

Zdravko Pamić, dipl.ing.el.  
Konzultant  
[zdravko.pamic@gmail.com](mailto:zdravko.pamic@gmail.com)

## BRTVLJENJE BAKRENE UŽADI ZA UZEMLJENJE

### SAŽETAK

Bakrena (Cu) užad za uzemljenje namijenjena je za uzemljenje sustava distribucije električne energije u elektroenergetskim mrežama.

Kod ulaza kabela u elektroenergetske objekte ili unutar njih, jednako kao i kod ulaza Cu užadi za uzemljenje, potrebno je ugraditi odgovarajući brtveći sustav radi njihove zaštite od povremenog ili konstantnog pritiska vode. Time se sprečavaju oštećenja cjelokupne ugrađene elektroenergetske opreme u tom objektu. Uslijed poplave ili pojave vlage, posebno njezinog konstantnog pritiska na sve te elemente koji ulaze kroz temelje objekata, modularni brtveći sustavi pokazali su se najefikasnijim također i kod brtvljenja Cu užadi za uzemljenje.

**Ključne riječi:** Cu uže za uzemljenje, modularni brtveći sustav

## SEALING COPPER GROUNDING ROPES

### SUMMARY

Copper Cu grounding rope is intended for grounding the electricity distribution system in power grids.

At cable entering, as well as Cu grounding rope, into power facilities or inside them, it is necessary to install an appropriate sealing system to protect them against intermittent or constant water pressure. This prevents damage to the entire installed power equipment in power plant. Due to flooding or the appearance of moisture itself, especially its constant pressure on all those elements that enter through the foundations of buildings, modular sealing systems had proven to be the most effective in sealing Cu grounding rope too.

**Key words:** Cu grounding rope, modular sealing system

## 1. UVOD

Sve veća primjena električne energije uvjetuje intenzivnu izgradnju proizvodnih, prijenosnih i distributivnih električnih postrojenja, mreža i instalacija svih naponskih razina uz odgovarajuću pouzdanost i sigurnost pogona te kvalitetnu i sigurnu zaštitu ljudi i električnih uređaja [1]. To ima za posljedicu korištenje pouzdanih uzemljivača i sustava uzemljenja koji se koristi za uzemljenje energetskih podzemnih i nadzemnih kabela, industrijskih objekata, postrojenja, i stambenih objekata i dr.

Kod ulaza kabela, i/ili Cu užad i/ili Cu trake za uzemljenje u elektroenergetske objekte, ili unutar njih, potrebno je ugraditi odgovarajući brtveći sustav radi zaštite od povremenog ili konstantnog pritiska vode. Time se sprečavaju oštećenja cjelokupne ugrađene elektroenergetske opreme u tom objektu a uslijed moguće poplave ili pojave vlage.

Osnovna funkcija ovih sustava je potpuna i trajna zaštita objekata u koje se ugrađuju, čime se postiže brtvljenje i zaštita od vode, vatre, plina, prašine, prljavštine, ulaska sitnih glodavaca i drugih nepoželjnih stvari u objektima koji se ovim sustavima štite. To je nadasve tehnološki razvijeno i prilagodljivo rješenje s konceptom kojim se prati razvoj situacije na terenu i omogućava naknadnu zamjenu, ili dodavanje, kabela uz minimalne napore i troškove. Od ovih sustava zahtijeva se i da su jednostavni za montažu i funkcionalni u svim prilikama brtvljenja. Kvalitetno, pouzdano, sigurno i trajno brtvljenje kabela, i/ili Cu užad i/ili Cu trake za uzemljenje u tim objektima postiže se odabirom jednog od brtvećih sustava, ili kombinacijom više njih, a već dulje se sve više koriste i za ove slučajeve modularni brtveći sustavi. Njihova instalacija je jednostavna, prvenstveno zbog uklonjivih listića prilagodljivih svakoj debljini kabela položenih pod zemljom i u vodi. Cjelokupan sustav je ključni element sigurnosti u mnogim projektima i primjenama. Ovakvi sustavi pojednostavljuju projektiranje i instalaciju te omogućavaju dodatne kapacitete širenja ugradnjom novih modula. Kada je potrebno, jednostavno se otvara cijeli sklop te se ugradi nova brtva u prazan prostor, čime se štedi na vremenu, radu i troškovima održavanja te postiže ekonomičnost od početka do kraja projekta.

## 2. UZEMLJENJE I VRSTE UZEMLJIVAČA

Pod uzemljenjem podrazumijeva se galvanski spoj između metalnog dijela električnog uređaja, postrojenja ili neke točke mreže, pomoću uzemljivača, a koja u slučaju kvara može doći pod napon i zemlje.

Uzemljivači su metalni dijelovi ukopani u zemlju radi ostvarivanja galvanskog spoja uzemljenog dijela sa zemljom.

Uzemljenje se izvodi iz slijedećih razloga:

- a) da osigura sigurnost živih bića, u prvom redu ljudi, za vrijeme normalnog i/ili poremećenog stanja električnog sustava,
- b) da osigura ispravan rad električnih uređaja, postrojenja, mreža i instalacija,
- c) da stabilizira napon za vrijeme prijelaznog stanja uzrokovanog kvarom i da svede na najmanju moguću mjeru posljedice za vrijeme takvog stanja,
- d) da zajamči sigurnost ljudi s obzirom na napone koji se u uzemljivačkim sustavima javljaju pri najvećim strujama zemljospoja.

Uzemljenje se izvodi sustavom vodiča koji moraju svojim dimenzijama i oblikom, skupa sa slojevima okolišnog tla, spriječiti sve štetne posljedice koje nastaju pri poremećaju sustava i stvaranja napona opasnog po čovjeka. U tu svrhu najčešće se koriste Cu užad i FeZn trake raznih dimenzija. Vodoravno ukopani uzemljivači vodiči su koji se obično polažu u dubinu zemlje od 0,5 do 1 m. U našoj praksi za takve uzemljivače najviše se upotrebljavaju pocinčane čelične trake, pa se takvi uzemljivači nazivaju i trakasti uzemljivači. Najmanji im je presjek  $100 \text{ mm}^2$ , a najmanja debljina 3,5 mm. Rjeđe se upotrebljavaju bakrene trake najmanjeg presjeka  $50 \text{ mm}^2$  i najmanje debljine 2 mm, ili bakreno užeta i najmanjeg presjeka  $35 \text{ mm}^2$ . U novije vrijeme sve se više upotrebljavaju uzemljivači od bakrenog užeta i šipki, posebno u agresivnom tlu i pri uzemljenju elektroenergetskih postrojenja s velikom strujom zemljospoja.

Osim navedenih, u elektroenergetskim objektima koriste se još i štapni uzemljivači koji su okomito ukopani u zemlju, obično duljine od 1 m do 3 m, tako da im je gornji kraj ukopan ispod površine zemlje onoliko kolika je zona > od 0,8 m, odnosno 1 m. Kao štapni uzemljivači, upotrebljavaju se čelične pocinčane cijevi vanjskog promjera od najmanje 38 mm i debljine stjenke najmanje 3,5 mm ili bakrene

cijevi vanjskog promjera od najmanje 30 mm i debljina stijenke od najmanje 2,5 mm. Osim cijevi upotrebljava se i profilirani pocinčani čelik, kutni čelik L 65 mm x 64 mm x 7 mm, profili U 6,5 i T 6 ili koji drugi odgovarajući profil. Dopušteni su i štapni uzemljivači najmanjih dimenzija: čelična vruće pocinčana cijev promjera 25 mm debljine stijenke 2 mm, okrugla šipka vruće pocinčana promjera 16 mm, okrugla šipka s ekstrudiranom bakrenom prevlakom promjera 15 mm, bakrena cijev promjera 20 mm debljine stijenke 2 mm.

Pločasti uzemljivač obično je kvadratna ploča od pocinčanog čelika s površinom ploče najmanje 0,5 m<sup>2</sup> i debljine ≥ 3 mm ili od bakra debljine ≥ 2 mm. Ploča se polaže okomito u zemlju, tako da je gornji rub ploče najmanje 1 m duboko u zemlji.

Vodoravno ukopani uzemljivači vodiči su koji se obično ravno polažu u dubinu zemlje od 0,5 m do 1 m. Za takve uzemljivače najviše se upotrebljavaju pocinčane čelične trake, pa se takvi uzemljivači nazivaju i trakasti uzemljivači. Najmanji presjek je 100 mm<sup>2</sup>, a najmanja debljina 3,5 mm. Rjeđe se upotrebljavaju bakrene trake najmanjeg presjeka 50 mm<sup>2</sup> i najmanje debljine 2 mm, ili bakreno uže najmanjeg presjeka 35 mm<sup>2</sup>. Za visokonaponska postrojenja dopušteni su trakasti uzemljivači najmanjih dimenzija: čelična vruće pocinčana traka, valjanja ili rezana sa zaobljenim rubovima, presjeka 90 mm<sup>2</sup>, debljine 3 mm, okrugla žica, čelik, vruće pocinčana, promjera 10 mm, bakrena traka presjeka 50 mm<sup>2</sup>, debljine 2 mm, bakreno uže presjeka 25 mm<sup>2</sup>, bakreno pokositreno uže presjeka 25 mm<sup>2</sup>.

Temeljni uzemljivači ugrađuju se u betonske temelje objekata postavljanjem metalnih vodiča spojenih s armaturom tako da preko velike površine betona dolaze u kontakt s okolnom zemljom. Oni mogu služiti i kao gromobranski uzemljivači, tj kao združeni uzemljivači. Velika prednost takvih uzemljivača sastoji se u tome što se nalaze u betonu, koji ih štiti kod korozije, pa je njihovo vrijeme trajanja praktično neograničeno, a budući da je betonom pod zemljom uvijek vlažan, takav uzemljivač ima s tlom dobar dodir, i to na velikoj površini.

### 3. Cu UŽAD ZA UZEMLJENJE

Tehnički uvjeti HEP ODS-a za Cu užad za uzemljenje [2] opisuju minimum tehničkih zahtjeva kod izrade i eksploatacije Cu užeta koje mora zadovoljiti traženi tip, što treba biti dokazano u tablici s tehničkim podacima i nadzornim ispitivanjima pri preuzimanju objekta.

Pod pojmom “uže” ili “užad” u ovim tehničkim uvjetima misli se isključivo na “uže izrađeno od Cu, namijenjeno za uzemljenje sustava distribucije električne energije u elektroenergetskim mrežama”.

Nominalni presjek	Broj žica (okrugla izvedba vodiča)	Broj žica (zbijena izvedba vodiča)	Najveći istosmjerni otpor užeta kod temp. 20°C
35 mm <sup>2</sup>	min. 7	min. 6	0,524 Ω/km
50 mm <sup>2</sup>	min. 7	min. 6	0,387 Ω/km
70 mm <sup>2</sup>	min. 19	min. 12	0,268 Ω/km

Tablica 1. Konstruktivne značajke Cu užadi

Bakreno uže mora biti proizvedeno u skladu s normom HRN EN 60228:2007/Ispr.1./2012 (Vodiči za kabele) [3], uvažavajući specifične zahtjeve iz ovih tehničkih uvjeta. Cu žice koje se upotrebljavaju za izradu Cu užeta, trebaju biti napravljene od materijala E-Cu specificiranih u ASTM B 49, klase 2. Konstrukcijske značajke užeta određene su sa HRN EN 60228:2007/Ispr.1./2012. Najmanji broj žica u užetu i najveći istosmjerni otpor užeta kod temperature 20°C dani su u tablici 1.

Uže s više od jednog sloja mora biti použeno tako da susjedni slojevi imaju suprotan smjer použenja, s tim da vanjski sloj mora imati lijevi smjer, kada se uže drži uspravno. Žice u svakom sloju moraju biti glatke i použene vrlo blizu jedna drugoj. Dozvoljava se izvedba zbijenog (kompaktiranog) vodiča. Gotovo uže ne smije imati nečistoća, zrnaca i drugih stranih nanosa, što se provjerava vizualno. U tablici 1 dane su osnovne značajke standardiziranih presjeka Cu užadi za uzemljenje u HEP ODS-u.

Dokumentacija kojom se dokazuje ispunjenje tehničkih zahtjeva je sljedeća:

- a) Popunjene, potpisane i ovjerene Tablice s tehničkim podacima.
- b) Prospektni materijali (katalozi, brošure) proizvođača za Cu uže, koje je potrebno priložiti u boji.
- c) Potvrda o provedenim tipskim ispitivanjima ili Certifikat o ocjenjivanju sukladnosti za Cu uže,
- d) Izvještaji o tipskim ispitivanjima za sve pojedine nuđene tipove Cu užeta

Uz svaku isporuku, za svaki isporučeni bubanj Cu užeta, proizvođač je obvezan dostaviti u papirnatom obliku:

- a) Ispitni list s rezultatima ispitivanja tijekom proizvodnje
- b) Certifikat kojim proizvođač dokazuje da ima uspostavljen sustav upravljanja kvalitetom prema normi HRN EN ISO 9001 ili jednakovrijedno.
- c) Tehničke nacрте pripadnih bubnjeva za pojedine presjeke Cu užeta prema troškovniku.
- d) Izvorni proizvođački Program kontrole kvalitete za tvorničku proizvodnju Cu užeta (Plan osiguranja i kontrole kvalitete (QA i QC).
- e) Certifikat kojim proizvođač dokazuje da ima uspostavljen sustav upravljanja kvalitetom prema normi HRN EN ISO 9001 ili jednakovrijedno.
- f) Izvorni tvornički izvještaj o rutinskim ispitivanjima za predmetno Cu uže, s prikazom mjerenih/ispitnih veličina
- g) Izvornu proizvodnu fotodokumentacija svih pojedinih nuđenih Cu užeta prema troškovniku.

Nadzorna ispitivanja, tj. ispitivanja na uzorku (eng. sample test), provode se na 10% bubnjeva od ukupne količine užeta koji je predmet isporuke, u skladu s normom HRN EN 60228:2007/Ispr.1./2012, uz prethodnu najavu, tijekom proizvodnje i/ili pri preuzimanju užeta, na elementima uzetim iz pojedine faze proizvodnje i/ili na uzorcima gotovog užeta. Popis nadzornih ispitivanja nalaze se u „Listi ispitivanja“. Ukoliko se za to pokaže potrebnim, Korisnik ima pravo zatražiti, na trošak Ponuditelja, provjeru spornih rezultata ispitivanja u prostorijama proizvođača Cu užeta ili kod ovlaštene neovisne institucije.

Na slici 1 prikazan je izgled Cu užeta za uzemljenje.

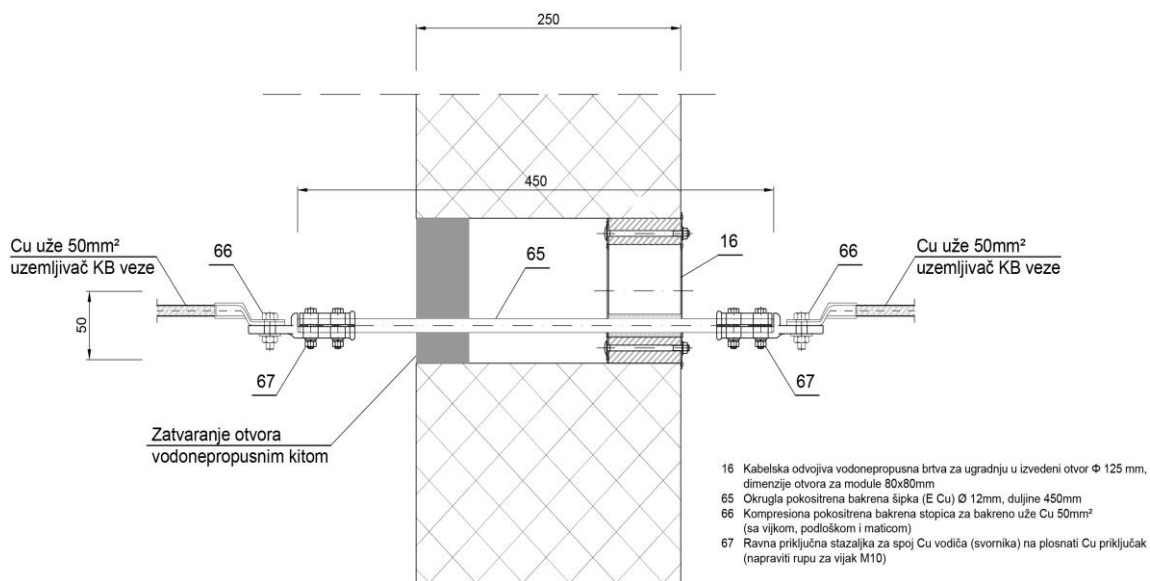


Slika 1. Izgled Cu užeta za uzemljenje

#### 4. BRTVLJENJE Cu ZAŠITNOG UŽETA

Za potrebe brtvljenja Cu zašitnog užeta, prilikom ulaska u neke TS, i/ili prolaska kroz njihove temelje, postavilo se pitanje izvedbe samog načina brtvljenja istoga. U tu svrhu koristi se ravna priključna stezaljka za spoj Cu vodiča na plosnati Cu priključak, na kojem se prethodno mora napraviti rupa za vijak M10 (slika 2). U tu svrhu koristi se okrugla pokositrena bakrena šipka (E Cu) Ø 12mm, duljine 450mm na koju se priključila ravna priključna stezaljka ([4]), a na koju se priključuje kompresijska pokositrena bakrena stopica ([5]), s vijkom, podloškom i maticom za bakreno uže Cu 50mm<sup>2</sup>. Cijeli ovaj spoj smješta se u kabelsku odvojivu vodonepropusnu brtvu ([6]), za ugradnju u izvedeni otvor Ø 125mm, što odgovara

dimenziji otvora za EPDM module 80x80mm. S ovakvim spojem, i uz korištenje modularnog brtvećeg pribora koji omogućava brzu i jednostavnu montažu, otpornost na koroziju i zaštitu IP68, ostvaruje se vodonepropusan spoj okrugle pokositrene bakrene šipke kroz ulaz u elektroenergetski objekt, čime se ostvaruje pouzdano požarno, vodotjesno i plinotjesno brtvljenje Cu zaštitnog užeta.



Slika 2. Brtvljenje Cu zaštitnog užeta uz korištenje spoja s pokositrenom bakrenom šipkom te upotrebom brtvećeg modula kod ulaza u elektroenergetski objekt

Na slijedećim slikama 3-5 prikazani su ulazi kablskih veza TS 220/110/35 kV PEHLIN – TS 110/20(10) kV TURNIĆ, te TS 110/20(10) kV SESVETE i TS 110/20(10) kV KSAVER.



Slika 3. Kableska veza TS 220/110/35 kV PEHLIN – TS 110/20(10) kV TURNIĆ



Slika 4. Ulaz kabela i Cu užeta za uzemljenje u TS 110/20(10) kV SESVETE



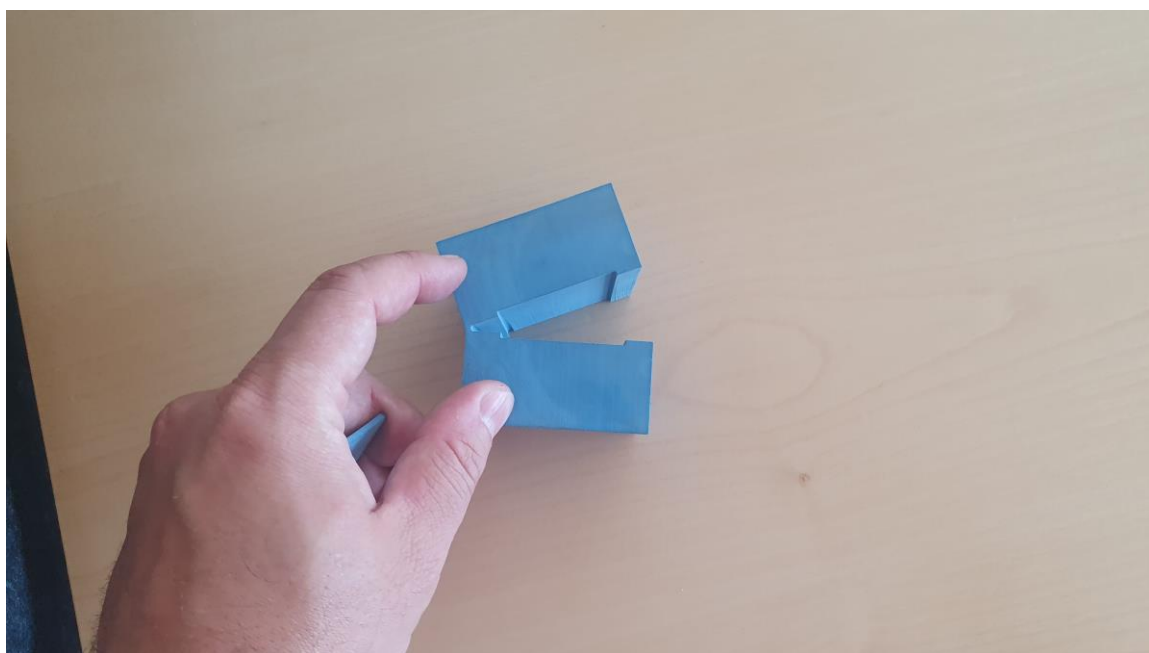
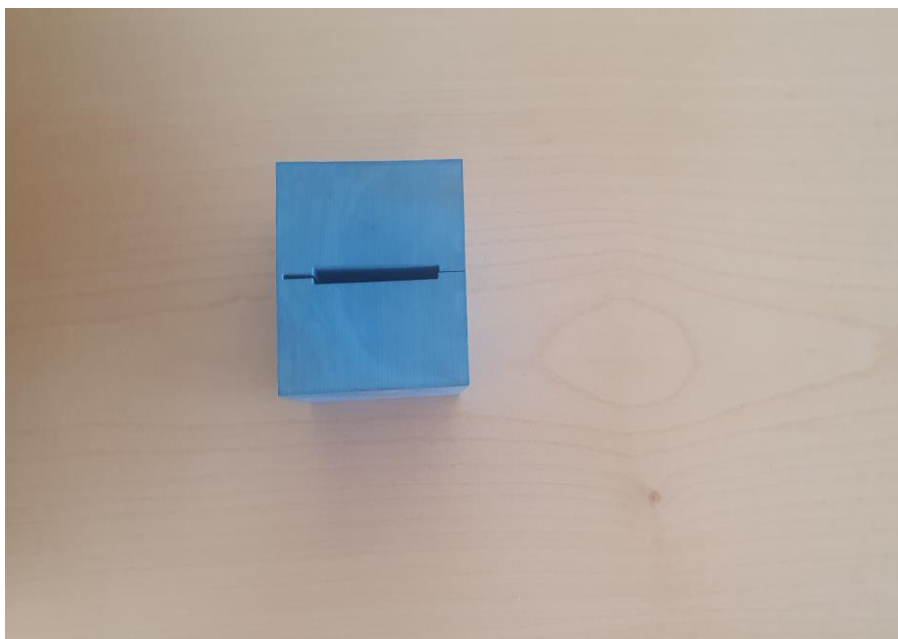
Slika 5. Ulaz kabela i Cu užeta za uzemljenje u TS 110/20(10) kV KSAVER

## 5. Cu TRAKE ZA UZEMLJENJE I NJIHOVO BRTLJENJE

Cu trake za uzemljenje uglavnom se koriste u objektima HOPS-a, kao što su trafostanice, rasklopna postrojenja i slično. Najčešće se koriste E-Cu trake F30 dimenzija 30 x 3 mm (mase 0,8 kg/m), 40 x 5 mm (mase 1,77 kg/m) i 50 x 5 mm (mase 2,22 kg/m), u nekim slučajevima i dimenzije 25 x 4 mm, 30 x 3,5 mm, 30 x 4 mm, 40 x 4 mm. U nekim elektroenergetskim postrojenjima koriste se i Cu trake većih dimenzije, uglavnom kao trake za izjednačavanje potencijala.

Brtljenje Cu trake je jednostavnije nego kod Cu užadi. Traka se ulaže u prilagodljiv plosnati EPDM modul posebnih dimenzija i oblika, prilagodljivog za sve dimenzije traka.

Na slici 6. prikazan je izgled modula za Cu traku a na slici 7. prikazan je ulaz bakrene trake u TS SUČIDAR 110 kV GIS.



Slika 6.: Modul za ulaz plosnate Cu trake



Slika 7.: TS SUČIDAR 110 kV GIS

## 5. ZAKLJUČAK

Kod ulaza kabela, i/ili Cu užad i/ili Cu trake za uzemljenje u elektroenergetske objekte, ili unutar njih, potrebno je ugraditi odgovarajući brtveći sustav radi zaštite od povremenog ili konstantnog pritiska vode, čime se sprečavaju oštećenja cjelokupne ugrađene elektroenergetske opreme u tom objektu a uslijed moguće poplave ili pojave vlage.

Kvalitetno, pouzdano, sigurno i trajno brtvljenje postiže se odabirom jednog od brtvećih sustava, ili kombinacijom više njih, a već dulje se sve više koriste modularni brtveći sustavi.

Brtvljenje Cu zaštitnog užeta 50mm<sup>2</sup>, kod ulaza u elektroenergetske objekte, ostvaruje se uz korištenje pokositrene bakrene šipke Ø 12mm, duljine 450mm, na koju se priključuje ravna priključna stezaljka na koju se priključuje kompresijska pokositrena bakrena stopica za bakar, uz korištenje odgovarajućeg brtvećeg modula.

Brtvljenje Cu trake, kod ulaza u elektroenergetske objekte, ostvaruje se uz korištenje posebno oblikovanog brtvećeg modula za svaki presjek trake.

## 6. LITERATURA

- [1] Franjo Majdandžić, "Uzemljivači i sustavi uzemljenja", GRAPHIS, lipanj 2004.
- [2] Tehnička specifikacija za Cu UŽE ZA UZEMLJENJE, HEP-ODS, svibanj 2022.
- [3] HRN EN 60228:2007/Ispr.1.:2012 Vodiči za kabele
- [4] Prospektni materijal DALEKOVOD-a
- [5] Prospektni materijal METAL PRODUCT-a
- [6] Prospektni materijal ROXTEC, Hrvatska