

mr.sc. Aleksandar Hajdu, dipl.ing.el.
HEP ODS, Elektroprimorje Rijeka
aleksandar.hajdu@hep.hr

Hrvoje Čop, dipl.ing.el.
HEP ODS, Elektroprimorje Rijeka
hrvoje.cop@hep.hr

RJEŠENJE MEĐUTRANSFORMACIJE 20/10 KV PRI PRIJELAZU NA 20 KV

SAŽETAK

Kod prijelaza područja 10 kV energetske mreže na 20 kV naponsku razinu često se pojavljuju dijelovi mreže, odnosno postojeće 10 kV kableske dionice, ili veći kupci na 10 kV naponu, koji iz tehničkih razloga nisu spremni za prelazak na 20 kV naponsku razinu. U takvim slučajevima rješenje za napajanje tog izoliranog 10 kV dijela mreže je ugradnja privremene međutransformacije 20/10 kV. U Elektroprimorju Rijeka izrađeno je projektno rješenje mobilnog kontejnerskog postrojenja za međutransformaciju 20/10 kV, snage do 2,5 MVA, sa daljinski upravljanim SN postrojenjima. Predviđena su dva odvojena kontejnera standardnih dimenzija, koji se mogu jednostavno transportirati te na taj način osigurati napajanje 10 kV naponom dijela mreže ili 10 kV kupca pri svim prelascima na 20 kV naponski nivo, ukoliko je potrebno. Članak opisuje tehnička rješenja primijenjena u tom projektu kao što su senzorska mjerenja za potrebe zaštite, napajanje pomoćnih sustava iz mjernog naponskog transformatora, rezervni autonomni fotonaponski sustav napajanja i drugo.

Ključne riječi: 20/10 kV međutransformacija, senzorska mjerenja, naponski mjerni transformator

SOLUTION FOR 20/10 KV TRANSFORMATION DURING THE TRANSITION TO THE 20 KV

SUMMARY

During the transition of the 10 kV power grid to the 20 kV voltage level, parts of network like 10 kV cable segments or customers at 10 kV voltage level for technical reasons are not ready to switch to the 20 kV voltage level. In such cases, the solution for supplying this isolated 10 kV part of the network is the installation of a temporary 20/10 kV transformation. In Elektroprimorje Rijeka, a project solution was developed for mobile 20/10 kV transformation container plant, with transformation power of up to 2.5 MVA, and remote controlled MV switchgears. It consisted of two separate containers with standard dimensions, which can be easily transported and thus provide 10 kV power supply to the part of the network or a 10 kV customer at all transitions to the 20 kV voltage level, if necessary. The article describes technical solutions applied in this project such as sensor measurements for protection purposes, supply of auxiliary systems from the voltage instrument transformer, spare autonomous photovoltaic power supply system and other.

Key words: 20/10 kV transformation, sensor measurements, voltage instrument transformer

1. UVOD

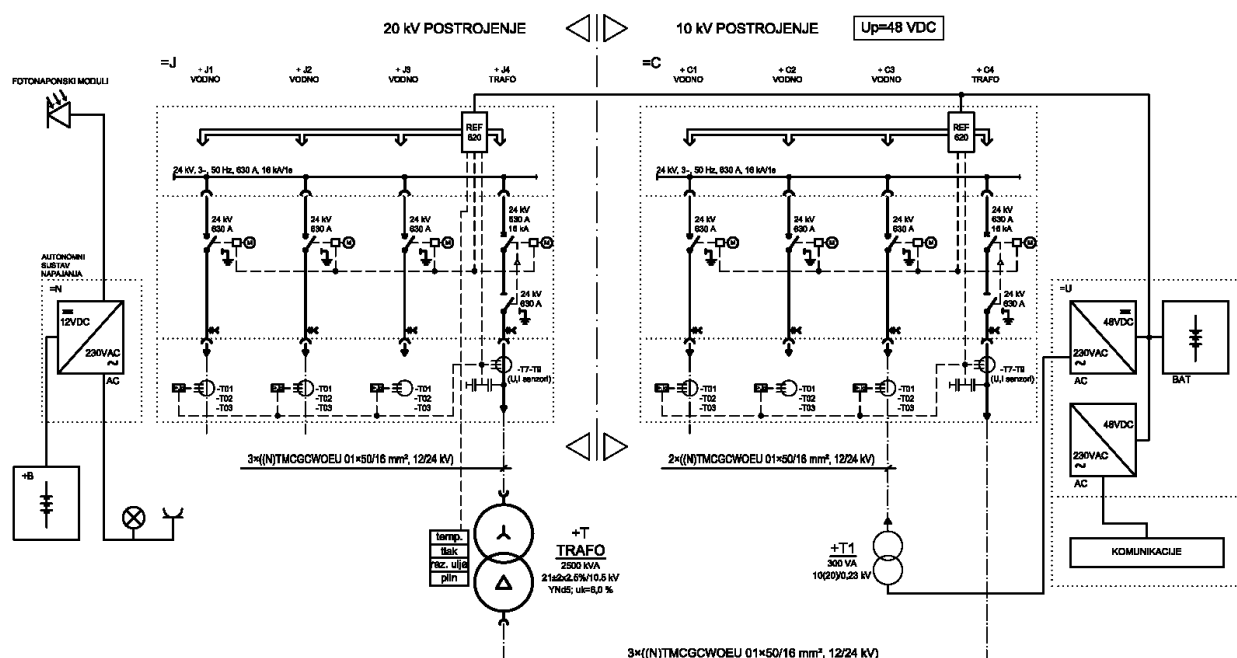
Pri prelascima 10 kV distribucijske mreže na 20 kV naponsku razinu često se pojave kupci na 10 kV naponu, ili duže 10 kV kableske dionice (npr. podmorski kabeli) koji tehnički nisu spremni za prelazak na 20 kV napon, a njihova zamjena iziskuje značajna financijska ulaganja koja u tom trenutku nisu predviđena. U tim slučajevima često se odabire rješenje ugradnje privremene međutransformacije 20/10 kV koja će napajati ta područja do njihove tehničke rekonstrukcije. Ako postoji tehnički prihvatljivo rješenje da se međutransformacija izvede u nekoj postojećoj transformatorskoj stanici, uz korištenje dijela postojećeg postrojenja, onda je najjednostavnije odabrati takvo rješenje. Ali ako se radi o poziciji gdje takvih uvjeta nema, onda se nameće rješenje mobilnog (privremenog) postrojenja, te je za takav slučaj u Elektroprimorju Rijeka razrađeno jedno kontejnersko mobilno 20/10 kV postrojenje za potrebe napajanja Lošinjskog arhipelaga, koji se napajaju 10 kV podmorskim kabelima čija se zamjena financijski planira tek za par godina. Razvijeno rješenje je napravljeno kao mobilno tako da može poslužiti i na drugim mjestima u budućnosti, kod sličnih uvjeta napajanja, a može se iskoristiti i kao privremena 10(20) kV rasklopnica kod izvedbe rekonstrukcija manjih napojnih transformatorskih stanica, za potrebe napajanja 10(20) kV konzuma dok je postojeće postrojenje u rekonstrukciji, anulirajući potrebu za kompliciranu faznost radova zbog potrebe da dio rekonstruiranog postrojenja bude pod naponom.

2. OPIS RJEŠENJA

Cjelokupna oprema međutransformatorskog postrojenja TS 20/10 kV smještena je u dva standardna prilagođena metalna kontejnera, tako da je sama trafostanica mobilne izvedbe pa se po potrebi može koristiti na raznim lokacijama gdje se ukaže potreba.

U jedan kontejner smješta se energetski uljni transformator prijenosnog omjera 20/10 kV, snage do 2500 kVA. U drugi kontejner smješta se oprema 10 i 20 kV postrojenja, oprema pomoćnog i rezervnog autonomnog napajanja, oprema zaštite, daljinskog upravljanja i komunikacija, te preostala oprema potrebna za funkcioniranje trafostanice.

Kako je trafostanica zamišljena kao mobilna, međusobne SN veze izvedene su fleksibilnim kabelima dovoljnih dužina za razne konfiguracije smještaja kontejnera.



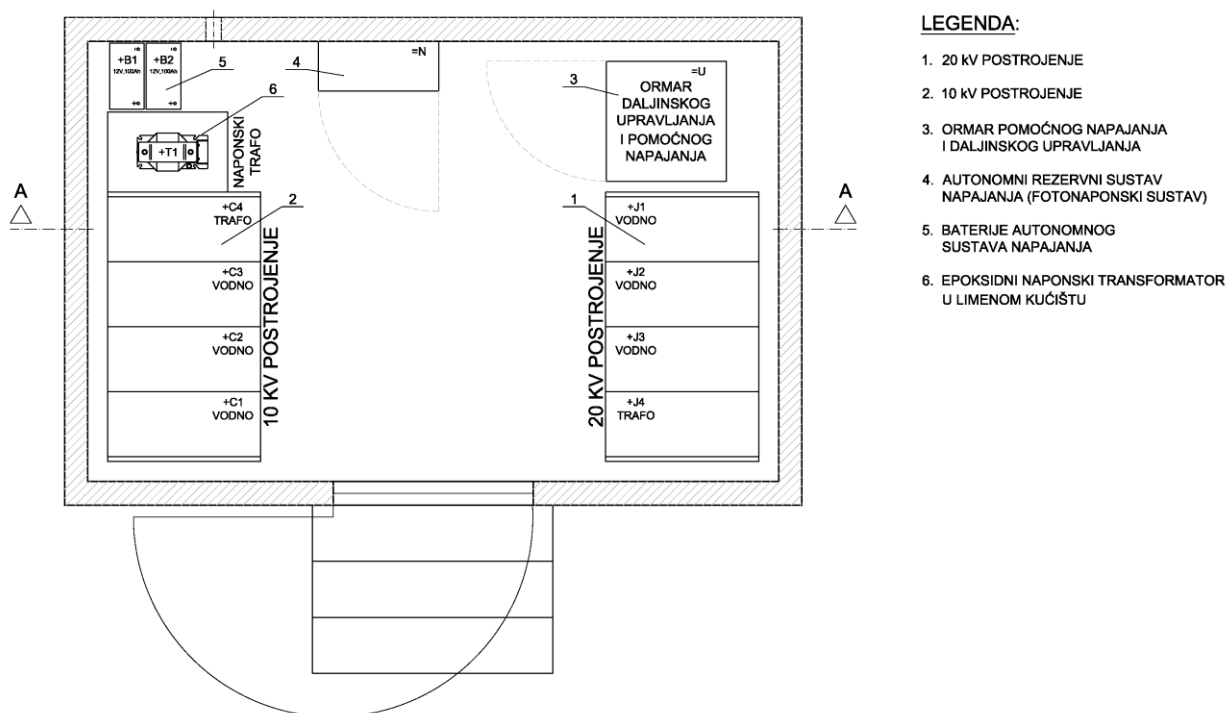
Slika 1. Jednopolna shema TS 20/10 kV

2.1. Kontejneri za smještaj opreme

Kako je već spomenuto međutransformatorsko postrojenje TS 20/10 kV izvedeno je u dva standardna metalna kontejnera, od čega jedan za smještaj energetskog transformatora, a jedan za smještaj SN postrojenja i preostale opreme potrebne za funkcioniranje trafostanice.

2.1.1. Kontejner SN postrojenja

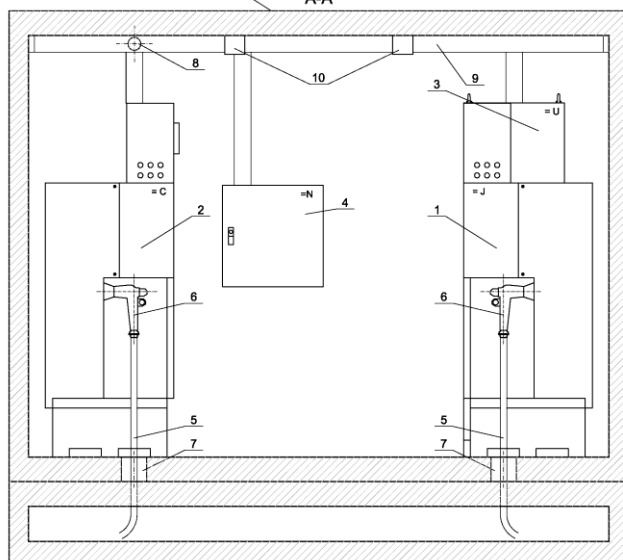
Kontejner za smještaj SN postrojenja i pripadajuće opreme je izvedbe EUROstandard, te udovoljava propisima prilikom transporta. Kontejner je čelične konstrukcije, pocinčan i obojen, dimenzija 3685×2438×2791 mm, a smješten je na pripadajućem metalnom postolju visine 500 mm. Osim postolja kontejner je opremljen i demontažnim stepenicama radi lakšeg ulaska u prostor postrojenja. Izolacija krova i zidova kontejnera izvedena je mineralnom vunom 100. Na krovu kontejnera smještena su dva fotonaponska panela za napajanje rezervnog autonomnog sustava napajanja, sa pripadajućom krovnom konstrukcijom. Oprema u kontejneru je smještena dvoredno tako da je jasno odvojena 10 kV oprema od 20 kV opreme, čime je kriva manipulacija svedena na minimum. Uz SN postrojenja u kontejneru je smještena i oprema za pomoćne sustave, koju čine ormar daljinskog upravljanja i pomoćnog napajanja, naponski transformator te baterije autonomnog sustava napajanja.



Slika 2. Dispozicija ugrađene opreme u kontejner postrojenja – tlocrt

NA KROVU KONTEJNERA UGRADJUJU SE DVA
FOTONAPONSKA PANELA dim 1663 x 998 cm
SA PRIPADAJUĆOM KONSTRUKCIJOM

PRESJEK
A-A



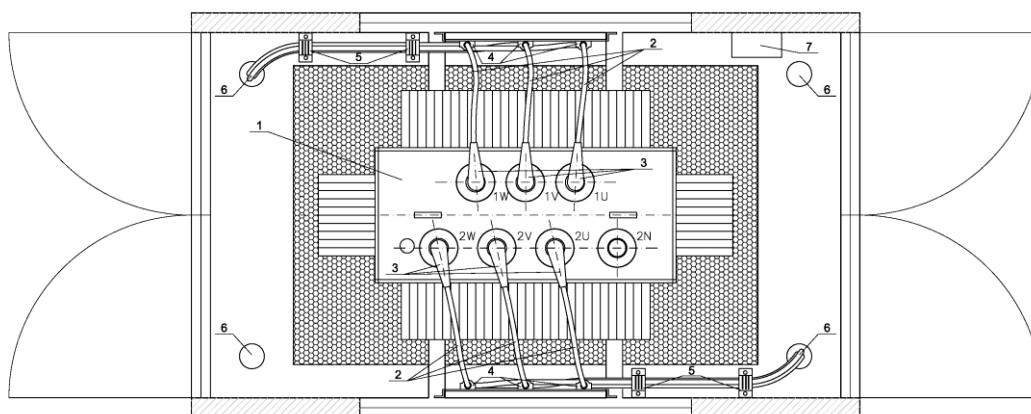
LEGENDA:

1. 20 kV POSTROJENJE
2. 10 kV POSTROJENJE
3. ORMAR POMOĆNOG NAPAJANJA I DALJINSKOG UPRAVLJANJA
4. AUTONOMNI SUSTAV REZERVNOG NAPAJANJA (FOTONAPONSKI SUSTAV)
5. SN KABELSKI VODOVI
6. EKRANIZIRANI KUTNI ADAPTER ZA SPOJ KABELA TRAFU POLJA
7. BRTVE UVODNICA KABELA
8. BRTVE UVODNICA KABELA
9. KABELSKI KANAL
10. LED SVJETILJKA

Slika 3. Dispozicija ugrađene opreme u kontejner postrojenja – presjek

2.1.2. Kontejner energetskog transformatora

Kontejner za smještaj energetskog transformatora također je izvedbe EUROstandard, čime udovoljava propisima prilikom transporta. Kontejner je čelične konstrukcije, pocinčan i obojen, dimenzija 4030×2438×2791 mm, a biti će biti smješten na pripadajućem metalnom postolju dimenzija visine 500 mm. Izolacija krova i zidova kontejnera izvedena je mineralnom vunom 100. Sastavni dio postolja kontejnera je limena tankvana zapremnine 1,7 m³, predviđena za prihvatanje eventualno iscurenog ulja iz energetskog transformatora. Kontejner je opremljen dvjema vratima radi lakšeg održavanja. Krov kontejnera je demontažne izvedbe radi lakše ugradnje i demontaže energetskog transformatora. U podu kontejnera ispod transformatora izveden je otvor dimenzija 2800×1800 mm, te čelična ojačanja radi same težine transformatora. Otvor u podu je zatvoren žičanom rešetkom za sprečavanje ulaska glodavaca. Otvor u podu ima dvostruku ulogu, tako je kroz njega ostvarena ventilacija, odnosno hlađenje transformatora, a služi i za prolazak eventualno iscurenog ulja iz energetskog transformatora u već spomenutu tankvanu za prihvatanje ulja. Na bočnim zidovima i na vratima kontejnera predviđene su ventilacijske rešetke za cirkulaciju zraka, odnosno za hlađenje transformatora.



LEGENDA:

1. ENERGETSKI TRANSFORMATOR
2500 kVA, 21/10,5 kV, Dyn5
2. SN KABELSKI VODOVI
tip (N)TMCGCWOEU 01×50/16 mm², 12/24 kV
3. EKRANIZIRANI KUTNI ADAPTER ZA SPOJ KABELA
4. KABELSKA OBUJIMICA ZA PRIHVAT JEDNOŽILNOG KABELA
5. KABELSKA OBUJIMICA ZA PRIHVAT TRI JEDNOŽILNA KABELA
6. BRTVE UVODNICA KABELA
7. RAZVODNI ORMARIĆ

Slika 3. Dispozicija ugrađene opreme u kontejner energetskog transformatora – tlocrt

2.1. SN postrojenje

Međutransformatorsko postrojenje čine dva identična 10(20) kV postrojenja izvedena od metalom oklopljenih, plinom SF₆ izoliranih sklopnih blokova. Oba sklopna postrojenja sastavljena su od tri 630 A vodna polja i po jedno 630 A transformatorsko polje.

Vodna polja su opremljena tropoložajnom rastavnom sklopkom sa zemljospojnikom, nazivne struje 630 A, s prigradenim elektromotornim pogonom 48 VDC, strujnim senzorima za montažu na izolirane kabele u svrhu indikacije kratkog spoja i zemljospoja te kapacitivnim naponskim indikacijskim sustavom sa transmitterom.

Transformatorsko polje je opremljeno sa vakuumskim prekidačem s prigradenim motornim pogonom 48 VDC nazivne struje 630 A, nazivne prekidne moći 16 kA, tropoložajnim rastavljačem sa zemljospojnikom, kombiniranim strujno – naponskim senzorima za potrebe mjerenja i zaštite numeričkog terminala polja koji je ugrađen na vrhu bloka u niskonaponskom ormariću.

Upravljanje 10 kV i 20 kV aparatima moguće je ručno (odvojom ručicom za napinjanje sklopne opruge i tipkalima, odnosno zakretnom ručicom), lokalno (s razine polja, putem upravljačko – zaštitnog terminala polja koji upravlja i sa vodnim i sa transformatorskim poljem), te daljinski (iz distribucijskog centra daljinskog upravljanja).

U normalnom pogonu postrojenja su predviđena za daljinsko upravljanje sklopnim aparatima iz distribucijskog centra daljinskog upravljanja, dok je ručno i lokalno upravljanje predviđeno kao opcija u iznimnim slučajevima.

Zaštite, mjerenja, signalizacija i sve upravljačko – nadzorne funkcije provedene su preko numeričkih zaštitno – upravljačko – signalnih terminala polja ugrađenih u niskonaponske odjeljke 10 kV odnosno 20 kV transformatorskih polja postrojenja. Naponske odnosno strujne grane u terminal polja se dovode sa kombiniranih strujno – naponskih senzora smještenih u priključcima 10 kV odnosno 20 kV transformatorskih polja.

Komunikacija unutar transformatorske stanice realizirana je kao lokalna mreža prema IEC 61850 protokolu, vrlo visoke raspoloživosti i kvalitete. Komunikacijska oprema trafostanice smještena je u zasebnom ormaru daljinskog upravljanja. Kako je trafostanica koncipirana kao mobilna, tako je i mogućnost komunikacijske veze prema dispečerskom centru predviđena digitalnom radio vezom ili GPRS vezom, ovisno o kvaliteti signala na određenoj lokaciji trafostanice.

Veza između staničnog računala i procesa ostvaruje se putem komunikacijsko – kontrolnog uređaja smještenog u računalu koji obavlja nadzor komunikacijskih tokova, prikupljanje i distribuciju podataka. Sadrži komunikacijske jedinice za vezu prema sustavu numeričke zaštite i za vezu prema dispečerskom centru. Pomoćni napon upravljanja i signalizacije je 48 VDC. Stanično računalo komunikacijskim vezama spojeno je u sustav daljinskog vođenja iz centra daljinskog upravljanja.

2.3. Energetski transformator

Energetski transformator je fiksno je ugrađen u kontejner transformatora na pripremljene čelične profile, da se spriječe oštećenja prilikom transporta.

Hlađenje transformatora riješeno je prirodnim strujanjem zraka oko transformatora. Strujanje zraka, a time i hlađenje transformatora, je realizirano izvedbom ventilacijskih otvora ispod transformatora te na bočnim zidovima i ulaznim vratima. Površine ulaznih, odnosno izlaznih ventilacijskih otvora zraka izvedene su prema tehničkim proračunima.

Sam energetski transformator je snage do 2500 kVA prijenosnog omjera 21/10,5 kV, uljne izvedbe. Priključci na 20 kV i 10 kV strani izvedeni su kao utičnice 24kV/250A, izrađene prema normi HRN EN 50181, tako da su kabelske veze prema SN postrojenju izvode kompletno izolirane. Transformator je dodatno opremljen integralnim zaštitnim uređajem RIS za zaštitu transformatora od unutarnjih kvarova. Prorada zaštitnog uređaja aktivira isključ primarnog i sekundarnog transformatorskog polja SN postrojenja.

2.4. Energetske veze

Kako je trafostanica zamišljena kao mobilna, sve međusobne SN veze unutar trafostanice izvedene su fleksibilnim kabelima dovoljnih dužina, čime se postiže fleksibilnost smještaja samih kontejnera ovisno o terenu na kojem se smješta trafostanica.

10 kV i 20 kV veze transformator – SN postrojenja izvode se fleksibilnim SN bakrenim kabelom presjeka 50 mm², a kako su priključci na transformatoru i SN postrojenjima izvedeni kao utičnice prema normi HRN EN 50181, za priključak kabela koriste se izolirani kutni konektorski priključci koji

pojednostavljuju spajanje odnosno odspajanje samih veza. Naponski transformator iz kojeg se napajaju sekundarni sustavi spaja se dvopolno na 10 kV vodno polje, i također se izvodi fleksibilnim SN kabelom.

2.5. Sustav pomoćnog napajanja

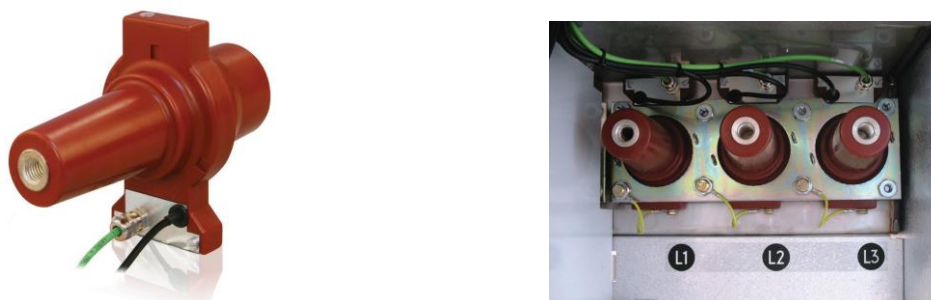
Pomoćno napajanje trafostanice čine dva odvojena nezavisna sustava. Sustav pomoćnog napajanja 48 VDC, i sustav rezervnog autonomnog napajanja 230 VAC.

Sustav pomoćnog napajanja 48 VDC služi za napajanje sekundarnog sustava zaštite, upravljanja i komunikacije, te motornih pogona sklopnih aparata. Sačinjen je od sustava napajanja 230 VAC koje čini dvopolno izolirani naponski transformator 10(20)/0,23 kV, 1000 VA, ispravljač/punjač, baterija 48V, 24Ah, izmjenjivač 48VDC/230VAC, te sustavi DC i AC razvoda. Sustav pomoćnog 48VDC napona izveden je tako da u slučaju nestanka AC napajanja, održava kompletnu trafostanicu pod daljinskim nadzorom slijedećih 5 h.

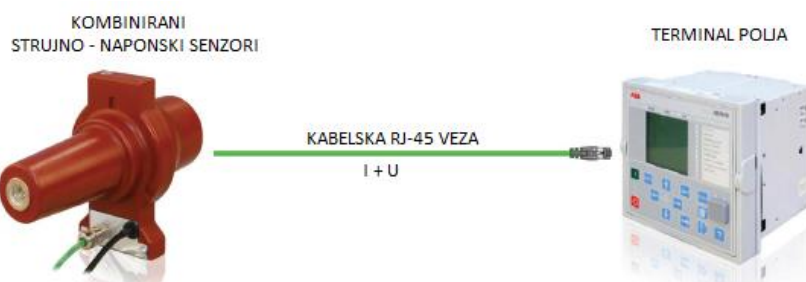
Sustav rezervnog autonomnog napajanja 230 VAC sastavljen od tri osnovna dijela i to fotonaponskih panela smještenih na krovu kontejnera SN postrojenja, akumulatorske baterije, i energetskog razvoda. Sustav služi za napajanje rasvjete, priključnica trafostanice i sve preostale manje važne potrošnje. U slučaju nužde (kvara) može preuzeti napajanje glavnog sustava pomoćnog napajanja 48 VDC. Smješten je u zasebnom ormaru na zidu trafostanice, i omogućava priključnu snagu do maksimalno 1000VA.

2.6. Senzorska mjerenja

Kako je već navedeno ranije, trafostanica je mobilne izvedbe i ograničena je prostorom radi dimenzija samih transportnih jedinica kontejnera. U nedostatku prostora za klasično mjerno polje na srednjem naponu, prišlo se rješenju sa kombiniranim strujno – naponskim senzorima. Senzori su vrlo kompaktni, a izvedeni su u sklopu priključne utičnice tip C prema normi EN 50181, što je prikazano na slici 4. Sekundarne strujne i naponske grane su izvedene na način da se priključnim kabelom sa RJ45 konektorima spajaju direktno na terminal polja, čime se postigla maksimalna jednostavnost, te je otklonjena mogućnost krivog ožičenja. Glavna prednost takvog rješenja u ovom slučaju je već spomenuta značajna ušteda u prostoru, jednostavnost spajanja preko RJ45 konektora, te mogućnost krivog spajanja koja je svedena na minimum. Međutim isto tako zbog odsutnosti feromagnetske jezgre, senzori imaju linearni odziv u vrlo širokom rasponu struja i napona, pa se isti pojedinačni senzor može koristiti za različite nazivne struje i napone. Uzimajući u obzir cijenu mjernog polja, postrojenje sa senzorskim mjerenjem je i jeftinije rješenje, uz sve već navedene prednosti.



Slika 4. Kombinirano strujno – naponski senzori



Slika 5. Prikaz povezivanja senzora sa terminalom polja

2.7. AC napajanje naponskim mjernim transformatorom

Zbog specifičnosti lokacija na kojima se javljaju potrebe ugradnje međutransformacije, ne postoje uvijek mogućnosti spajanja na distributivnu NN mrežu za potrebe napajanja pomoćnih sustava, što ne bi bilo ni dovoljno pouzdano napajanje. Ugradnja kućnog transformatora naravno nije ni razmatrana jer bi cijela svrha mobilnosti i kompaktnosti bila narušena. Na ovaj način trafostanica je mobilna i kompletno autonomna što se tiče NN napajanja. Pomoćno AC napajanje izvedeno je preko dvopolno izoliranog naponskog mjernog transformatora (NMT). Odabrani NMT je preklopive izvedbe na primarnom dijelu, što znači da se jednostavnim prespajanjem može spojiti na 10 kV ili 20 kV naponsku razinu, u ovisnosti o raspoloživosti slobodnih vodnih polja u SN postrojenjima. Dvopolna izvedba osigurava sigurnost u slučaju jednopolnih kratkih spojeva sprečavanjem pojave previsokih napona na samom mjernom transformatoru, što bi uzrokovalo kvarove na opremi koju on napaja. Izlazna snaga koju NMT može dati na sekundarnim stezaljkama je do 1000 VA, što je više nego dovoljno za kompletnu potrošnju sekundarnih sustava trafostanice. Ovim rješenjem osigurano je kvalitetno napajanje sekundarnih sustava, sa minimalnim dimenzijama mjernog transformatora.

3. ZAKLJUČAK

Prijelaz nekog SN područja sa 10 kV na 20 kV naponsku razinu složen je i zahtjevan postupak koji iziskuje velike investicije, a u nekim slučajevima nije u potpunosti tehnički izvediv u zadanim rokovima. U tim međufaznim razdobljima, dok se ne stvore uvjeti za kompletan prijelaz na 20 kV naponsku razinu, primjenjuju se rješenja opisana ovim radom. Ovim rješenjem se na jednostavan i brz način mogu napojiti dijelovi mreže koji u danom trenutku tehnički nisu spremni za novo stanje u energetske mreži. Razrađena su kompaktna i efikasna tehnička rješenja na svim razinama jednog modernog transformatorskog postrojenja. Prikazano rješenje može se primijeniti na skoro svakoj lokaciji, te se koristiti više puta u raznim situacijama. Kontejner sa postrojenjem je kompletno autonoman te može poslužiti i kao privremena 10(20) kV rasklopnica za vrijeme rekonstrukcije neke manje napojne trafostanice. Uz sve navedeno, ulaganje u izradu ovakvog postrojenja sigurno bi se pokazalo kao vrijedna investicija za poboljšanje kvalitete i fleksibilnosti napajanja privremenih karaktera.

4. LITERATURA

- [1] Čop Hrvoje, dipl.ing.el., "TS 20/10 kV Međutransformacija Lošinj", Tehničko rješenje TR-TV-159-16, HEP ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka, siječanj 2017.
- [2] "ABB Medium Voltage Product, ", Indoor combined sensor