

Ivan Pavošević
Nabla Slavonija
ivan.pavosevic@nabla-slavonija.hr

Renato Funjak
Nabla Slavonija
renato.funjak@nabla-slavonija.hr

Željko Sokodić
HEP ODS d.o.o., Elektra Križ
zeljko.sokodic@hep.hr

Robert Špoljarić
Nabla Slavonija
robert.spoljaric@nabla-slavonija.hr

Renato Ćučić
HEP ODS d.o.o.
renato.cucic@hep.hr

SUSTAV IZOLIRANIH FLEKSIBILNIH SABIRNICA ZA POVEZIVANJE OPREME NA NISKOM NAPONU

SAŽETAK

U prvom dijelu referata dan je pregled sustava i usporedba s drugim tehnologijama povezivanja opreme na niskom naponu. Drugi dio obrađuje pojedinačne dijelove sustava te njihovu usklađenost s relevantnim međunarodnim normama. Tehnički se detaljno obrađuju utjecaji okoliša i električkih veličina na ponašanje sustava. Ističu se i razlozi zbog kojih sustav nije podložan europskoj CPR regulativi za kabele koju pokriva norma HRN EN 50575. Konačno, u trećem dijelu referata navode se praktični primjeri ugradnje sustava.

Ključne riječi: Sustav izoliranih fleksibilnih sabirnica, norme, CPR regulativa, primjeri iz prakse

INSULATED FLEXIBLE BUSBAR SYSTEM FOR LOW-VOLTAGE EQUIPMENT CONNECTION

SUMMARY

The first part of the paper provides an overview of the system and a comparison with other low-voltage equipment connection technologies. The second part discusses the individual components of the system and their compliance with relevant international standards. The technical details address the effects of environmental and electrical factors on the system's behavior. The reasons why the system is not subject to the European CPR regulation for cables covered by the EN 50575 standard are also highlighted. Finally, the third part of the paper presents practical examples of system installation.

Key words: Insulated flexible busbar system, standards, CPR regulation, practical examples

1. UVOD

U cijelom svijetu postoji tendencija rasta standarda i kupovne moći građana koju pokreće rast gospodarstva u prvom redu zasnovan na novim tehnologijama. Shodno tome, raste i potreba za novom električnom infrastrukturom, a cijena rada i intelektualnih usluga konstantno se povećava. Sustav izoliranih fleksibilnih sabirnica za povezivanje opreme na niskom naponu je patentirano, ispitano i certificirano rješenje koje zbog svoje prilagodljivosti i brzine ugradnje ima niz prednosti pred drugim tehnologijama kao što su kableske veze i šinski razvodi.

Sustav predstavlja inovativno i patentirano rješenje za povezivanje električne opreme na niskom naponu. Za razliku od tradicionalnih rigidnih sabirnica ili kableskih veza, izolirane fleksibilne sabirnice nude veću fleksibilnost, brzinu ugradnje i smanjene troškove instalacije. Ovaj sustav je posebno pogodan za primjene gdje se zahtijeva česta preinaka ili proširenje električne instalacije.

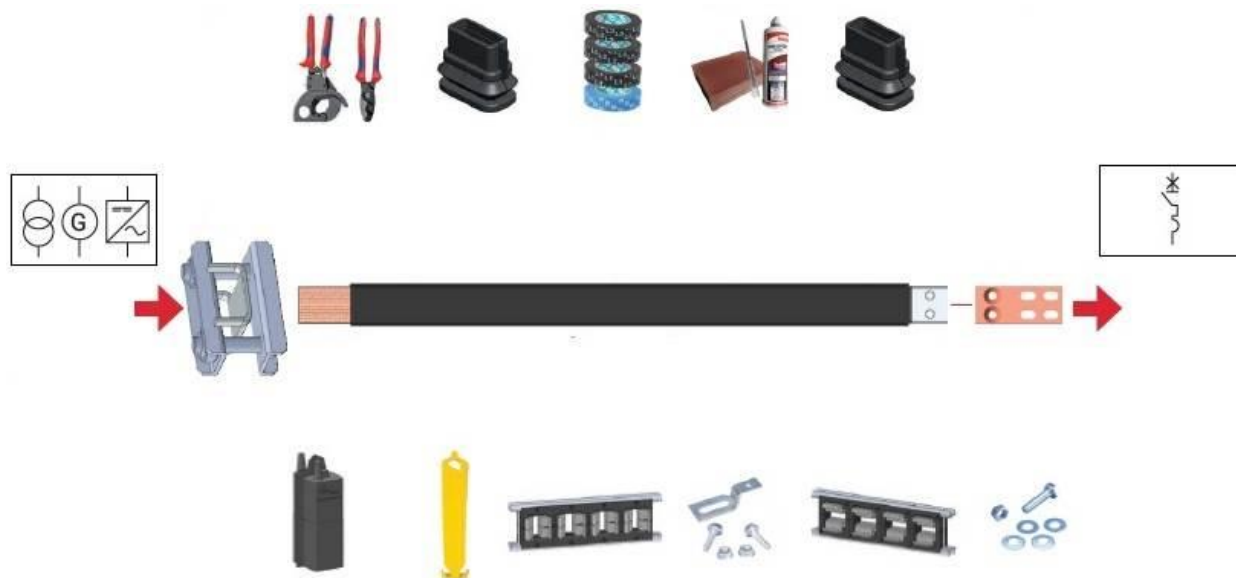
U prvom dijelu referata dan je pregled sustava i usporedba sa drugim tehnologijama povezivanja opreme na niskom naponu.

Drugi dio obrađuje pojedinačne dijelove sustava te njihovu usklađenost s relevantnim međunarodnim normama. Tehnički se detaljno obrađuju utjecaji okoliša i električnih veličina na ponašanje sustava. Ističu se i razlozi zbog kojih sustav nije podložan europskoj CPR regulativi za kabele koju pokriva norma HRN EN 50575.

Konačno, u trećem dijelu referata navode se praktični primjeri ugradnje sustava.

2. PREGLED SUSTAVA

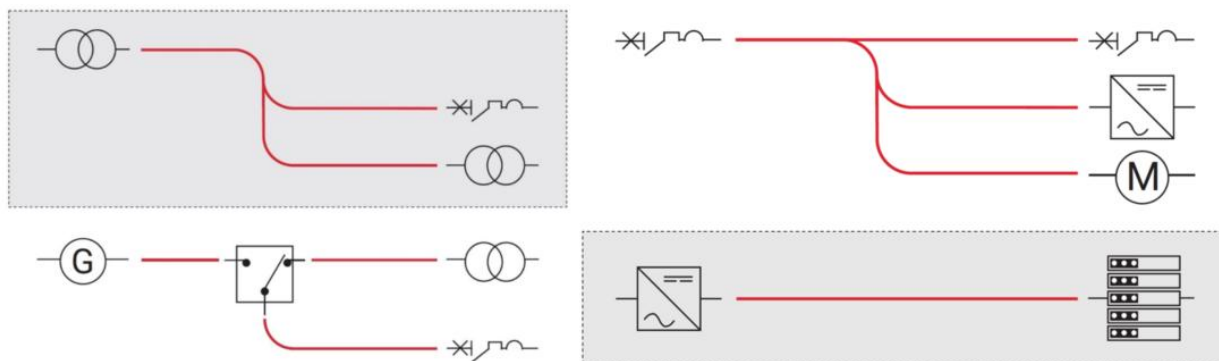
Sustav se sastoji od fleksibilnih upletenih vodiča, nosača sustava, priključnih elemenata te posebnih elemenata za specifične instalacije. Slika 1. prikazuje tipične dijelove sustava.



Slika 1. Tipični dijelovi sustava izoliranih fleksibilnih sabirnica

Koristi se za povezivanje opreme na niskom naponu, a tipične aplikacije su povezivanje izvora energije kao što su transformatori, generatori i UPS-ovi sa niskonaponskim razvodima, kako je prikazano na slici 2.

Ispitan je i sukladan s međunarodnim standardima HRN EN IEC 61439 koji pokriva niskonaponske sklopne blokove i HRN HD 60364 koji se bavi niskonaponskim električnim instalacijama.



Slika 2. Tipične aplikacije sustava izoliranih fleksibilnih sabirnica



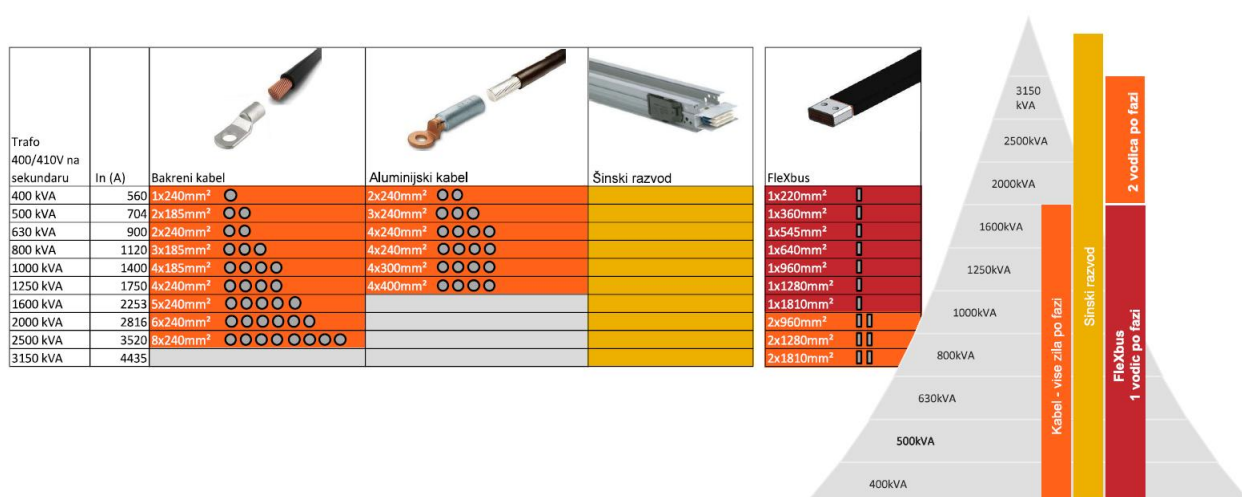
Precizna mjerenja i izrada projekta	NE	NE	DA
Mogućnost prilagodbe na mjestu ugradnje	DA	DA	NE
Brza isporuka	DA	DA	NE
Polumjer savijanja/krutost	FLEKSIBILNO	KRUTO	N/P
Iskusna/neiskusna radna snaga	1+1	2+0	2+0

Slika 3. Usporedba različitih tehnologija povezivanja opreme na niskom naponu

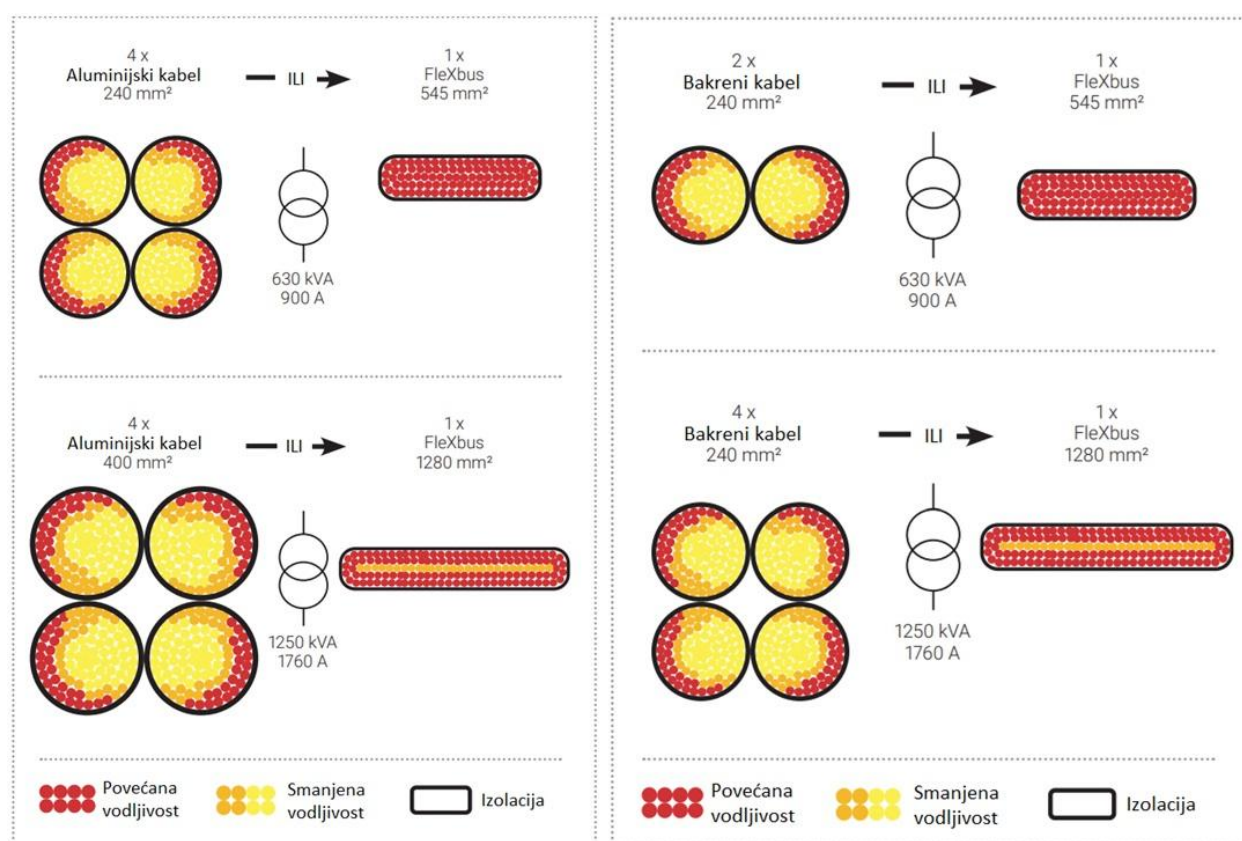
Sustav izoliranih fleksibilnih sabirnica ima brojne prednosti u usporedbi s ostalim tradicionalnim tehnologijama povezivanja opreme na niskom naponu jer omogućava brzu ugradnju budući da je fleksibilan, prilagodljiv i jednostavan za montažu. Slika 3. usporedno prikazuje prednosti sustava pred kabelskom vezom i šinskim razvodom.

Sustav se može koristiti u aplikacijama za povezivanje opreme snaga do 3150 kVA, što je jasna prednost u odnosu na kabelske veze. Pri tome je za prijenos usporedivih struja potreban manji presjek vodiča u odnosu na kabelsku vezu, što je u usporedbenoj tablici prikazano na slici 4. Posljedica je to skin efekta koji uzrokuje koncentriranje gustoće struje na obodu vodiča. Njegova važnost i utjecaj na vodljivost vodiča ovise o frekvenciji, otporu materijala i obliku vodiča. Zbog svog geometrijskog pravokutnog oblika i odnosa širina/debljina izolirane fleksibilne sabirnice imaju povoljan utjecaj skin efekta, veću površinu za hlađenje i bolju raspodjelu gustoće struje.

Na slici 5. se može vidjeti utjecaj skin efekta na raspodjelu struje u vodiču u fleksibilnom izoliranom vodiču i odgovarajućoj konfiguraciji kabelskih vodiča, iz čega proizlazi kako je za istu nazivnu struju potreban manji presjek izoliranog fleksibilnog vodiča u odnosu na kabelsku vezu.



Slika 4. Usporedba presjeka izoliranih fleksibilnih sabirnica sa drugim tehnologijama povezivanja opreme na niskom naponu



Slika 5. Usporedba vodljivosti aluminijskog i bakrenog vodiča sa izoliranim fleksibilnim sabirnicama

3. DIJELOVI SUSTAVA

Sustav izoliranih fleksibilnih sabirnica sastoji se od slijedećih dijelova:

- Izolirana fleksibilna sabirnica
- Nosači sabirnica
- Stezaljka za povezivanje
- Pločica za povezivanje

- Proširivači priključaka
- Set za vatrobarijeru
- Poklopci za energetske priključke
- Zaštitne uvodnice za NN razdjelnik

3.1 Izolirana fleksibilna sabirnica

Izolirani fleksibilni vodič izrađuje se od tankih vodiča promjera 0.2 mm koji su upleteni u pletenice. Svaki pojedinačni vodič izrađuje se od pobakrenog aluminijskog u omjeru 90% aluminijskog i 10 % elektrolitskog bakra čistoće 99.9 %, Standardno, na jednoj strani vodiča nalazi se bakrena pokositrena čahura s već pripremljenim otvorima za vijčano povezivanje na niskonaponsku opremu, dok je druga strana slobodna za skraćivanje na potrebnu mjeru, a na niskonaponsku opremu povezuje se pomoću stezaljke za velike struje. Zbog svoje građe je fleksibilna i ima manji luk savijanja u odnosu na kabele jednakog presjeka. Standardno se izrađuje u nekoliko različitih presjeka pri čemu je najmanji presjek 220 mm² za struju do 666 A prema normi HRN HD 60364, a najveći presjek je 1810 mm² za struju 2356 A prema normi HRN HD 60364.



Slika 6. Izolirana fleksibilna sabirnica

Materijal od kojeg je izrađena izolacija vodiča je otporan na plamen (samogasiv) i pokazuje svojstva usporavanja širenja plamena prema normi HRN EN IEC 60695-2-11. Ima visoku temperaturu izdrživosti do 115 °C, visoku dielektričnu čvrstoću od 20 kV/mm, otpornost na mehanička oštećenja IK 09, te klasu II izolacije prema HRN EN IEC 61439-1 i HRN HD 60364-4-41.

Izolacija pri gorenju emitira nisku razinu dima prema HRN EN 60754-2 što poboljšava vidljivost u slučaju požara te se ne stvaraju dodatna oštećenja opreme uzrokovana dimom.

Izolirana fleksibilna sabirnica je bez halogena prema HRN EN 60754-1 i IEC 62821-1 što znači da se pri izgaranju ne emitiraju toksični i korozivni plinovi.

Dozvoljena nazivna struja sabirnice ovisi o temperaturi prostora, te je testirana prema normama HRN EN IEC 61439 i HRN HD 60364. Slika 7. tablično prikazuje dozvoljene struje vodiča pojedinih presjeka u odnosu na razliku radne temperature vodiča prema temperaturi okolnog prostora.

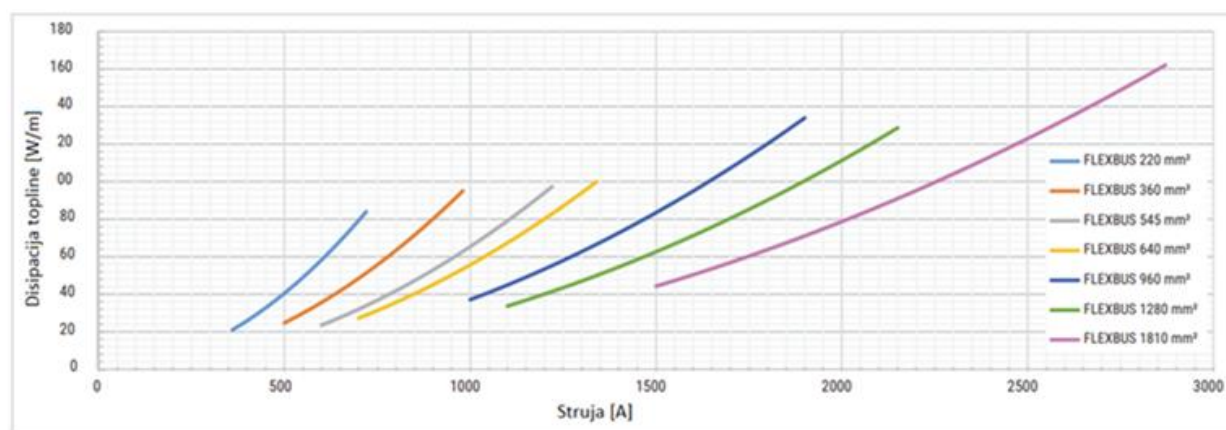
Graf na slici 8. prikazuje disipaciju topline u prostor u ovisnosti o struji i presjeku vodiča.

Flexbus Conductor Type	Cross Section mm ²	Maximum Current Ratings**								Current Coefficient with 2 conductors per phase and with conductor arrangement respected*	Current Coefficient with 2 conductors per phase and with conductor arrangement not respected*
		ΔT 30 K (Coef)	ΔT 40 K (Coef)	ΔT 45 K (Coef)	ΔT 50 K (Coef)	ΔT 55 K (Coef)	ΔT 60 K (A)	ΔT 65 K (Coef)	ΔT 70 K (Coef)		
		60°C Ambient 90°C at Conductor	50°C Ambient 90°C at Conductor	45°C Ambient 90°C at Conductor	40°C Ambient 90°C at Conductor	35°C Ambient 90°C at Conductor	30°C Ambient 90°C at Conductor	25°C Ambient 90°C at Conductor	20°C Ambient 90°C at Conductor		
FLEXCOND220	220	0.71	0.82	0.87	0.91	0.96	666	1.04	1.08	2	1.56
FLEXCOND360	360	0.71	0.82	0.87	0.91	0.96	901	1.04	1.08	2	1.52
FLEXCOND545	545	0.71	0.82	0.87	0.91	0.96	1127	1.04	1.08	2	1.51
FLEXCOND640	640	0.71	0.82	0.87	0.91	0.96	1233	1.04	1.08	2	1.51
FLEXCOND960	960	0.71	0.82	0.87	0.91	0.96	1761	1.04	1.08	2	1.48
FLEXCOND1280	1280	0.71	0.82	0.87	0.91	0.96	1984	1.04	1.08	2	1.48
FLEXCOND1810	1810	0.71	0.82	0.87	0.91	0.96	2356	1.04	1.08	2	1.48

IEC 61439

IEC 60364

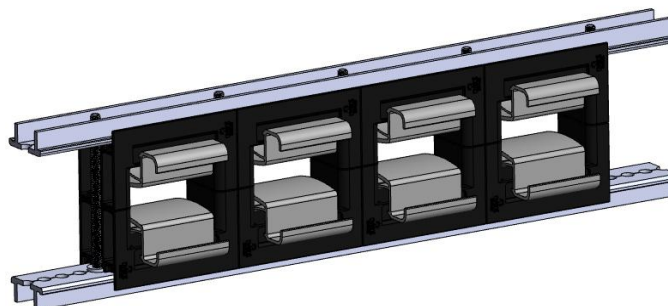
Slika 7. Nazivna struja vodiča ispitana prema odredbama iz relevantnih normi



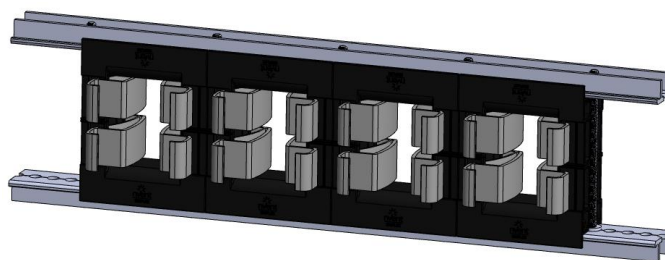
Slika 8. Disipacija topline u prostor

3.2 Nosači sabirnica

Nosači izoliranih fleksibilnih sabirnica su izrađeni od poliamida ojačanog staklenim vlaknima, bez halogena, radne temperature od -40 °C - 130 °C, otporni su na plamen prema HRN EN IEC 60695-2-11 i imaju nisku razinu dima prema HRN EN ISO 5659-2. Mogu izdržati struje do 67 kA i 147 kA vršno. Nosači sustava mogu biti horizontalni i vertikalni što je prikazano na slikama 9. i 10. te su moguće različite konfiguracije nosača.

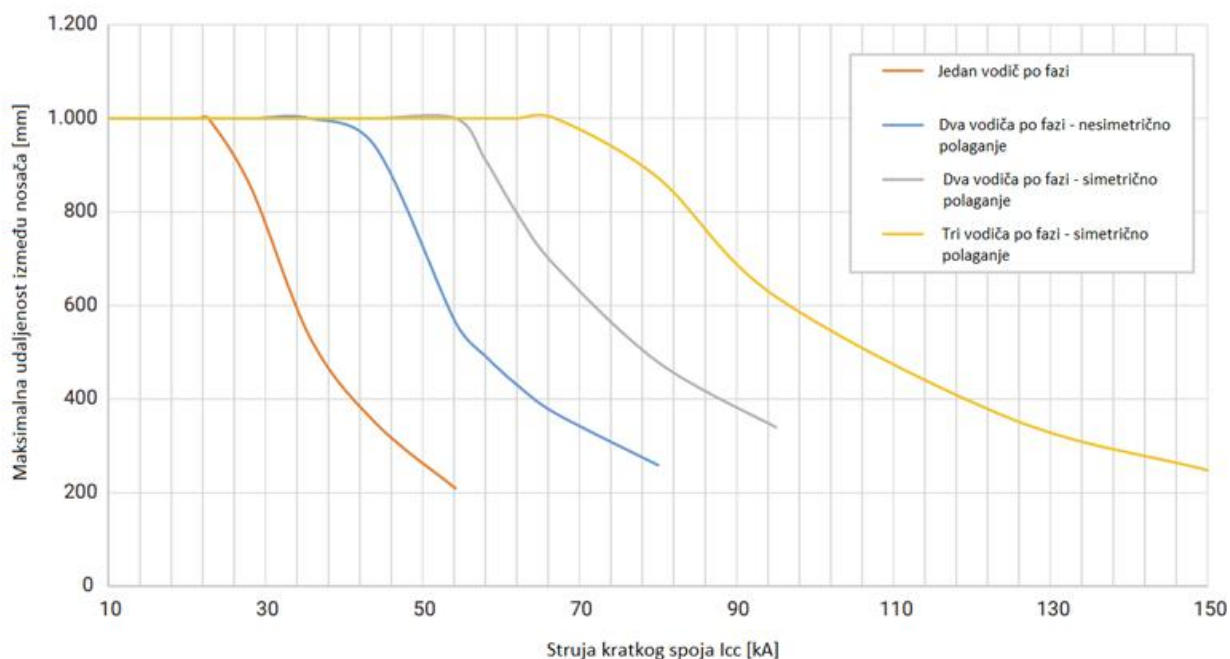


Slika 9. Horizontalni nosači sabirnica



Slika 10. Vertikalni nosači sabirnica

Raspored nosača za fleksibilne sabirnice određen je strujom kratkog spoja. Na slici 11. prikazan je potrebni razmak nosača sabirnica u odnosu na potencijalnu struju kratkog spoja.

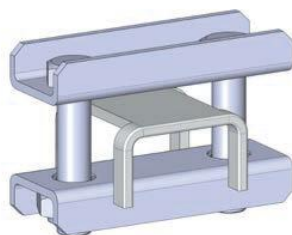


Slika 11. Graf ovisnosti razmaka nosača sabirnica o struji kratkog spoja

3.3 Stezaljka za povezivanje

Za povezivanje izoliranih fleksibilnih sabirnica na niskonaponsku opremu koristi se stezaljka za velike struje (slika 12.) koje služe za pričvršćivanje izoliranih fleksibilnih sabirnica na sabirnicu ili energetski priključak bez bušenja. Spojnica je izrađena od nemagnetskog nehrđajućeg čelika za sprječavanje formiranja magnetskih polja. Spojnice se izводе u pet različitih širina ovisno o širini energetskog priključka.

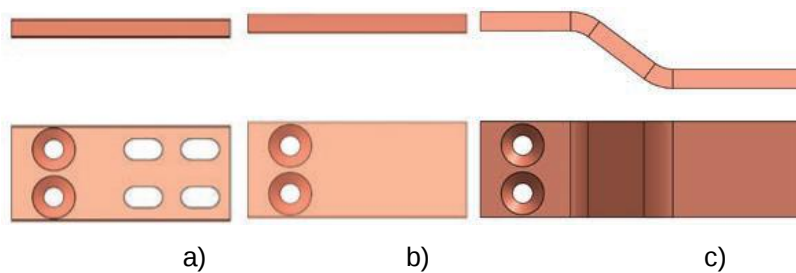
Pločica koja se koristi za povezivanje je izrađena od čvrstog pokositrenog bakra za ostvarivanje dobrog električnog kontakta i za sprječavanje širenja pletenica prilikom spajanja.



Slika 12. Stezaljka za povezivanje sa pločicom

3.4 Proširivači priključaka

Koriste se za prilagodbu priključka na niskonaponsku opremu. Izrađeni su od elektrolitskog bakra čistoće 99.9%. Izrađuju se u različitim izvedbama pri čemu mogu biti ravni, savijeni, sa i bez predpripremljenih otvora.



Slika 13. Vrste proširivača priključaka: a) ravni sa otvorima, b) ravni bez otvora, c) savijeni bez otvora

3.5 Sustav za vatrobarijere

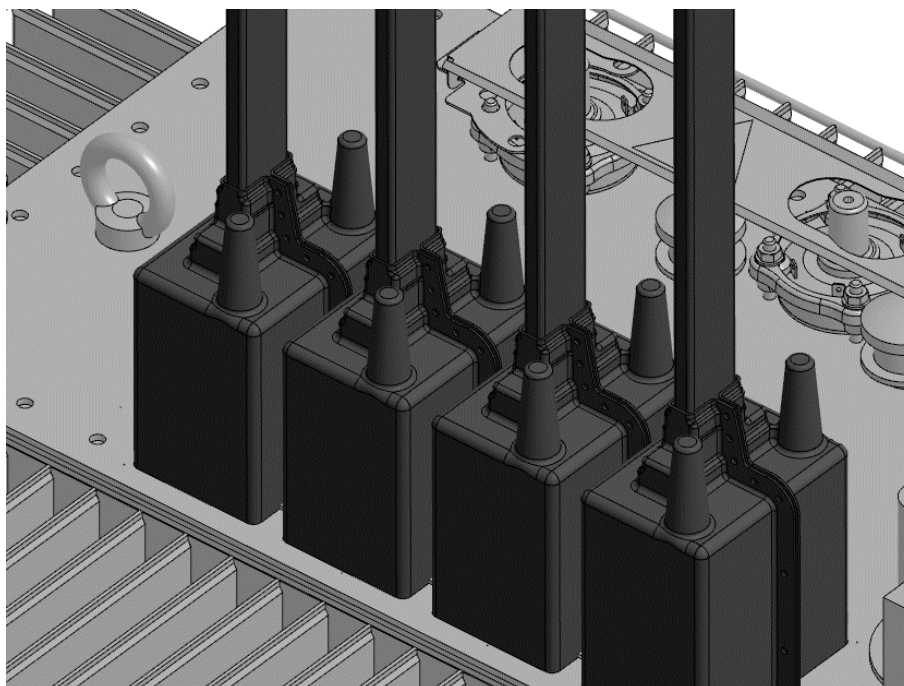
Služi za ispunu otvora u zidu koji je granica dva različita požarna sektora. Sustav za vatrobarijere se sastoji od elastičnih blokova, poliuretanske pjene koja je nepropusna za vatru, dim i zvuk, te izolirajuće trake, što je prikazano na slici 14.



Slika 14. Pribor za formiranje vatrobarijere

3.6 Poklopci za energetske priključke

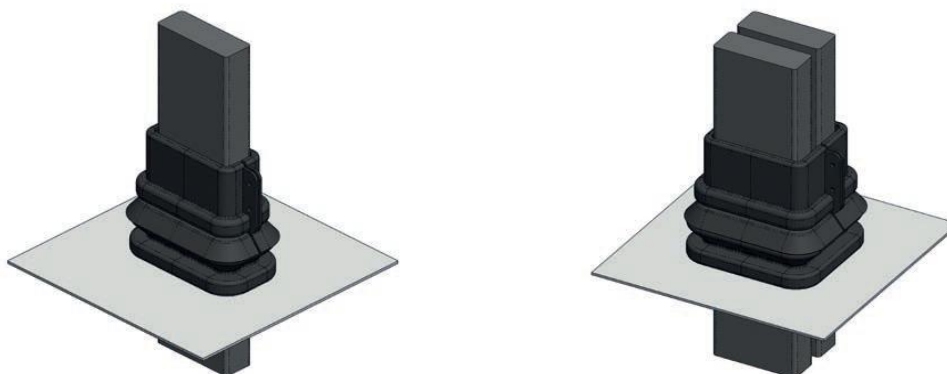
U slučaju da je energetske priključke transformatora potrebno zaštititi od direktnog dodira koriste se poklopci za energetske priključke, prikazani na slici 15. Poklopci su načinjeni od otpornog fleksibilnog PVC-a stupnja zaštite IP2X te imaju svojstva samogasivosti i otpornosti na temperature do 140 °C. Poklopci su prilagodljivi različitim presjecima vodiča i visini energetskog priključka.



Slika 15. Poklopci energetskih priključaka

3.7 Zaštitne uvodnice za niskonaponski razdjelnik

Služe za zadržavanje stupnja zaštite IP55/IP65 kod uvida sabirnica u niskonaponski razdjelnik. Načinjene su od otpornog PVC-a koji ima svojstva samogasivosti i otpornosti na temperature do 140 °C, mogu se prilagoditi različitim presjecima vodiča kao i savijanju vodiča. IP66 stupanj zaštite se postiže ugradnjom dodatnog brtvenog kita.



Slika 16. Zaštitne uvodnice za NN razdjelnik

4. UTJECAJ OKOLIŠA I ELEKTRIČNIH POJAVA NA TEHNIČKE KARAKTERISTIKE SUSTAVA

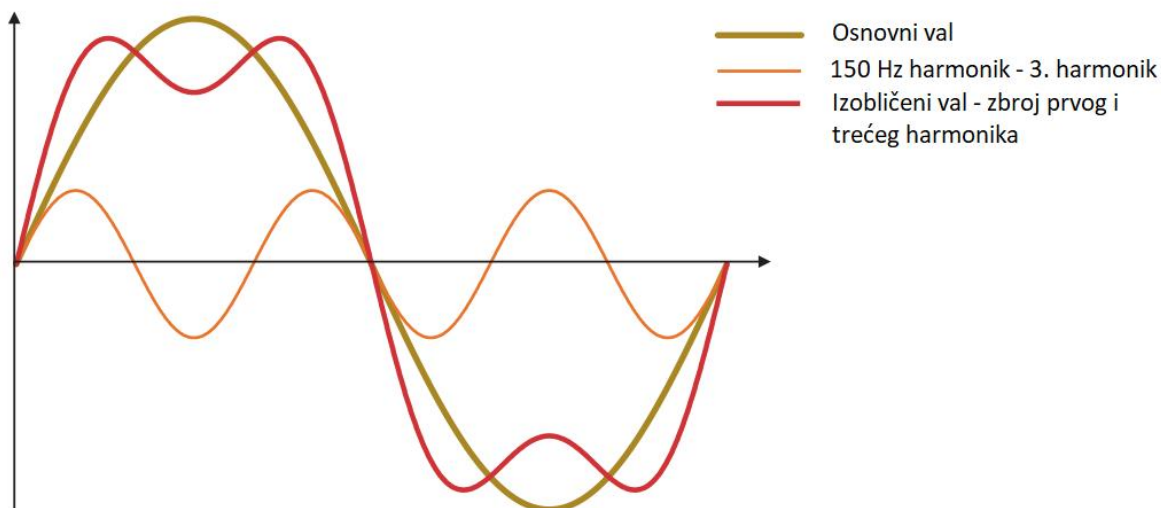
Prilikom dizajniranja sustava potrebno je razmotriti okolinu u kojoj će sustav biti ugrađen, te utjecaj prirodnih i električnih pojava na tehničke karakteristike sustava.

4.1 Utjecaj pada napona

Pad napona koji se pojavljuje u vodiču ovisi o njegovom otporu i duljini. Obzirom na električnu otpornost $\leq 0.027 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$, te na kratke duljine vodiča, pad napona u izoliranim fleksibilnim sabirnicama je zanemariv, mnogo manji od 1%, te su time zadovoljeni uvjeti uz norme HRN HD 60364 koji se odnose na najveći dozvoljeni pad napona u električnim instalacijama.

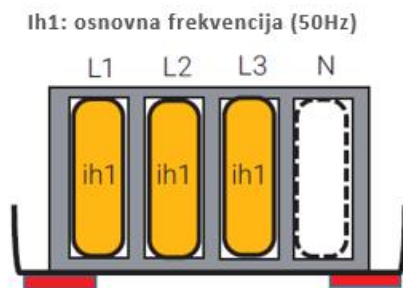
4.2 Utjecaj viših harmonika

Viši harmonici struje i napona pojavljuju se kod većine modernih elektroničkih uređaja u industrijskim, komercijalnim i rezidencijalnim objektima. Struje viših harmonika mogu uzrokovati izobličenje napona, povećane gubitke i povećati rizik od rezonancije. Posebno je opasna struja trećeg harmonika koja je odgovorna za povećanje struje u neutralnom vodiču. Slika 17. prikazuje struju trećeg harmonika, te uzročno iskrivljeni strujni val.



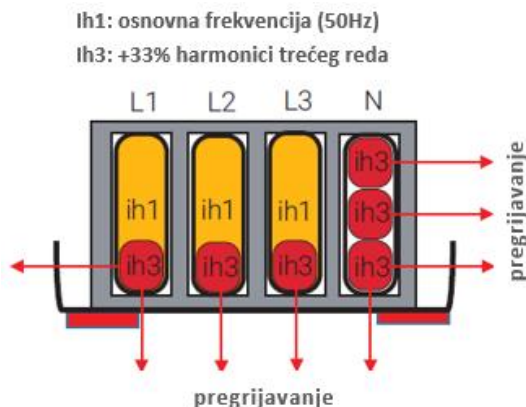
Slika 17. Utjecaj struje 3. harmonika

Pri osnovnoj frekvenciji, nema negativnih utjecaja struja viših harmonika, što prikazuje ilustracija na slici 18.



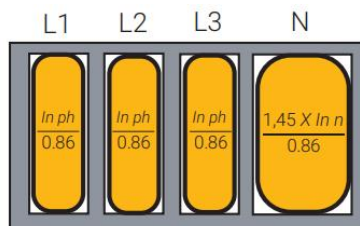
Slika 18. Ilustracija koja prikazuje struju osnovne frekvencije u vodiču, bez utjecaja viših harmonika

Ukoliko je udio struje trećeg harmonika manji ili jednak 33%, potreban presjek neutralnog vodiča jednak je presjeku faznih vodiča, kao što je prikazano na ilustraciji na slici 19. Ilustracija također prikazuje negativan učinak zagrijavanja vodiča uslijed struja viših harmonika.



Slika 19. Ilustracija koja prikazuje utjecaj struje trećeg harmonika $\leq 33\%$ koji se očituje kao štetno zagrijavanje vodiča. Potrebni presjek neutralnog vodiča pri udjelu trećeg harmonika od 33% jednak je presjeku faznih vodiča

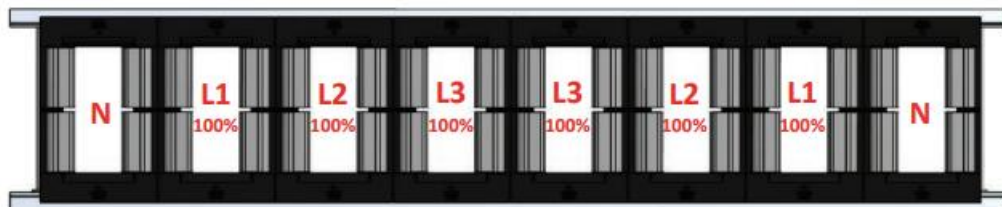
Kod udjela struje trećeg harmonika $>33\%$ potrebni presjek neutralnog vodiča mora biti veći od presjeka faznih vodiča što je prikazano na ilustraciji na slici 20.



Slika 20. Ilustracija koja prikazuje utjecaj struje trećeg harmonika $>33\%$ koji se očituje kao štetno zagrijavanje vodiča. Potrebni presjek neutralnog vodiča pri udjelu trećeg harmonika $>33\%$ u tom slučaju treba biti veći od presjeka faznog vodiča.

4.3 Utjecaj rasporeda polaganja sabirnica i paralelnog vođenja više vodiča po fazi

Utjecaj magnetskog polja kod paralelnog vođenja vodiča može uzrokovati nejednako strujno opterećenje u vodiču, te je stoga prilikom polaganja vodiča potrebno voditi računa o optimiziranom rasporedu vodiča. Poštivajući optimizirani raspored vodiča, ukupna struja koja prolazi kroz dva paralelna vodiča jednaka je dvostrukoj nazivnoj struji vodiča za određenu temperaturu okoline. Ne primjenjuje se koeficijent smanjenja struje uslijed paralelnog vođenja, što je prikazano u tablici na slici 7. Na slikama 21. i 22. prikazani su optimizirani i neoptimizirani raspored polaganja vodiča.



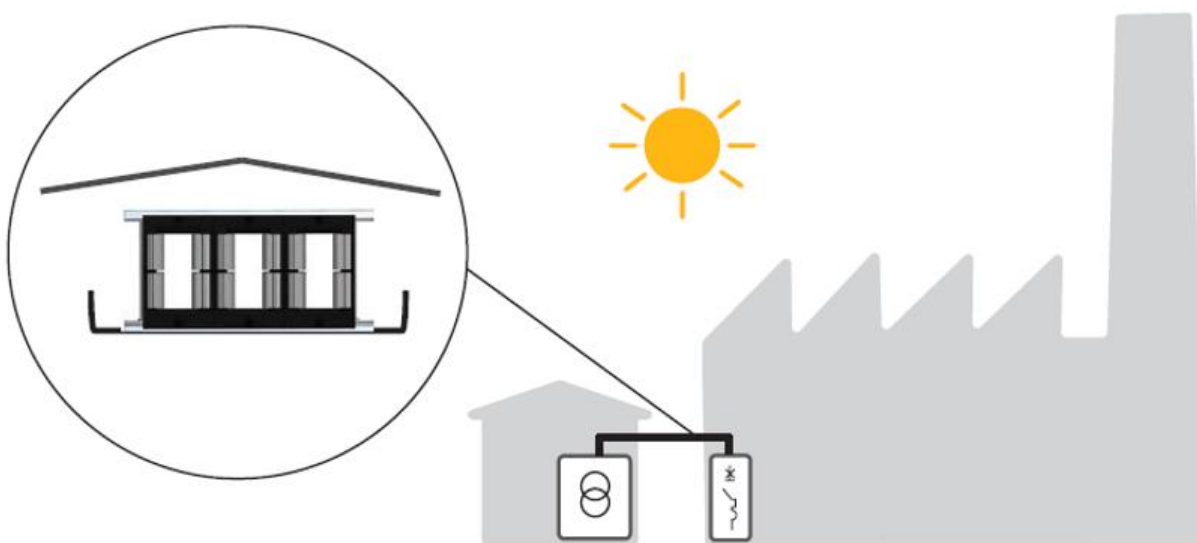
Slika 21. Optimizirani raspored polaganja vodiča



Slika 22. Neoptimizirani raspored polaganja vodiča

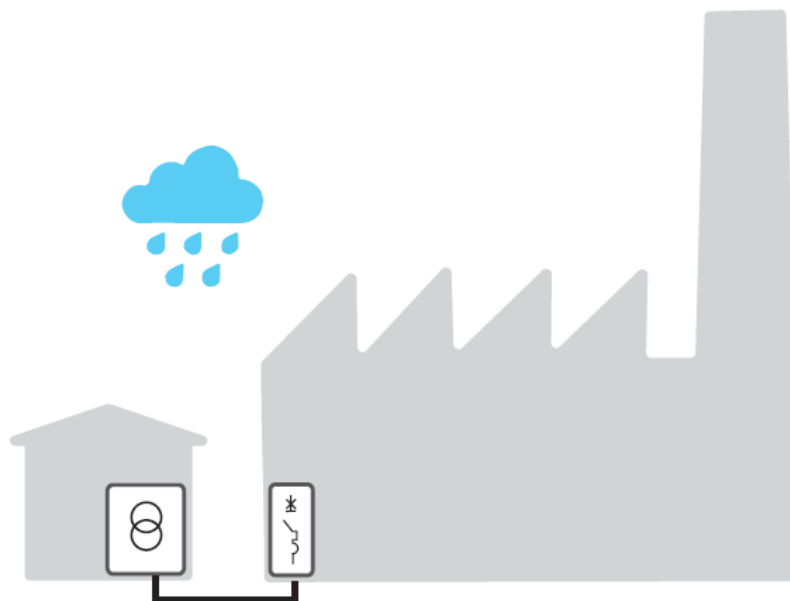
4.4 Ugradnja u vanjskom prostoru

Utjecaj okoline može imati različite utjecaje na vodiče i na njihovu izolaciju. Sustav izoliranih fleksibilnih sabirnica je testiran na UV zračenje prema normi UL 2556 i UL 854. Pri ugradnji sustava izoliranih fleksibilnih sabirnica u vanjskom prostoru potrebno je koristiti zaštitni pokrov iznad sabirnica kako bi se smanjio utjecaj UV zračenja na vodiče, slika 23.



Slika 23. Ugradnja sustava u vanjskom prostoru, izlaganje vodiča sunčevom zračenju

Također su provedena razna testiranja prema normi UL 758 gdje je vodič bio uronjen u vodu različitih temperatura kako bi se ispitala dielektrična i izolacijska čvrstoća. Izolirane fleksibilne sabirnice nisu dizajnirane za trajnu uronjenost u vodu, ali određeno vrijeme mogu biti u kontaktu s vodom ili potpuno potopljene u vodu. Kod dodira izolirane fleksibilne sabirnice s vodom potrebno je osigurati da vodljivi dijelovi sabirnice budu zaštićeni kako ne bi došli u doticaj s vodom, da bi se spriječio prodor vode u prostor između plašta izolacije i pletenice, slika 24.



Slika 24. Ugradnja sustava u vanjskom prostoru, izlaganje vodiča utjecaju vode

4.5 Otpornost na vibracije

Određena energetska oprema kao što su transformatori, generatori, ali i strojevi koji se nalaze u blizini električne instalacije mogu uzrokovati vibracije. Svi dijelovi sustava izoliranih fleksibilnih sabirnica dizajnirani su, izrađeni i ispitani na način da umanjuju utjecaj i prenošenje vibracija, pri čemu se koriste različita konstruktivna rješenja kao što su npr. antivibracijske matice.

5. EUROPSKA CPR REGULATIVA

Većina kabela dizajniranih za trajnu ugradnju u stambene, stambeno-poslovne i poslovne zgrade podliježe Uredbi o građevinskim proizvodima (eng. CPR - Construction Products Regulation), koja je obuhvaćena normom HRN EN 50575.

Karakteristike kablova prema CPR su:

- Reakcija na požar: odnosi se na sve vrste kabela koji se koriste u građevinskim radovima s propisima o reakciji na požar – što znači širenje/propagacija plamena, oslobađanje topline, stvaranje dima i emisija kiselih/korozivnih plinova te ograničenje zapaljivih kapljica.
- Oslobađanje opasnih tvari: primjenjuju se europske (vidi Uredbu EU br. 1907/2006 REACH) i nacionalne regulative.

Uredba o građevinskim proizvodima (CPR) i odgovarajući standard HRN EN 50575, kao i različiti testovi koji se trebaju provesti sukladno Normama, izrađeni su za kabele - kao što su tradicionalni kabeli, s kružnim poprečnim presjekom i karakterističnom dimenzijom – promjerom.

CPR, povezani standard HRN EN 50575 i slijed testiranja nisu razvijeni za ispitivanje i ocjenjivanje nekih drugih vrsta električnih vodiča, poput izoliranih/obloženih bakrenih ili aluminijskih čvrstih sabirnica, izoliranih sabirničkih sustava ili sustava izoliranih fleksibilnih sabirnica kvadratnog presjeka. Također, druge vrste vodiča tradicionalno imaju mnogo veći poprečni presjek od tradicionalnih kabela, npr. iznad 1000 mm².

Shodno tome CPR se ne odnosi na sustave izoliranih fleksibilnih sabirnica, što je dodatno potvrđeno od strane EU sektorske grupe SG22 čije odluke imaju autoritet prilikom tumačenja CPR-a u EU.

Ponašanje sustava izoliranih fleksibilnih sabirnica u slučaju požara

- Izolirani fleksibilni vodič je samogasiv i otporan na plamen prema:
 - o UL94 V0 - samogasivost
 - o HRN EN IEC 60695-2-12 – test užarenom žicom na 960 mm²
- Izolirani fleksibilni vodič je bez halogen prema:
 - o HRN EN 60754-1 - Ispitivanje plinova koji nastaju tijekom izgaranja materijala od kojih se sastoji kabel – Dio 1: Određivanje udjela halogenidnih kiselina u plinu
 - o IEC 62821-2 - Električni kabeli – Bez halogeni, s malom količinom dima, s topljivom izolacijom i plaštem, naznačenog napona do i uključivo 450/750 V
 - o UL 2885 - Smjernice za istraživanje kiselih plinova, kiselosti i provodljivosti izgoranog materijala
- Izolirani fleksibilni vodič je s malom emisijom dima prema:
 - o HRN EN 61034-2 - Mjerenje gustoće dima kabela koji gori pod definiranim uvjetima
 - o HRN EN IEC 60695-6-2 - Ispitivanje opasnosti od požara – Dio 6-2: Zamračenje nastalo zbog dima – Sažetak i važnost metoda ispitivanja
 - o HRN EN ISO 5659-2 - Određivanje optičke gustoće dima koji nastaje od vodoravno postavljenog uzorka podvrgnutog specifičnom toplinskom zračenju u zatvorenoj komori
 - o UL 2885 - Smjernice za istraživanje kiselih plinova, kiselosti i provodljivosti izgoranog materijala
- Izolirani fleksibilni vodič je sukladan s RoHS 2002/95/EC – i REACH

Značajke sustava izoliranih fleksibilnih sabirnica koje nadmašuju zahtjeve prema CPR

Uredba o građevinskim proizvodima (CPR) ne obuhvaća upotrebu kabela koji emitiraju prekomjerne količine određenih toksičnih plinova u slučaju požara ili kabela koji sadrže halogen.

CPR ne predviđa mjerenje količine i toksičnosti sljedećih toksičnih plinova: CO, CO₂, HF, HCl, HBr, HCN, SO₂, NO, NO_x, NO₂, što je testirano za izolirane fleksibilne sabirnice prema HRN EN 45545-2 (europski standard za ispitivanje požara željezničkih komponenti).

CPR ne predviđa mjerenje minimalne koncentracije kisika potrebnog za izgaranje proizvoda, što je testirano za izolirane fleksibilne sabirnice prema HRN EN 45545-2 : ISO 4589-2 : %LOI (mjerenje granične koncentracije kisika).

Nadalje, izolirane fleksibilne sabirnice su bezhalogeni vodiči.

6. PRIMJERI PRAKTIČNE PRIMJENE S FOTOGRAFIJAMA



Slika 25. Primjer povezivanja transformatora i niskonaponskog sklopnog bloka sustavom izoliranih fleksibilnih sabirnica



Slika 26. Primjer povezivanja generatora sustavom izoliranih fleksibilnih sabirnica, vanjska instalacija



Slika 27. Primjer povezivanja NN razvoda sa sustavom izoliranih fleksibilnih sabirnica



Slika 28. Spoj sustava izoliranih fleksibilnih sabirnica na transformator



Slika 29. Spoj sustava izoliranih fleksibilnih sabirnica u niskonaponskom razdjelniku



Slika 30. Sustav izoliranih fleksibilnih sabirnica - ugradnja u cijevi

7. PRIMJER SUSTAVA UGRAĐENIH U TRANSFORMATORSKU STANICU TIPA KTS HEP ODS

7.1 KTS-51 Đakovo, 1000 kVA

Obim posla: rekonstrukcija transformatorske stanice s demontažom energetskog transformatora i niskonaponskog sklopnog bloka, te montažom i povezivanjem novog energetskog transformatora i niskonaponskog sklopnog bloka.

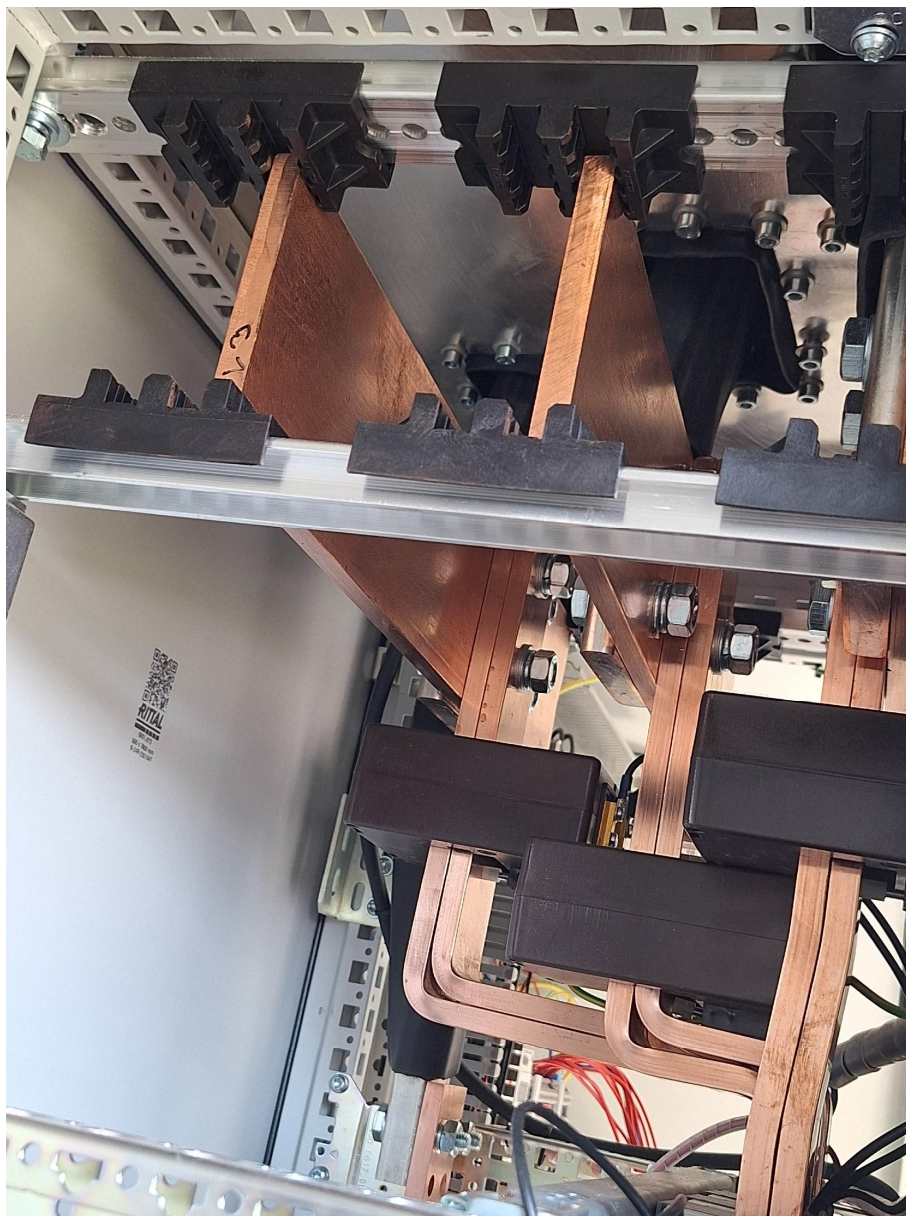
NOVI ENERGETSKI TRANSFORMATOR:	1000 kVA, širina niskonaponskog priključka 100 mm
NOVI NISKONAPONSKI SKLOPNI BLOK:	1600 A / 9+2+ priključak SE 800A
NISKONAPONSKA VEZA T-NN:	Flexbus sustav sabirnica 3x 800 mm ² + 1x545 mm ² IP2X poklopci niskonaponskih priključaka transformatora IP55 uvodne kape na niskonaponskom sklopnom bloku Nosač sustava pričvršćen za krov trafostanice
UKUPNO TRAJANJE RADOVA:	5h / 3 elektromontera
TRAJANJE UGRADNJE FLEXBUS SUSTAVA:	2h / 2 elektromontera (prva montaža sustava)



Slika 31. Spoj Flexbus sabirnica na uljni energetske transformator 1000 kVA



Slika 32. Spoj Flexbus sabirnica na niskonaponski sklopni blok - prednji pogled



Slika 33. Spoj Flexbus sabirnica na niskonaponski sklopni blok - bočni pogled



Slika 34. Spoj Flexbus sabirnica na niskonaponski sklopni blok - dovršen priključak

7.2 KTS-8 Križ, 630 kVA

Obim posla: rekonstrukcija niskonaponske veze energetskog transformatora i niskonaponskog sklopnog bloka

ENERGETSKI TRANSFORMATOR: 630 kVA, širina niskonaponskog priključka 50 mm

NISKONAPONSKI SKLOPNI BLOK: 1600A / 9+2

NISKONAPONSKA VEZA T-NN: Flexbus sustav sabirnica 4x545 mm
IP2X poklopci niskonaponskih priključaka transformatora
Nosač sustava pričvršćen za strop trafostanice

UKUPNO TRAJANJE RADOVA: 2h / 2 elektromontera

TRAJANJE UGRADNJE
FLEXBUS SUSTAVA: 1h / 2 elektromontera



Slika 35. Spoj Flexbus sabirnica na niskonaponski sklopni blok - dovršen priključak



Slika 36. Spoj Flexbus sabirnica na niskonaponski sklopni blok - dovršen priključak

8. ZAKLJUČAK

Osim jednostavnosti ugradnje, svoje prilagodljivosti i brojnih drugih tehničkih prednosti pred drugim tradicionalnim tehnologijama povezivanja opreme na niskom naponu, sustav izoliranih fleksibilnih sabirnica visoke snage nudi iznimnu pouzdanost i karakteristike otpornosti na požar koje premašuju zahtjeve Uredbe o građevinskim proizvodima (CPR) za kabele, ali ne podliježu istoj direktivi.

Zbog svoje jednostavnosti, prilagodljivosti i brzine ugradnje Flexbus sustav je posebno pogodan za ugradnju u tipske transformatorske stanice HEP ODS-a, bilo da se radi o novim objektima ili rekonstrukciji postojećih objekata. Za ugradnju Flexbus sustava u prosjeku je potrebno 30% manje vremena u odnosu na kabelsku vezu. Dodatno, kako je sustav ispitan i sukladan sa međunarodnim standardima HRN EN IEC 61439 koji pokriva niskonaponske sklopne blokove i HRN HD 60364 koji se bavi niskonaponskim električnim instalacijama, po instalaciji sustava shodno tehničkim uputstvima, nisu potrebna dodatna ispitivanja.

9. LITERATURA

- [1] ERIFLEX-TH-H87036-FleXbusTechnicalGuide-UKEN-2401
- [2] <https://www.nvent.com/ERIFLEX>, siječanj 2025.