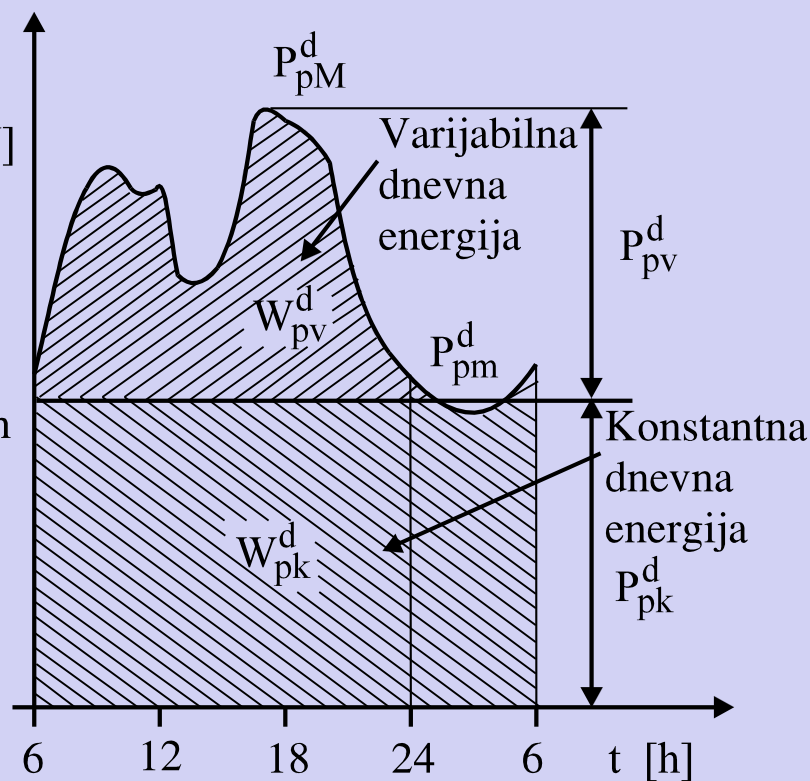
W_d - ukupno potrošena električna energija tijekom dana;

P_V - vršno opterećenje.

Dnevni dijagram opterećenja



a.

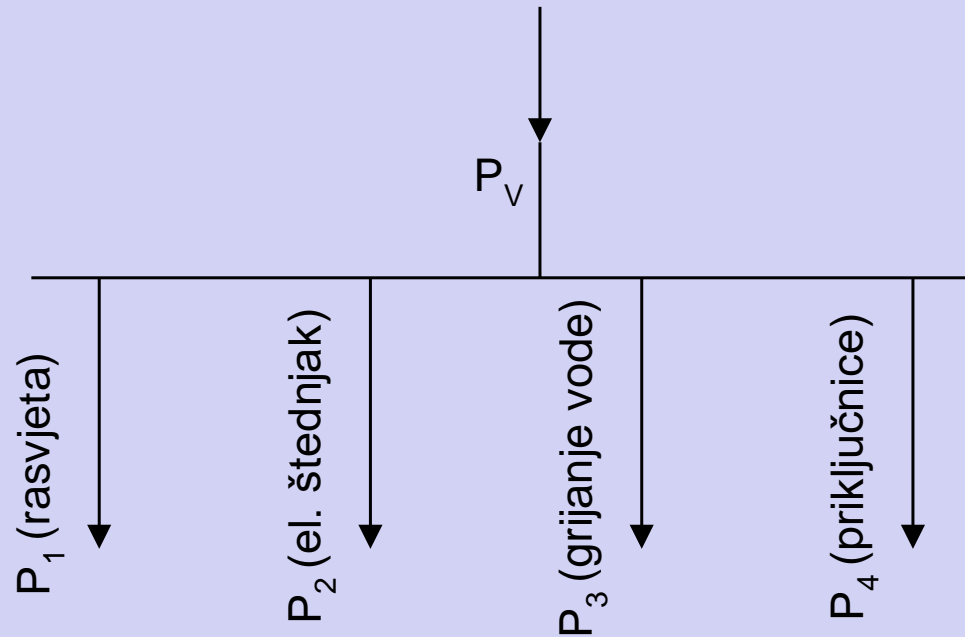


b.

5.3. Faktor potražnje i istodobnosti

Faktor potražnje f_p određuje se za jedno potrošačko postrojenje ili grupu trošila.

Slika prikazuje principijelnu spojnu shemu električne instalacije stana.



Sva trošila u domaćinstvu nisu nikada istovremeno priključena pa se može pisati:

$$P_V < P_i \quad [6]$$

Odnosno uvođenjem faktora potražnje:

$$f_p = \frac{P_V}{P_i}$$

gdje su:

[7]

P_i - instalirana snaga odnosno suma nazivnih snaga svih pojedinih trošila potrošačkog postrojenja;

P_V - vršno opterećenje, odnosno najveća snaga koja se pojavljuje u određenom vremenskom razdoblju, npr. tijekom godine na mjestu napajanja potrošačkog postrojenja i prema tomu mora biti stalno na raspolaganju.

Vrijednosti faktora potražnje

| Namjena | f |
|----------------------------|----------|
| Škole, radionice, trgovine | 1,0 |
| Mali stanovi | 0,9 |
| Veći stanovi | 0,8 |
| Veliki stanovi | 0,7 |
| Uredi | 0,6 |
| Motorni pogoni | 0,6...1 |

5.4. Faktor istodobnosti

U konzumnom području koje se sastoji od grupe potrošačkih postrojenja (stanova) algebarska suma pojedinih vršnih opterećenja potrošačkih postrojenja P_{V1} , P_{V2} , P_{Vi} veća je od vršnog opterećenja grupe potrošačkih postrojenja P_{Vn} zato što svako domaćinstvo živi svojim ritmom.

$$f_i = \frac{P_{Vn}}{P_{V1} + P_{V2} + P_{V3} + \dots + P_{Vi}} \quad [8]$$

5.5. Modeliranje potražnje potrošačkog postrojenja

Modeliranje tarifom.

Ograničenje snage je zapravo maksimiranje vršnog opterećenja.

Metode za provođenje ograničenja snage provode se uporabom:

- Rastalnih osigurača
- Instalacijskih automatskih prekidača
- Tarifnih prekidača
- Tarifnih prekidača i strujne zaštitne sklopke u obliku jednog aparata
- Ograničavanje programiranjem

6. VODOVI I MREŽE NISKO NAPONA

Tehničkim propisima određeni standardni presjeci i najmanji dopušteni presjeci - osigurava se osnovna kvaliteta voda.

Standardni presjeci vodiča i njihov otpor pri istosmjernoj struji u Ω/km u zavisnosti o temperaturi.

| Standardni presjek vodiča mm^2 | Električni otpor vodiča u Ω/km | | |
|--|---|-------|-------|
| | 20°C | 40°C | 60°C |
| 1,5 | 11,9 | 12,81 | 13,72 |
| 2,5 | 7,14 | 7,69 | 8,23 |
| 4 | 4,46 | 4,8 | 5,14 |
| 6 | 2,98 | 3,2 | 3,43 |
| 10 | 1,786 | 1,92 | 2,06 |
| 16 | 1,116 | 1,201 | 1,286 |

Trajno strujno opterećenje PVC-instalacijskih vodova pri temperaturama okoline do 25°C:

| Presjek vodiča <i>Conductor Cross-section</i> mm ² | Grupa 1 / <i>Group 1</i> | | Grupa 2 / <i>Group 2</i> | | Grupa 3 / <i>Group 3</i> | |
|---|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|
| | Cu | Al | Cu | Al | Cu | Al |
| | A | A | A | A | A | A |
| 0,5 | - | - | 6 | - | 7 | - |
| 0,75 | - | - | 13 | - | 16 | - |
| 1,0 | 12 | - | 16 | - | 20 | - |
| 1,5 | 16 | - | 20 | - | 25 | - |
| 2,5 | 21 | 16 | 27 | 21 | 34 | 27 |
| 4 | 27 | 21 | 36 | 29 | 45 | 35 |
| 6 | 35 | 27 | 47 | 37 | 57 | 45 |
| 10 | 48 | 38 | 65 | 51 | 78 | 61 |
| 16 | 65 | 51 | 87 | 68 | 104 | 82 |
| 25 | 88 | 69 | 115 | 90 | 137 | 107 |
| 35 | 110 | 86 | 143 | 112 | 168 | 132 |
| 50 | 140 | 110 | 178 | 140 | 210 | 165 |
| 70 | 175 | - | 220 | 173 | 260 | 205 |
| 95 | 210 | - | 265 | 210 | 310 | 245 |
| 120 | 250 | - | 310 | 245 | 365 | 285 |
| 150 | - | - | 355 | 280 | 415 | 330 |
| 185 | - | - | 405 | 320 | 475 | 375 |
| 240 | - | - | 480 | 380 | 560 | 440 |
| 300 | - | - | 555 | 435 | 645 | 510 |
| 400 | - | - | - | - | 770 | 605 |
| 500 | - | - | - | - | 880 | 690 |

Grupa 1. Vodovi položeni u cijevi, uključivši i zaštitne vodiče,
npr. P, P/F...

Grupa 2. Instalacijski vodovi koji nisu položeni u cijevima npr.
PP, PP/R...

Grupa 3. Jednožilni vodovi položeni slobodno u zraku na međusobnom
razmaku jednakom najmanje njihovom promjeru.
Jednožilni spojni vodovi u razvodnim ormarima.

Najveće nazivne struje zaštitnih organa kojima se osiguravaju pojedine vrste i presjeci vodiča za elektroenergetske instalacije (temperatura okoline $\vartheta \leq 30^{\circ}C$).

| Presjek vodiča Cu | Nazivna struja zaštitnog organa | | |
|-------------------|---------------------------------|----------|-----------|
| mm ² | A | | |
| | Grupa I | Grupa II | Grupa III |
| 0,75 | - | 6 | 10 |
| 1 | 6 | 10 | 10 |
| 1,5 | 10 | 10 | 20 |
| 2,5 | 16 | 20 | 25 |
| 4 | 20 | 25 | 35 |
| 6 | 25 | 35 | 50 |
| 10 | 35 | 50 | 63 |
| 16 | 50 | 63 | 80 |
| 25 | 63 | 80 | 100 |

6.1. Pad napona i gubitak snage

Dopušteni pad napona - 3% od uvida do posljednjeg trošila.

Za jednofaznu izmjeničnu struju vrijedi:

$$u = \frac{200 \cdot l \cdot P}{\kappa \cdot A \cdot U^2} \% \quad [9]$$

Za trofaznu izmjeničnu struju vrijedi:

$$u = \frac{100 \cdot l \cdot P}{\kappa \cdot A \cdot U^2} \% \quad [10]$$

Kritična duljina vođenja nakon koje će vod biti opterećen ispod strujne opterećenosti:

$$l_{kr} = \frac{u \cdot A \cdot \kappa \cdot U^2}{100 \cdot P} \text{ m} \quad [11]$$

Gubitak snage - prvenstveno ekonomska (gospodarska) veličina.
Pokazuje koliki se dio proizvedene električne energije gubi u vodičima.

Gubitak snage u vodičima za jednofaznu izmjeničnu struju:

$$p = \frac{200 \cdot P \cdot l}{\kappa \cdot A \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \% \quad [12]$$

κ – vodljivost s obzirom na vrstu materijala vodiča

Gubitak snage u vodičima za trofaznu izmjeničnu struju:

$$p = \frac{100 \cdot P \cdot l}{\kappa \cdot A \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \% \quad [13]$$