

DOI: [10.46793/CIGRE37.B1.06](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.B1.06)**B1.06****ANALIZA PRIMENE PRELAZNIH SPOJNICA ZA KABLOVE SREDNJEG NAPONA U
VETROPARKOVIMA I SOLARNIM PARKOVIMA****ANALYSIS OF THE APPLICATION OF TRANSITION JOINTS FOR MEDIUM
VOLTAGE CABLES IN WIND FARMS AND SOLAR PARKS****Igor Petković, Vladimir Popov***

Kratak sadržaj: U ovom radu analiziraće se različiti tipovi prelaznih spojnica, njihova konstrukcija i tehničke karakteristike, kao i njihova primena u sistemima za prenos energije u vetroparkovima i solarnim parkovima. Posebna pažnja biće posvećena parametrima kao što su kontakti otpor, termička stabilnost i dugotrajnost spojeva. Takođe, razmotriće se uticaj različitih materijala i tehnologija spajanja na performanse sistema. Cilj ovog rada je da pruži sveobuhvatnu analizu izbora i primene prelaznih spojnica u srednjenaponskim kablovskim sistemima, čime se doprinosi optimizaciji i povećanju efikasnosti prenosa električne energije u postrojenjima obnovljivih izvora energije.

Ključne reči: *Prelazne spojnice, Srednjenaponski kablovi, Obnovljivi izvori energije*

Abstract: This paper analyzes different types of transition joints, their construction, and technical characteristics, as well as their application in power transmission systems within wind farms and solar parks. Special attention is given to parameters such as contact resistance, thermal stability, and the long-term durability of joints. Additionally, the impact of different materials and connection technologies on system performance will be examined. The aim of this paper is to provide a comprehensive analysis of the selection and application of transition joints in medium voltage cable systems, contributing to the optimization and increased efficiency of power transmission in renewable energy facilities.

Key words: *Transition joints, Medium voltage cables, Renewable energy sources*

* Igor Petković, IEE Consult s.e. d.o.o., igor.petkovic@iee.rs
Vladimir Popov, IEE Consult s.e. d.o.o., vladimir.popov@iee.rs

1 UVOD

Ubrzanim razvojem novih solarnih elektrana i novih vetroparkova, dolazi do potrebe za velikom primenom srednjenaponskih kablova. Svaka elektrana se razlikuje po snazi, topografskom položaju, načinu priključenja na mrežu, unutrašnjoj organizaciji elektroenergetskih celina, itd. Srednjenaponski kablovi su jedni od bitnijih delova i čine jednu od mnogih elektroenergetskih celina jedne solarne ili vetro elektrane. Njihovo dimenzionisanje a potom i vođenje unutar neke elektrane zavisi od mnogih parametara. Kao neizostavni deo kablovskih vodova moramo izdvojiti kablovske spojnice.

Kablovske spojnice su sklopovi koji omogućavaju povezivanje dva ili više srednjenaponska kabla. U slučaju kod solarnih i vetroparkova to je najčešće povezivanje dva kabla. One obezbeđuju neprekidan električni tok, omogućavajući da struja nesmetano protiče kroz različite delove kablovske mreže. Spojnice pomažu u stvaranju konstantne i pouzdane električne veze.

Pored klasičnih spojnica koje služe da spoje isti tip i presek kabla, postoje i prelazne spojnice koje spajaju različite tipove i preseka kablova.

2 O KABLOVSKOJ SN MREŽI U SOLARNIM PARKOVIMA I VETROPARKOVIMA

SN kablovska mreža unutar jednog solarnog ili vetroparka je najčešće radijalne konfiguracije i sastoji se od određenog broja strujnih krugova. Jedan strujni krug čini kablovski SN vod koji paralelno povezuje jedan, dve ili više vetrogeneratora, kada je reč o vetroparkovima, ili jednu, dve ili više internih transformatorskih stanica NN/SN kod solarnih parkova. Transformacija je takva, da je najčešći radni napon srednjenaponskih kablova kod vetroparkova i kod solarnih parkova 33 ili 35kV. Topografski položaj elektrana može biti veoma različit, u pogledu položaja vetrogeneratora ili internih TS solarnih elektrana u odnosu na glavnu transformatorsku stanicu u kojoj završavaju SN kablovi. Topografski položaj vetrogeneratora, odnosno internih TS, u odnosu na glavnu transformatorsku stanicu u bitnoj meri utiče na trase strujnih krugova, odnosno deonice strujnih krugova koje završavaju u glavnoj transformatorskoj stanici.

Kako bi se pravilno dimenzionisali SN kablovi, rade se geomehantička ispitivanja. Na osnovu ovih ispitivanja dolazi se do podataka o parametrima tla u koje će se položiti kablovi. Najvažniji rezultati za potrebe projektovanja kablovske mreže, koji se dobijaju ovim ispitivanjima, su specifična termička otpornost tla i sastav tla.

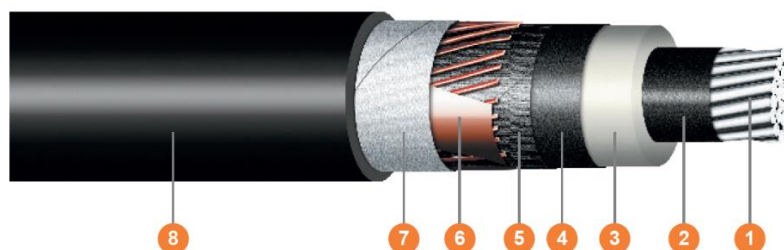
Razvojem vetro i solarnih elektrana velikih snaga dolazi do toga da za jednu elektranu imamo veliki broj strujnih krugova SN kablova. U sledećoj tabeli se mogu videti tipični preseci SN kablovskih vodova koji se koriste u strujnim krugovima.

Tabela 1 : Tipični preseci SN kablovskih vodova

Nazivni poprečni presek	mm ²	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
Prečnik provodnika	mm	11.5	12.8	14.3	15.9	18.4	20.5	23.2	26.2	30.3	34.7

2.1 O tipovima kablova

Najčešće korišćeni tip SN kablova koji se primenjuje u vetroparkovima i solarnim elektranama jeste jednožilni srednjenaponski kabl, sa provodnikom od aluminijuma, tipa XHE 49-A, odnosno prema DIN VDE, NA2XS(F)2Y. Tip odabranog SN kablova je definisan mestom i načinom polaganja kablova za slučaj slobodnog polaganja kablova u rovu (ili po potrebi u kablovsku kanalizaciju). Ovaj tip SN kablova ima okrugli provodnik od aluminijuma, izolaciju od umreženog polietilena (XLPE), slobodnoprovodni sloj ispod i iznad izolacije, električnu zaštitu od bakarnih žica i traka, slabo provodnu bubreću traku ispod i iznad električne zaštite i spoljašnji polietilenski plašt visoke gustine (HDPE). Konstrukcija ovog kablova je prikazana na slici 1.



Slika 1: Konstrukcija NA2XS(F)2Y kablova

- 1 – aluminijumski licnasti provodnik
- 2 – ekran provodnika: poluprovodni sloj na provodniku
- 3 – XLPE izolacija (umreženi polietilen)
- 4 – ekran izolacije: poluprovodni sloj na izolaciji
- 5 – separator – bubreća traka, poluprovodna
- 6 – električna zaštita od bakarnih žica i trake
- 7 – separator – bubreća traka
- 8 – spoljašnji plašt: PE-HD

Izolacija ovog kablova je od umreženog polietilena, koji je jedan od najboljih izolacionih materijala za energetske kablove. Njegove glavne osobine su dobre električne, mehaničke i toplotne karakteristike. Dozvoljena radna temperatura energetskih kablova sa izolacijom od umreženog polietilena je 90°C, a pri kratkotrajnim preopterećenjima i do 130°C za vreme trajanja od 100h godišnje, bez uticaja na vek trajanja kablova. Maksimalna dozvoljena temperatura u kratkom spoju iznosi 250°C.

2.2 Faktori koji utiču na odabir preseka

Kod dimenzionisanja kablova pored parametra okolnog tla koji su veoma bitni, bitan je način vođenja kablova, način uzemljenja električne zaštite kablova, kakvi su koridori paralelnih vođenja, karakteristike SN postrojenja, kao i prisustvo specifičnih ukrštanja sa drugim podzemnim instalacijama. Sve ovo može biti ograničavajućeg karaktera. Kablovski SN vodovi u slobodnim površinama su najčešće položeni u formi trougla direktno u sloju posteljice. Na mestima ukrštanja sa putevima, prugom, rekama, itd, kablovi se polažu u cevima. Način uzemljenja električne zaštite je takav da je najčešće direktno uzemljena na oba kraja. Koridori

paralelnog vođenja mogu biti veoma različiti i zavise od situacije do situacije, broja strujnih krugova, raspoloživosti širine koridora i drugih faktora. SN postrojenje kod transformacije u vetrogeneratorima ili internim TS u solarnim parkovima isto mogu biti ograničavajući faktor, zbog toga što je moguće da imaju izvesna ograničenja u pogledu maskimalnih preseka kablova. Takođe trase SN kablovskih vodova unutar elektrana mogu imati specifična ukrštanja sa drugim instalacijama i vodovima, koja isto mogu biti ograničavajućeg karaktera za dimenzionisanje kablova.

Uzimajući u obzir sva navedena ograničenja, ponekad su ograničenja takva da je potrebno razmotriti rešenje primene prelazne spojnice za SN kablove.

3 OPŠTE O PRELAZNIM SPOJNICAMA

Prelazne spojnice su spojnice koje su namenjene za povezivanje kablova različitih tipova ili dimenzija, obezbeđujući kompatibilnu i pouzdanu vezu. Pogodne su za različite tipove i razne materijale konstrukcije i izolacije. Na primer, mogu bezbedno povezati jednožilni provodnik od aluminijuma sa jednožilnim provodnikom od bakra, ili provodnik manjeg preseka sa provodnikom većeg preseka.

Prelazne spojnice su rešenje, za deo kablovskog voda, koji zbog određenog ograničenja više ne može da prenese zahtevanu struju. Najčešće se kablovski SN vodovi unutar solarnog ili vetroparka dimenzionišu tako da, ako postoji neko ograničenje, da se izabere veći presek kabla. Ovo jeste rešenje u najvećem broju slučajeva. Međutim, postoje slučajevi kada umesto ovakvog rešenja treba razmotriti upotrebu prelazne spojnice. Ti slučajevi su sledeći:

1. Povećanje preseka nije izvodljivo zbog ograničenja opreme (ograničenje preseka kabla koji se može priključiti u SN postrojenje u vetrogeneratoru ili u okvirnu interne TS u solarnoj elektrani)
2. Povećanje preseka je zahtevano samo na jednom malom delu izvoda zbog otežanih uslova hlađenja. Na primer, polaganje više kablova paralelno ili polaganje kablova na većoj dubini;
3. Ukoliko je planirano priključenje vetroelektrane ili solarne elektrane na elektroenergetski sistem preko priključnog SN kablovskog voda koji se povezuje na postojeću distributivnu TS (najčešće 110/x kV). U ovom slučaju problem predstavlja manipulacija, odnosno polaganje kablova u okviru zgrade postojeće TS zato što su kablovski kanali u postojećoj zgradi predviđeni za distributivne kablove. Tipični distributivni kablovi su najčešće za nekoliko redova veličine manjih preseka od kablova namenjenih za priključenje vetro ili solarne elektrane. Dimenzije kanala u ovom slučaju mogu predstavljati ograničavajući faktor prilikom polaganja kablova u okviru zgrade i , samim tim, usloviti upotrebu prelazne spojnice.



Slika 2: Prelazna spojnica

Na slici 2 je prikazan tipičan sadržak kompleta prelazne spojnice (stvarne komponente zavise od specifičnog tipa spojnice) i onu su:

- 1 – Prefabrickovano telo spojnice od izolacionog materijala
- 2 – Materijali za kontinuitet uzemljenja / oklopnog ekrana (zavisno od konstrukcije kabla)
- 3 – Mastiks trake za zaptivanje
- 4 – Spojnica za fazni provodnik
- 5 – Materijali za spoljašnju zaštitu, koji mogu biti:
 - Debelozidna toplotno skupljajuća cev (hibridna spojnica, gde je dozvoljena upotreba toplote)
 - EPDM gumena hladno skupljajuća cev ("potpuno hladna" spojnica, gde upotreba toplote nije dozvoljena)
 - Plastično oblikovana školjka za kapsuliranje smolom

4 PRIMERI KORIŠĆENJA PRELAZNIH SPOJNICA (ANALIZA CYME PRORAČUNOM)

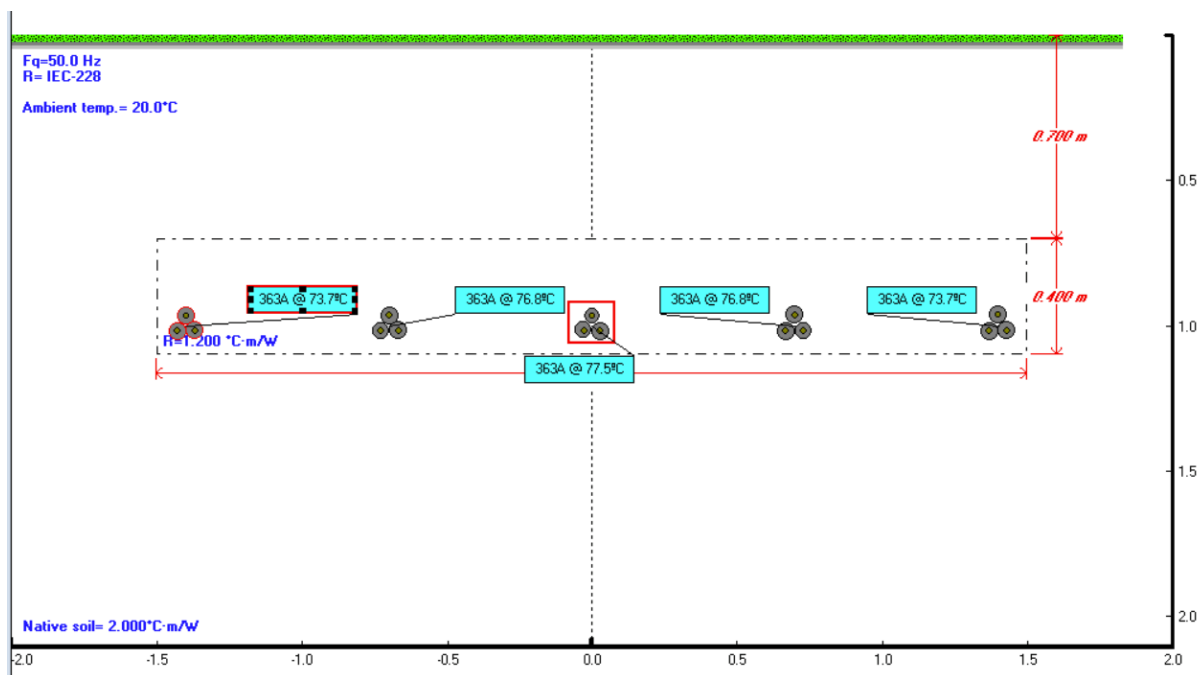
4.1 Slučaj – Ograničenje kod paralelnog vođenja

Razmotrićemo sledeću situaciju. Elektrana ima veliki broj strujnih krugova, na primer, 15 strujnih krugova. Postoje tri odvojena koridora kojim se ti strujni krugovi vode do glavne TS. Proračunom su dimenzionisani kablovski SN vodovi kako bi zadovoljili strujna opterećenja po pojedinačnim koridorima. Međutim, u samo jednom kratkom delu, ispred glavne TS, zbog raznih ograničenja i nemogućnosti da se proširi koridor, svih 15 strujnih krugova će morati da se vodi paralelno u jednom zajedničkom koridoru. U tom kratkom delu, kablovi koji su predhodno dimenzionisani tako da strujno zadovoljavaju vođenje po svim koridorima do te tačke, u ovom delu neće zadovoljiti zahtevano strujno opterećenje. Ako su ove deonice strujnih krugova kratke, može se razmotriti povećanje preseka kablova kako bi bio rešen problem.

Međutim, ako su te deonice duge, to bi sa ekonomskog aspekta bilo znatno povećanje troškova, te je potrebno razmotriti i druga rešenja.

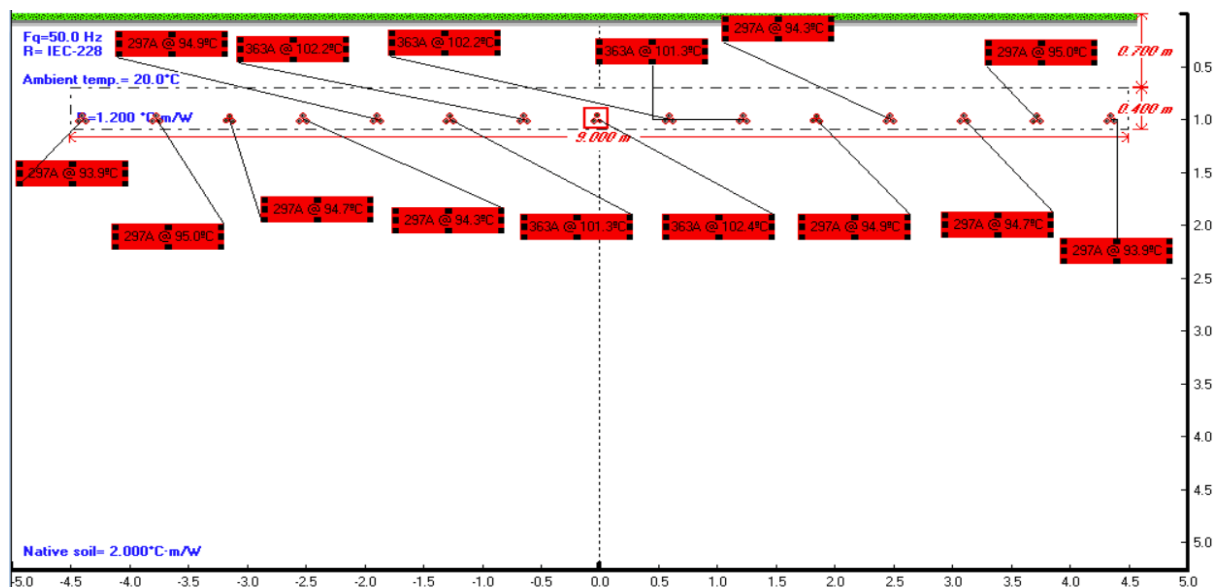
U ovom slučaju opravdano je razmotriti primenu prelaznih spojnica. Konkretno, izradom prelaznih spojnica neposredno ispred ovog zajedničkog koridora omogućilo bi se korišćenje kablova sa provodnikom većeg preseka. Na ovaj način bi u tom kratkom koridoru sada imali 15 kablovskih vodova sa povećanim presekom provodnika, tako da zadovolje zahtevana strujna opterećenja.

Na sledećim slikama ćemo prikazati proračune za ovaj primer.



Slika 3: Jedan koridor sa 5 SN kablova preseka Al-630 mm^2

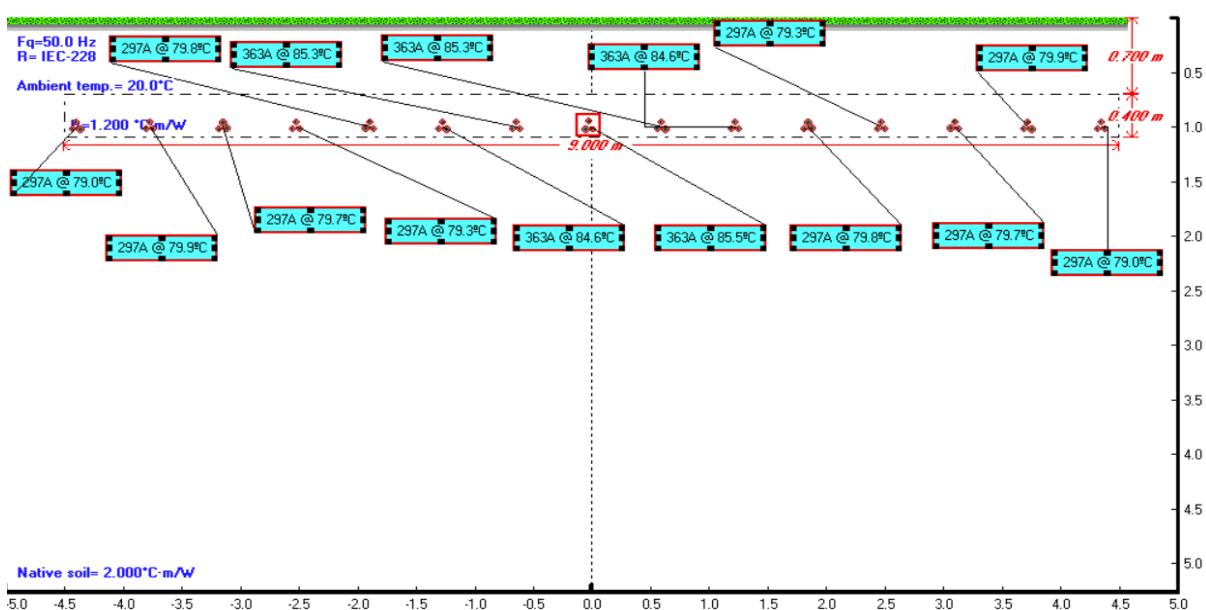
Na slici broj 3 je prikazan proračun sa 5 strujnih krugova koji idu jednim koridorom. Kablovski vodovi su svi isti, naponskog nivoa 35 kV, sa Al provodnikom preseka 630 mm^2 . Dubina rova je 1.1 m, što je tipična dubina rova za kablove ovog naponskog nivoa u slobodnoj površini, dok su kablovi položeni na dubinu od 1 m. Širina rova je 3 m. Pretpostavljeni su sledeći ambijentalni uslovi: 1. Specifična termička otpornost okolnog tla je 2 Km/W , što je parametar koji govori da je okolno tlo loše po sastavu (ili u dobroj meri isušeno); 2. Ambijentalna temperatura okolnog tla 20°C; 3. Posteljica kojom se zasipaju kablovi je debljine 40 cm i njena specifična termička otpornost je 1.2 Km/W u isušenom stanju. Strujno opterećenje kablova je isto za ovih 5 strujnih krugova i iznosi 363 A (ova struja odgovara snazi od 20MW, pri faktoru snage od $\approx 0,9$). Trajno dozvoljena temperatura provodnika je 90 °C, a ovim proračunom je pokazano da su temperature zadovoljavajuće i da je temperatura najtoplijeg provodnika 77.5 °C.



Slika 4: Jedan koridor sa 15 SN kablova preseka Al-630 mm²

Na slici 4 je prikazan koridor gde se nalaze svi kablovi svih strujnih krugova (ukupno 15). U ovom delu su svi kablovi položeni paralelno. Razmatrana dužina je mala i nalazi se ispred TS. Svi kablovski vodovi su 35 kV sa provodnikom Al 630 mm², širina rova u ovom delu je 9 m, a dubina rova iznosi 1.1 m. Opterećenja strujnih krugova su 297 A za 10 kablovskih vodova i 363 A za 5 kablovskih vodova (koji su razmatrani u prvom delu primera). Do ovog dela su svi vodovi, pošto su se vodili u 3 nezavisna koridora, zadovoljavali u pogledu trajno dozvoljene temperature od 90 °C. Međutim u ovom delu zbog ograničenja u raspoloživoj širini koridora, kablovski vodovi ne zadovoljavaju u pogledu dozvoljenih temperatura jer je temperatura svih kablovskih vodova preko 90 °C.

Ako bi se ispred ovog dela kritičnog dela koristile prelazne spojnice i presek svih vodova bio povećan na 800 mm², svi vodovi bi zadovoljili u pogledu dozvoljenog strujnog opterećenja. Na sledećoj slici su prikazani proračuni temperatura provodnika u tom slučaju.



Slika 5: Jedan koridor sa 15 SN kablova preseka Al-800 mm²

Slika 5 pokazuje temperature kablova posle izrade prelaznih spojnica i prelaska sa preseka 630 mm² na 800 mm² i sada je proračun pokazao da su temperature zadovoljavajuće. Koridor je ostao iste širine od 9 m i svi ostali parametri su ostali isti.

Ovde treba napomenuti da je primer pokaznog karaktera i da je ovde prikazan samo jedan primer, a postoji mnogo različitih kombinacija u zavisnosti od konfiguracije elektrane i ostalih parametara.

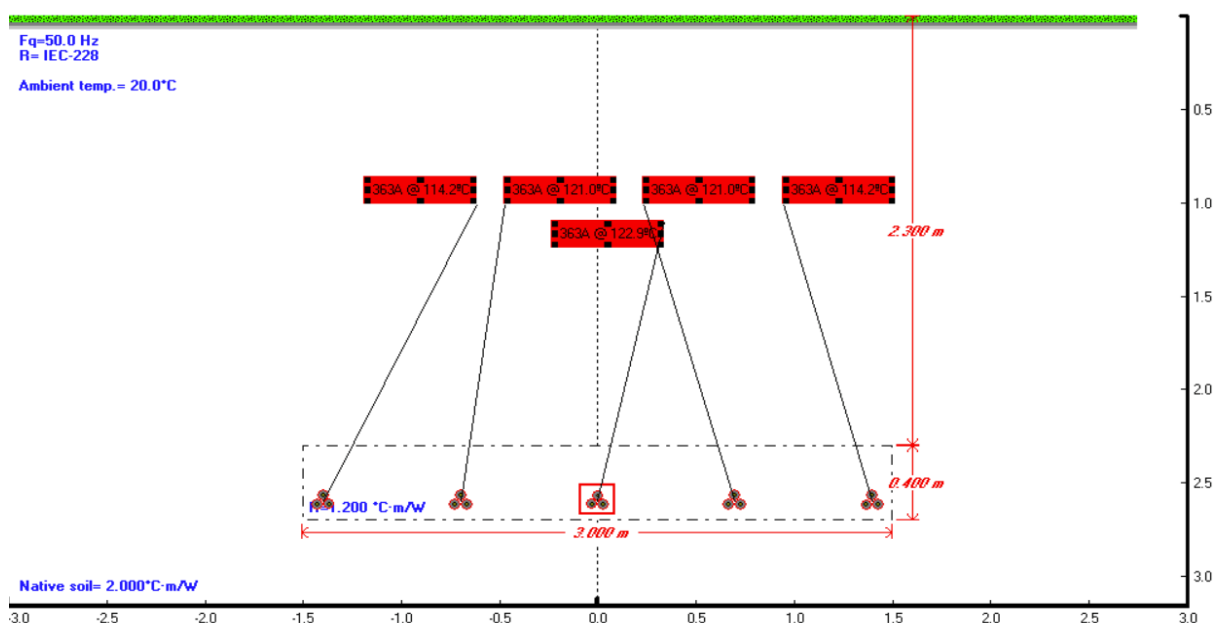
4.2 Slučaj – Ograničenje kod dubine polaganja

Na sledećoj situaciji ćemo razmotriti situaciju gde imamo elektranu koja nema veliki broj strujnih krugova, na primer, 5 strujnih krugova. U ovom slučaju je kao najkritičniji deo trase u pogledu strujnog opterećenja kablova, zbog raznih ograničenja i nemogućnosti da se kablovi polože drugačije, razmotreno polaganje kablova na dosta veću dubinu od dubine vođenja do te tačke. Ovakav slučaj bi moglo predstavljati ukrštanje sa vodotokom ili nekom postojećom podzemnom instalacijom (na primer, gasovod).

U sledećem tekstu ćemo prikazati proračune za ovaj primer.

Za ovaj primer je inicijalno korišćen identičan slučaj kao sa slike 3. Dakle, 5 strujnih krugova, struja opterećenja svakog kabla iznosi 363A, širina rova 3m i inicijalna dubina rova 1.1 m. Uzimajući u obzir prethodno navedeno, može se zaključiti da su u inicijalnoj varijanti rezultati proračuna identični onim prikazanim na slici 3.

Nakon inicijalnog proračuna, prikazan je proračun tih 5 strujnih krugova na većoj dubini (slika 6). Pošto je ovim proračunom pokazano da je temperatura kablova veća od trajno dozvoljene, analizirana su 2 slučaja primene prelazne spojnice. Prvi slučaj primene prelazne spojenice je podrazumevao povećanje preseka provodnika. Ovaj slučaj nije dao očekivane rezultate, što se može videti sa slike 7. U drugom slučaju razmotreno je rešenje izrade prelaznih spojnica sa prelaskom na bakarni provodnik, uz zadržavanje preseka provodnika, čime je problem rešen (slika 8).



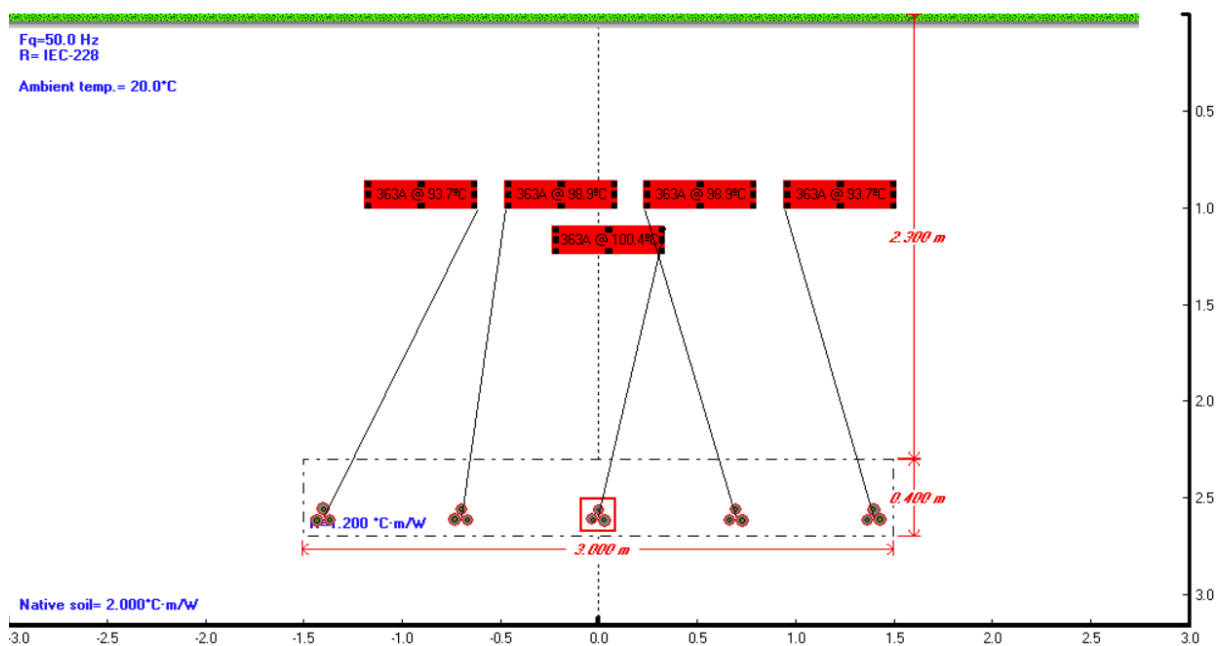
Slika 6: Jedan koridor sa 5 SN kablova preseka Al-630 mm² na većoj dubini.

Kao što je prethodno napomenuto, kod ovog slučaja prva postavka je ista kao na slici 3, gde možemo videti postavku kablova u vođenju do glavne TS. Parametri su isti i opisani su u predhodnom delu. Na slici 6 je prikazan slučaj kada kablovi u jednom kratkom delu moraju da se vode na dubini od 2.6 m, dubina rova je 2.7 m. Kako ovde nije bilo prostora da se kablovi razmaknu na veće rastojanje, proračun pokazuje da kablovi ne zadovoljavaju u pogledu temperaturnog opterećenja.

Zato je u ovom slučaju analizirano šta će se desiti ako se izradi prelazna spojnica, gde će se umesto preseka od 630 mm² preći na presek od 800 mm².

Na slici 6 možemo videti proračun, gde su u ovoj postavci kablovi položeni na dubini od 2.6 m, sa provodnicima preseka 800 mm². Iako se presekom provodnika temperature značajno smanjile, možemo videti da su temperature i dalje veće od trajno dozvoljenih.

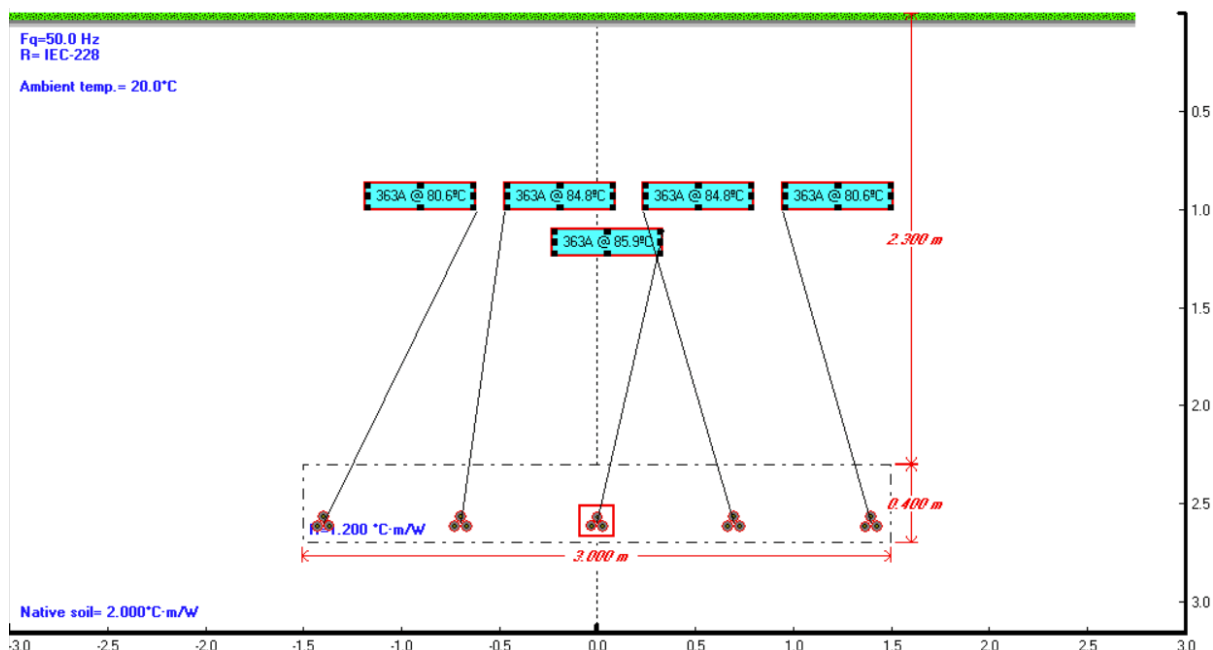
Ovde se postavlja pitanje da li je mogla da se primeni prelazna spojnica za prelazak na presek od 1000 mm². Međutim, tehnologija prelaznih spojnica je takva da nije moguće izvesti prelaznu spojnicu sa 630mm² na 1000 mm² direktno. Ovo je moguće jedino izradom dve prelazne spojnice, prvo sa 630 mm² na 800 mm², a potom sa 800 mm² na 1000 mm². Tako da ovo rešenje nije zadovoljavajuće. Takođe, primena preseka od 1000mm² nije uobičajena za mreže ovog naponskog nivoa i ovakav presek bi mogao predstavljati problem prilikom uvida u ćelije SN postrojenja.



Slika 7: Jedan koridor sa 5 SN kablova preseka Al-800 mm² na većoj dubini .

Da bi se izbeglo ovakvo rešenje, analiziran je slučaj primene prelaznih spojnicama sa aluminijumskog provodnika na bakarni. U ovom primeru se razmotrila primena prelaska sa aluminijumskog provodnika preseka 630mm² na bakarni provodnik preseka 630 mm². Postavka kablova je ostala ista, sa identičnim međusobnim položajem kablova i okolnim parametrima.

Na slici 8 možemo videti rezultate proračuna posle izrade prelaznih spojnica sa aluminijumskog provodnika preseka 630 mm² na bakarni provodnik preseka 630 mm².



Slika 8: Jedan koridor sa 5 SN kablova preseka Cu-630 mm² na većoj dubini

Rezultati proračuna pokazuju da su temperature posle izrade prelazne spojnice sada zadovoljavajuće, najtopliji provodnik je sada na temperaturi od 85.9°C, što je manje od dozvoljenih 90 °C.

U ovom delu su prikazana dva slučaja, kod paralelnog vođenja i promene dubine polaganja, ali postoje još puno slučajeva koje možemo analizirati. Cilj je bio da se analiziraju dva moguća rešenja primene prelaznih spojnica, a to su:

- Prelazne spojnice za isti materijal provodnika a različiti presek
- Prelazne spojnice za različiti tip provodnika a isti presek

Metodologija spajanja samog provodnika, može biti šrafovskim klemama ili kompresionim klemama, sve zavisi od proizvođača prelaznih spojnica.

Svaki proizvođač daje uputstvo za montažu, koje treba ispoštovati. Neophodno je striktno poštovati uputstva proizvođača. Montažu spojnica je poželjno da izvede licencirani monter za taj posao i veoma je bitno da se montaža izvede kvalitetno i u skladu sa uputstvima, jer sam spoj se može tretirati kao potencijalno kritično mesto na kablovskom vodu.

5 ANALIZA KONTAKTNOG OTPORA

Kod prelaznih spojnica najbitniji je sam spoj provodnika. Spoj provodnika može biti preko šrafovske prefabrikovane spojnice ili kompresione spojnice. U ovom delu ćemo razmatrati kompresioni spoj bakarnog provodnika. Kod kompresione spojnice, postoje delovi koji se kompresuju i u tim delovima spoja između prefabrikovane cevke i provodnika se javlja otpornost na samom kontaktu usled čega dolazi do generisanja toplote.

Kako bi se precizno izračunala kontaktna otpornost, neophodno je uzeti u obzir složenu strukturu zbijenih provodnika, lokalne plastične deformacije spojnog elementa i stvarni kontaktni interfejs između spojnice i provodnika. Kompresioni spoj se sastoji od dva provodnika

i spojnog rukavca. Pre i tokom procesa presovanja, formira se kontakt između provodnika i rukavca, gde dolazi do deformacija i promene kontaktne površine.

Postoji dosta metoda proračuna koji su prezentovani u radu [1], a ovde ćemo dati osvrt na iste kao i rezultate laboratorijskih merenja.

Postoje 3 metode proračuna:

Hertz-ov model

- Zasniva se na elastičnoj deformaciji kontaktne površine.
- Ignoriše mikroskopski kontakt i uticaj hrapavosti površine.
- Daje veće vrednosti otpora jer ne uzima u obzir stvarnu kontaktnu površinu.

Greenwood-ov model

- Uključuje uticaj hrapavosti površine, ali pretpostavlja elastičnu deformaciju asperiteta.
- Precizniji je od Hertz-ovog, ali i dalje ignoriše plastičnu deformaciju na mikronivou.

Bahrami-jev model

- Uključuje mikroskopski kontakt, plastičnu deformaciju asperiteta i varijaciju geometrije.
- Najprecizniji je i najbliži eksperimentalnim rezultatima.
- Ima najmanju relativnu grešku – u proseku samo 3.95% odstupanja od merenja.

Kvalitet spoja i tačnost proračuna kontaktne otpornosti su ključni za sprečavanje lokalnog pregrevanja prelaznih spojnica. S'obzirom na to da prelazne spojnice imaju složen kontakt između različitih materijala i geometrija, upotreba pojednostavljenih modela (kao što su Hertz ili Greenwood) može dovesti do značajnog potcenjivanja lokalnog otpora i generisanog toplote.

Zbog toga je u praksi preporučljivo koristiti modele koji:

- uključuju mikro-geometriju i hrapavost kontakta,
- uzimaju u obzir plastičnu deformaciju pri presovanju,
- i precizno prate distribuciju pritiska i temperature.

Konkretno, Bahrami-jev model (ili slični napredni modeli) bi trebalo koristiti kod projektovanja i analize prelaznih spojnica, kako bi se postigla veća pouzdanost spoja i smanjio rizik od kvara zbog termičkog preopterećenja.

6 ZAKLJUČAK

Primena prelaznih spojnica u srednjenaponskim kablovskim sistemima vetroparkova i solarnih elektrana predstavlja efikasno tehničko rešenje u slučajevima kada se pojavljuju ograničenja u pogledu preseka kablova, konfiguracije terena ili uslova polaganja. Analizom različitih scenarija, kao što su paralelno vođenje kablova u ograničenim koridorima ili povećana dubina polaganja, potvrđeno je da prelazne spojnice omogućavaju prilagođavanje sistema bez potrebe za celokupnom promenom projektovanih kablovskih trasa.

Posebno je značajno što prelazne spojnice omogućavaju prelazak na veće preseke ili različite materijale provodnika (npr. sa aluminijumskog na bakarni), čime se obezbeđuje zadovoljenje termičkih i strujnih zahteva sistema. Proračuni su pokazali da pravilnim izborom preseka i materijala provodnika, kao i kvalitetnom montažom, temperatura provodnika ostaje u dozvoljenim granicama, čak i u najnepovoljnijim uslovima.

Eksperimentalna analiza kontaktne otpornosti na spojevima [1] dodatno je pokazala da sa povećanjem preseka provodnika dolazi do smanjenja kontaktne otpornosti što doprinosi smanjenju lokalnog zagrevanja spoja i povećava pouzdanost sistema.

Na osnovu svih analiziranih faktora, može se zaključiti da primena prelaznih spojnica doprinosi optimizaciji kablovskih sistema u postrojenjima obnovljivih izvora energije, povećava fleksibilnost projektovanja i pouzdanost eksploatacije, uz optimalan odnos tehničkih i ekonomskih zahteva.

7 LITERATURA

- [1] A New Method for Determining the Connection Resistance of the Compression Connector in Cable Joint Fan Yang 1, Ningxi Zhu 1, Gang Liu 1,*, Hui Ma 2, Xiaoyu Wei 1, Chuanliang Hu 1, Zhenhua Wang 3 and Jiasheng Huang 3