

mr.sc. Davor Petranović, dipl.ing.el.
Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb
davor.petranovic@ie-zagreb.hr

dr.sc. Damir Pečvarac, dipl.ing.el.
HEP – ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek
damir.pecvarac@hep.hr

Marijana Kotaran-Munda, dipl.ing.građ.
Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb
marijana.kotaran-munda@ie-zagreb.hr

Dario Janjić, dipl.ing.el.
HEP – ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek
dario.janjin@hep.hr

PROJEKT UGRADNJE REGULATORA NAPONA

SAŽETAK

U radu je opisan projekt ugradnje regulatora napona u DV 10 kV Našice – Feričanci. Projektiranje je obuhvatilo elektromontažni i građevinski projekt. Elektromontažni projekt je obuhvaćao pored ostalih i projekt priključka na nadzemni vod i spoj na SCADA sustav preko digitalnog radio sustava TETRA. Građevinski projekt je obuhvaćao projekt čelične konstrukcije i temelja uvažavajući vlastito opterećenje, dodatno opterećenje ledom, opterećenje vjetrom i zatezno opterećenje faznim vodičima.

Projektirani regulator napona omogućava regulaciju napona u opsegu $\pm 15\%$.

Ključne riječi: regulator napona, projekt, čelična konstrukcija, nadzemni vod

DESIGN OF VOLTAGE REGULATOR IMPLEMENTATION

SUMMARY

The paper deals with design of voltage regulator implementation in 10 kV overhead line Našice – Feričanci. Design involves electrical and civil design. Electrical design involves, beside others, design of overhead line connection and connection on SCADA over digital radio system TETRA. Civil design involves steel structure design and foundation design according to dead load, ice load, wind load and overhead line tension force.

Designed voltage regulator provides voltage regulation in range $\pm 15\%$.

Key words: voltage regulator, design, steel structure, overhead line

1. UVOD

1.1. Prednosti ugradnje regulatora napona u distribucijsku mrežu

Ugradnja regulatora napona je jedno od rješenja za poboljšanje loših naponskih prilika u distribucijskim mrežama. Radi se o sustavu regulatora napona od 2 ili 3 povezana jednofazna autotransformatora ili jednog trofaznog autotransformatora. Ovisno o snazi i broju jedinica, regulatori napona se mogu ugraditi ili u posebno postrojenje ili na pravilno dimenzioniran stup.

Regulator napona je autotransformator koji ima mogućnost promjene prijenosnog omjera pomoću mijenjanja položaja regulacijske sklopke i to pod teretom. Položaj regulacijske sklopke se automatski mijenja tako da se napon na njegovom sekundaru (izlazu) održi, ako je moguće, na željenoj vrijednosti koja se postavi na njegovoj upravljačkoj jedinici. Regulatori napona se najčešće izvode kao jednofazne ili trofazne jedinice. Jednofazne jedinice se u svijetu više koriste od trofaznih iz razloga lakšeg manipuliranja i održavanja.

Regulatori napona održavaju iznos napona na mjestu ugradnje tako da iza njega dolazi do poboljšavanja naponskih prilika.

Kako bi se postigao maksimalni učinak potrebno je prethodno odrediti njegovu najpovoljniju lokaciju u mreži. Općenito se može reći da ga treba instalirati na mjestu gdje počinju problemi s iznosom napona kod maksimalnog i minimalnog opterećenja. Tri jednofazna regulatora, spojena u zatvoreni trokut, zajedno mogu regulirati napon u trofaznim srednjenaponskim mrežama. Kod spoja tri jedinice u zatvoreni trokut moguća je regulacija napona od $\pm 15\%$ u odnosu na napon na primarnoj strani. Pri tom su sve jedinice istih karakteristika s regulacijom napona od $\pm 10\%$.

Upravljački sustav ima mogućnost automatske regulacije pod naponom. Sustav također registrira promjenu toka energije te može mijenjati smjer regulacije.

1.2. Pripremni radovi za ugradnju regulatora napona u Elektroslavoniji Osijek

U Elektroslavoniji Osijek su izvršene studijske pripreme za ugradnju regulatora napona. Izvršene su analize mogućnosti poboljšanja naponskih okolnosti u 10 kV mreži Elektroslavonije pomoću regulatora napona [1] i ovisnost lokacije regulatora napona o pogonskim stanicama u srednjenaponskoj mreži [2]. Na temelju ovih analiza odlučeno je da se krene u realizaciju ugradnje regulatora napona u DV 10 kV Našice – Feričanci na mjesto stupa broj 4 [3].

2. SASTAVNICE REGULATORA NAPONA

2.1. Regulator napona VR-32

Za ugradnju je odabran regulator napona proizvođača Cooper Power Systems, tip VR-32 [4]. Regulator napona ima mogućnost regulacije pod teretom u 32 položaja i opseg regulacije $\pm 10\%$, (16 položaja regulacije za podizanje napona i 16 položaja regulacije za smanjenje napona). Svaki od 32 koraka regulacije iznosi približno $5/8\%$. Tri jednofazna regulatora napona trebaju biti spojena u "zatvoreni trokut" da bi se dobio traženi opseg regulacije $\pm 15\%$.

Napon se održava u željenim granicama pomoću upravljanja koje mjeri napon s obje strane i faznu struju. Konstrukcija regulatora napona se temelji na sklopu jezgra-svitak u zatvorenom kotlu s izolatorskim uljem. Konstrukcija kotla omogućava da se, bez smanjenja izolacijskog života, dozvoljeni nazivni porast temperature od $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, poveća na $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ čime se dobiva dodatnih 12% opterećenja.

Pokazivač položaja je montiran na spojnoj kutiji na poklopcu regulatora napona i izravno je povezan na regulator s fleksibilnom pogonskom osovinom. Na prednjoj strani pokazivača položaja nalazi se nulti položaj te 16 položaja lijevo i desno od njega. Nula označava neutralni položaj. Granične kazaljke označavaju maksimalnu i minimalnu poziciju postignutu tijekom operacije dizanja i spuštanja napona. Granične kazaljke se mogu resetirati pomoću sklopke za resetiranje na upravljačkoj jedinici.

Regulatori napona VR-32, nazivne struje ispod 668 A, imaju svojstvo ADD-AMP koje omogućava povećanje strujnog opterećenja reduciranjem opsega regulacije. To se ostvaruje postavljanjem graničnih sklopki u pokazivaču položaja za sprečavanje regulatora da prijeđe postavljenu poziciju u rastućem ili padajućem smjeru. Reducirani opseg regulacije može poprimiti vrijednosti iz slijedećeg niza ± 5 , ± 6.25 , ± 7.25 , ± 8.75 i $\pm 10\%$

Za odabrani regulator napona VR-32, 11 kV, 110 kVA dozvoljena opterećenja u ovisnosti o reduciranom opsegu regulacije su prikazana u tablici I.

Tablica I. Dozvoljeno strujno opterećenje regulatora napona

Napon (kV)	Snaga (kVA)	Strujno opterećenje (A)				
		Opseg regulacije (%)				
		± 10	± 8.75	± 7.5	± 6.25	± 5
11	110	100	110	120	135	160

Standardna oprema odabranog regulatora napona sadržava:

- a) regulator s motornim pogonom,
- b) pokazivač položaja s ADD-AMP prilagodbom,
- c) dvije natpisne pločice (regulator napona i upravljački ormarić),
- d) ručice za podizanje regulatora napona,
- e) ventil za istakanje ulja,
- f) vanjski serijski odvodnik prenapona,
- g) priprema za ugradnju shunt odvodnika prenapona,
- h) provodni izolatori sa stezaljkama,
- i) hvataljke za montažu na stup,
- j) podnožje za montažu na temelj,
- k) automatski ventil za odterecenje,
- l) ručice za pridržavanje,
- m) upravljačka jedinica s odvojitivim prednjim panelom,
- n) mjerni transformator za korekciju omjera.

Dodatna oprema sadržava:

- a) shunt odvodnici prenapona,
- b) produženi upravljački kabel,
- c) potporna konstrukcija,
- d) grijač za upravljački ormarić,
- e) ventilatori za hlađenje,
- f) čitač podataka iz upravljačke jedinice,
- g) natpisna pločica na alternativnom jeziku i/ili u MKS jedinicama,
- h) oprema za priključak izmjeničnog napona 240 V, 50 Hz iz vanjskog izvora,
- i) interni diferencijalni naponski transformator za povratni smjer snage s mjerenjem,
- j) fiber optička interface pločica (za digitalnu komunikaciju).

Regulatori napona su izrađeni i ispitani prema ANSI/IEEE standardu C57.15-1999 (IEEE Standard Requirements, Terminology, and Test Code for Step-Voltage Regulators).

2.2. Upravljačka jedinica CL-6A

Svaki regulator napona ima svoju upravljačku jedinicu. Upravljačke jedinice tipa CL-6A [5] su s regulatorima napona spojene kabelima, a smještene su u upravljačkom ormariću. Osnovni dijelovi upravljačke jedinice CL-6A su:

- a) preklopka za interni ili eksterni izvor napajanja,
- b) preklopka za automatsko i ručno upravljanje,
- c) sklopka za ručno dizanje i spuštanje napona,
- d) reset sklopka za graničnike regulacije,
- e) svjetlo za indikaciju neutralnog položaja,
- f) brojač prorade,
- g) konektor za povezivanje na sustav daljinskog prijenosa podataka,
- h) postolje osigurača s osiguračima,
- i) stezaljka za ispitivanje napona,
- j) stezaljke za vanjski izvor napajanja,

a osnovne funkcije su:

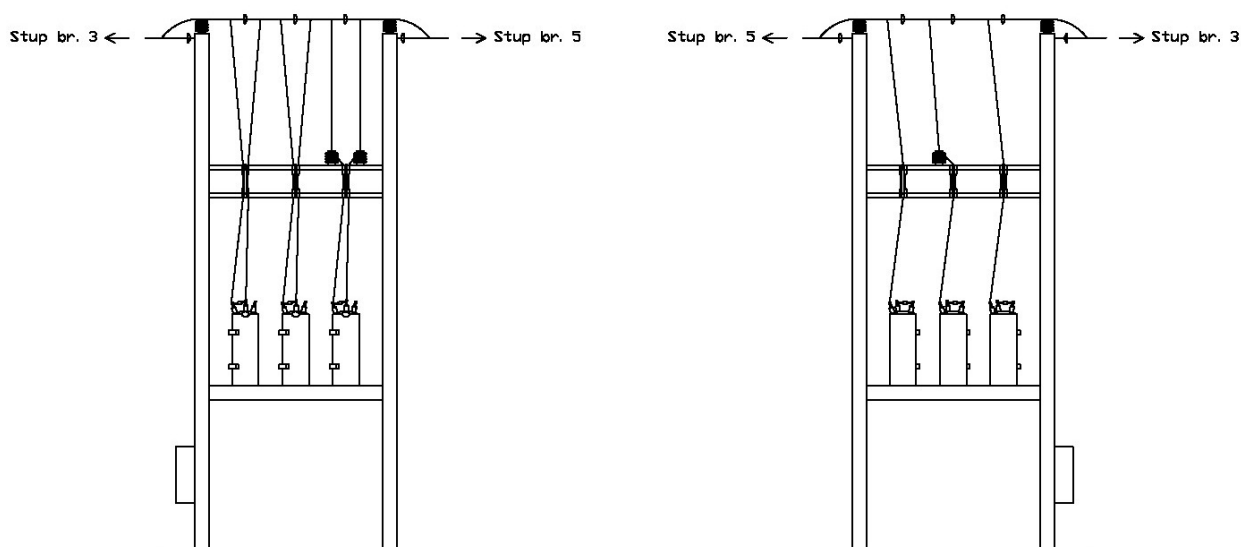
- a) podešavanje postavljenog napona,
- b) podešavanje opsega regulacije,
- c) podešavanje vremenskog kašnjenja,
- d) postavljanje kompenzacije pada napona na vodu,
- e) daljinska signalizacija stanja regulatora napona,
- f) daljinski prijenos mjerenja.
- g) daljinsko upravljanje regulatorom napona.

3. ELEKTROMONTAŽNI PROJEKT

U skladu s prethodnim analizama bilo je potrebno izraditi elektromontažni projekt za ugradnju regulatora napona na odabrano mjesto u nadzemnom vodu DV 10 kV Našice – Feričanci [6].

3.1. Povezivanje regulatora napona na 10 kV mrežu

Analiza naponskih okolnosti u 10 kV izvodu Feričanci je pokazala nedopušteno velik pad napona u transformatorskim stanicama 10/0,4 kV u normalnom uklopnom stanju i n-1 stanju. Radi poboljšavanja naponskih okolnosti potrebno je u trasi magistralnog voda na povoljnoj lokaciji ugraditi regulator napona. Kao najpovoljnija lokacija za ugradnju regulatora napona odabrano je postojeće stupno mjesto broj 4 u magistralnom vodu Našice - Feričanci. Lokacija je infrastrukturno prihvatljiva jer ima javnu prilaznu cestu i nalazi se uz rub parcele.



Slika 1. Spoj regulatora napona na DV Našice - Feričanci

3.2. Elektromontažni projekt priključaka na DV Našice - Feričanci

Regulator napona s pripadnom konstrukcijom se ugrađuje na mjesto postojećeg stupa 4. Priključna visina je ostala kao na postojećem stupu, ali umjesto glave tipa delta, regulator ima glavu tipa gama. Zbog toga je vršen proračun za srednju i vanjsku fazu. Proračun je vršen za postojeći (Al/Če 35/6 mm²) i budući (Al/Če 95/15 mm²) fazni vodič. Naprezanje oba vodiča je 9 daN/mm².

Klimatski uvjeti na mjestu ugradnje su:

- temperatura od -20°C do $+40^{\circ}\text{C}$,
- pritisak vjetra 60 daN/m²,
- dodatno opterećenje ledom $1,0 \times 0,18 \cdot \sqrt{d}$ daN/m.

Proračun je izvršen pomoću programa DALPRO [7]. Priložen je primjer proračuna srednje faze za spoj stupa broj 5 i regulatora napona.

Proracun provjesa i sila

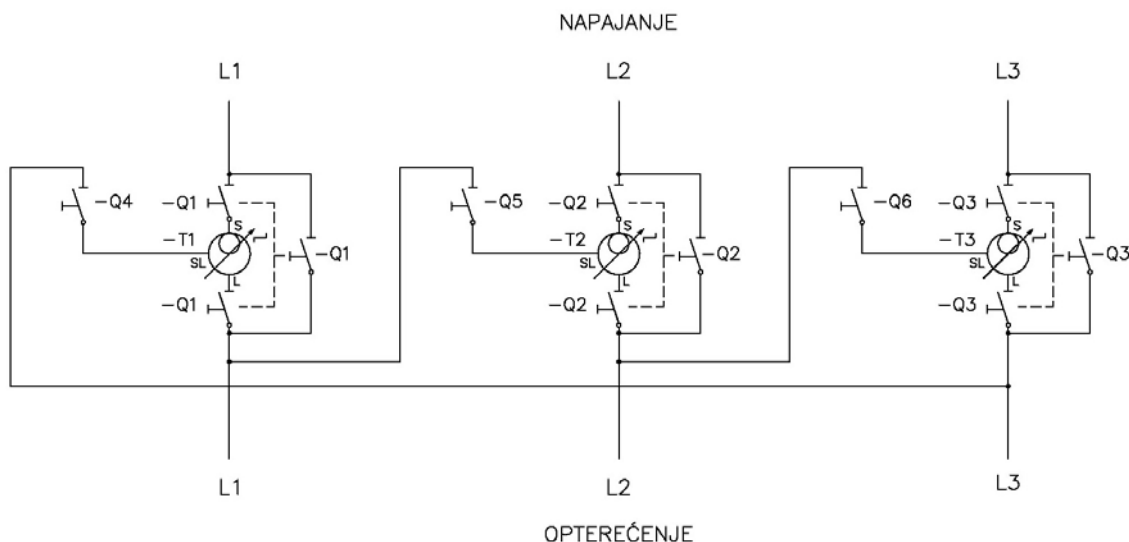
Dalekovod : DV 10 kV NASICE - FERICANCI
 Raspon : STUP 5 - REGULATOR NAPONA (SREDNJA FAZA)
 Vodica : Al/Ce 95/15
 Naprezanje : 90.00 (N/mm2)
 Horizontalni raspon : 107.27 (m)
 Vertikalni raspon : 1.77 (m)

Temperatura (C):	-5.0	-20.0	-10.0	.0	10.0	20.0	30.0	40.0
Temperatura (C):	-5.0	-20.0						
Dodatni teret :	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Dodatni teret :	1.0	.0						
Vjetar (N/m2) :	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Vjetar (N/m2) :	300.0	600.0						
H. napr.(N/mm2):	90.00	78.95	66.97	56.43	47.55	40.34	34.85	30.67
H. napr.(N/mm2):	106.26	97.91						
Provjes (m) :	1.50	.62	.74	.87	1.04	1.22	1.41	1.61
Provjes (m) :	1.77	1.20						
L.H. sila (N) :	9873.	8661.	7347.	6190.	5216.	4425.	3823.	3365.
L.H. sila (N) :	11656.	10740.						
L.V. sila (N) :	714.	344.	323.	304.	288.	275.	265.	257.
L.V. sila (N) :	744.	379.						
L.T. sila (N) :	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
L.T. sila (N) :	540.	438.						
L.U. sila (N) :	9899.	8667.	7354.	6197.	5224.	4434.	3832.	3375.
L.U. sila (N) :	11692.	10755.						
D.H. sila (N) :	9873.	8661.	7347.	6190.	5216.	4425.	3823.	3365.
D.H. sila (N) :	11656.	10740.						
D.V. sila (N) :	388.	59.	80.	99.	115.	128.	138.	146.
D.V. sila (N) :	547.	317.						
D.T. sila (N) :	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
D.T. sila (N) :	347.	303.						
D.U. sila (N) :	9881.	8661.	7347.	6191.	5217.	4427.	3825.	3368.
D.U. sila (N) :	11674.	10748.						
Parametar a (m):	961.67	2305.66	1955.99	1648.05	1388.88	1178.48	1018.13	896.28
Parametar a (m):	811.08	1195.72						

Udaljenosti od prepreke na lokaciji: x= 21.04 (m), y= -9.01 (m)								
Ver. razmak (m):	8.41	8.96	8.89	8.81	8.70	8.59	8.47	8.34
Min. razmak (m):	8.41	8.96	8.89	8.81	8.70	8.59	8.46	8.34
Udaljenosti od prepreke na lokaciji: x= 51.75 (m), y= -9.22 (m)								
Ver. razmak (m):	8.58	9.45	9.34	9.20	9.04	8.85	8.66	8.47
Min. razmak (m):	8.58	9.45	9.34	9.20	9.04	8.85	8.66	8.47
Udaljenosti od prepreke na lokaciji: x= 54.64 (m), y= -9.22 (m)								
Ver. razmak (m):	8.63	9.50	9.39	9.25	9.09	8.90	8.71	8.52
Min. razmak (m):	8.62	9.50	9.39	9.25	9.08	8.90	8.71	8.52

3.3. Rasklopni aparati

Regulator napona je na fazne vodiče spojen putem rasklopnih aparata. Za svaki regulator napona koriste se sklopka za premoštenje i dva rastavljača prema shemi na slici 2.



Slika 2. Spoj regulatora napona

Sklopka za premoštenje služi za premoštenje regulatora napona i omogućavanje rada distribucijskog voda bez priključenog regulatora napona. Povlačenjem prstena na sklopki za premoštenje izvršavaju se sklopne operacije u pravilnom redoslijedu što minimalizira vjerojatnost greške operatera. Slijedne sklopne operacije su:

- premoštenje,
- otvaranje obje fazne veze,
- prekidanje uzbudne struje.

Rastavljači služe za odvajanje regulatora napona od faznih vodiča. Odvajaju se stezaljke S i SL regulatora napona.

3.4. Zaštita od prenapona

Prema preporukama proizvođača regulatora napona ugrađena su četiri odvodnika prenapona. Prvi odvodnik prenapona (serijski odvodnik prenapona) nazivnog napona 3 kV je ugrađen između stezaljki S i L. Sve tri stezaljke S, L i SL su štićene shunt odvodnicima prenapona nazivnog napona 15 kV. Sva četiri odvodnika prenapona se isporučuju zajedno s regulatorom napona i na njega montiraju.

3.5. Uzemljenje

Uzemljivački sustav, za 10 kV mrežu s izoliranom neutralnom točkom, je dimenzioniran u skladu s Pravilnikom o tehničkim normativima za zaštitu niskonaponskih mreža i pripadnih transformatorskih stanica (SL 13/78) na maksimalni dozvoljeni napon 65 V. Uz kapacitivnu struju zemljospoja od 20 A, otpor rasprostiranja uzemljivačkog sustava mora biti manji od 3,25 Ω . Za specifični otpor tla 60 Ω m taj otpor rasprostiranja se ostvaruje s dvostrukim prstenom i dva nasuprotna kraka duljine 2,5 m. Projektirani uzemljivač je izveden pomoću bakrenog užeta presjeka 50 mm².

Svi metalni dijelovi postrojenja koji u normalnom pogonu nisu pod naponom i čelična konstrukcija su povezani s uzemljivačkim sustavom. Vijčano spojeni dijelovi čelične konstrukcije su međusobno spojeni izoliranim bakrenim vodičem presjeka 50 mm².

3.6. Daljinsko vođenje regulatora napona

Regulator napona je bilo potrebno uvesti u SCADA sustav u dispečerskom centru u Našicama (u TS 110/35/10 kV Našice). Za komunikaciju se koristi digitalni radio sustav TETRA. Protokol za daljinski pristup dispečerskom centru je IEC 104. Budući da je predodređen protokol u upravljačkoj jedinici SNP3 potrebno je bilo ugraditi protokol konverter SNP3/IEC104.

U upravljački ormar regulatora napona ugrađena je slijedeća oprema namijenjena za daljinsko vođenje regulatora napona:

- 3 upravljačke jedinice CL-6A,
- daljinska stanica DSR100 za pomoćne funkcije (otvaranja vrata, signalizacija iz istosmjernog razvoda, itd),
- poveznik SMP4 za skupljanje i konverziju signala i mjerenja iz kontrolnih jedinica regulatora napona i daljinske stanice DSR 100,
- uređaj za prijenos podataka prema TETRA radio stanici ETM100,
- TETRA radio stanica VS2000.

Na čeličnoj konstrukciji je predviđeno mjesto za smještaj digitalne antene ANW8U400 za frekvencijski pojas 380-430 MHz.

Projektnim zadatkom je traženo da se omogući daljinski prijenos slijedećih podataka:

- 3 veličine struje,
- 6 veličina faznih napona (po tri sa svake strane regulatora napona) i
- položaj regulacijske sklopke).

U prvoj varijanti daljinskog vođenja nisu bile predviđene akumulatorske baterije 24 V DC, tako da je komunikacija bila moguća samo kad je regulator napona pod naponom. Budući da je ugrađen i kompletan istosmjerni razvod i pripadna daljinska stanica, omogućuje se prijenos i slijedećih signala i mjerenja:

- položaj vrata upravljačkog ormara,
- stanje ulaznog napajanja,
- stanje akumulatorske baterije,
- pogonsko stanje punjača baterije,
- temperatura unutrašnjosti ormarića,

3.7. Opskrba pomoćnim naponom

Izvor pomoćnog napona je regulator napona. Iz njega se dobiva izmjenični napon 240 V, 50 Hz nazivne struje 6 A. Izmjenični napon 240 V, 50 Hz se koristi za napajanje:

- grijača snage 50 W,
- svjetiljke 40 W ,
- punjača akumulatora PBR 24-03.

Istosmjerni napon 24 V se koristi za napajanje:

- daljinske stanice DSR100 za signale iz upravljačkog ormarića,
- poveznika SMP4 za skupljanje signala i mjerenja iz daljinske stanice i kontrolnih jedinica regulatora napona,
- pretvarača protokola EMT 100 za TETRA stanicu,
- pretvarača 24 V DC u 12 V DC.
- signalizacije otvaranja vrata na upravljačkom ormariću.

Istosmjerni napon 12 V se koristi za napajanje TETRA radio stanice VS2000.

Napajanje istosmjernim naponom se ostvaruje akumulatorskim baterijama suhe izvedbe 2x12 V, 30 Ah.

U ormarić su ugrađeni i potrebni niskonaponski prekidači i redne stezaljke.

3.8. Zaštita od požara

U regulatorima napona ima ukupno 825 litara ulja (275 litara ulja u svakom). Kako bi se smanjila mogućnost pojave požara umjesto uobičajenog transformatorskog ulja predviđeno je prirodno estersko hladilo (Envirotemp FR3 Fluid) koje je specijalno namijenjeno za distribucijske transformatore zbog svoje prednosti uslijed smanjenog utjecaja na okoliš, protupožarne sigurnosti, te kemijski i električnih svojstava [8]. Temperaturna njegovog paljenja iznosi 360 °C.

3.9. Zaštita na radu

Otvaranjem sklopke premoštenja i linijskih rastavljača moguće je servisirati regulator napona. Kontrolna jedinica mora imati sklopke za prekid kontrolnog napona i kratko spajanje stezaljki strujnih transformatora prije ispitivanja i vađenja kontrolne jedinice.

3.10. Zaštita okoliša

Predviđeno je prirodno estersko hladilo (Envirotemp FR3 Fluid) koje je specijalno namijenjeno za distribucijske transformatore zbog svoje prednosti uslijed smanjenog utjecaja na okoliš. Ono je biorazgradivo te nije potrebno izgraditi uljnu jamu (bazen) ispod regulatora napona. Svojstva utjecaja na okoliš su BOB/COD omjer 45 %, biodegradacija u vodi 100 % i otrovnost 0.

4. GRAĐEVINSKI PROJEKT

Građevinski projekt se dijeli na projekt čelične konstrukcije i projekt betonskog temelja [9]. Nacrč čelične konstrukcije i betonskih temelja je dan na slici 3.

4.1. Čelična konstrukcija

Čelična konstrukcija portala projektirana je u svrhu nošenja regulatora napona, rasklopnih aparata, vodiča, izolatora, spojne opreme, upravljačkog ormarića i antene, uz zadovoljenje dokaza naprezanja i stabilnosti te uz osiguranje propisane mehaničke stabilnosti.

Portali se sastoje od:

- a) dvije grede osnog raspona $L = 4,40$ m,
- b) dva stupa ukupne visine $H = 11,0$ m od kote terena, sa kapama na završetku stupova.

Prva greda se priključuju na visini od 3,65 m od gornjeg ruba temelja, a donji rub gornje grede je na visini od 7,85 m od gornjeg ruba temelja.

Portal će biti izveden na standardan način, tj. od vruće valjanih profila i limova međusobno spojenih vijcima ili varovima, sukladno zahtjevima tehnologije vrućeg cinčanja.

Gornja greda portala je projektirana kao vertikalna linijska rešetka, s pojasevima od kvadratnih cijevi i ispune od IPB i kvadratnih cijevi navarenih na pojaseve, s priključkom na stup pomoću vijaka.

Donja greda je projektirana kao horizontalna linijska rešetka s pojasevima od U profila i ispune od L profila. Priključak prečke na stup je ostvaren pomoću vijaka.

Stupovi su projektirani kao prostorne rešetke konstantne bočne širine 700 mm. Stupovi su predviđeni od kutnika, s dijagonalama zavarenim na pojasne štapova. Na stupu je također predviđen montažni nastavak.

Na vrhu stupa je kapa od U profila za priključak izolatorskih lanaca i izolatora.

Čelična konstrukcija će se nakon izvršene izrade u radionici i probne montaže dopremiti na gradilište u elementima. Zavarene spojeve izvesti zavarom kvalitete II.

Prije početka betoniranja temelja potrebno je temeljne vijke postaviti pomoću šablona u temeljnu jamu, a nakon što se beton stvrdnuo (cca 20 dana) nastaviti montažu stupa.

Izrada elemenata čelične konstrukcije portala određena je statičkim proračunom i radioničkim nacrtima.

Čelična konstrukcija je dimenzionirana na slijedeća opterećenja:

- a) vlastita težina,
- b) opterećenja od opreme,

- c) dodatna težina uslijed leda,
- d) opterećenje vjetrom i
- e) opterećenja od zavješanja (sile zatezanja faznih vodiča u oba raspona).

Utjecaj potresa na čeličnu konstrukciju nije analiziran zbog relativno malih masa (opterećenje uslijed potresa nije mjerodavno za dimenzioniranje).

4.2. Temelj

Temelji stupova portala projektirani su kao blok temelji za pretpostavljeno tlo bez podzemne vode s parametrima:

- a) za osnovno opterećenje dopušteno naprezanje $p_a \approx 150 \text{ kPa}$,
- b) $\gamma_{tla} = 18,0 \text{ kN/m}^3$,
- c) $\phi = 20^\circ$.

Prije iskopa temeljne jame potrebno je utvrditi geomehaničke karakteristike tla. Ukoliko se dobiveni podaci razlikuju od podataka korištenih u proračunu potrebno je konzultirati projektanta.

Temeljenje čelične konstrukcije predviđeno je blok temeljima na sloju podbetona C 12/15 debljine 10 cm. Stope se betoniraju u tlu, a glave temelja u oplati uz obavezno postavljanje i centriranje sidara za priključak čelične konstrukcije.

Temelji se izvode se od armiranog betona, beton MB 25/30 armiran rebrastom armaturom B 500B. Betoniranje se vrši nakon postavljanja armature i nakon centriranja i osiguranja od pomicanja temeljnih vijaka pomoću odgovarajućih šablona. Izvođač je dužan osigurati geometrijski položaj sidara.

Usidrenje stupa u temelj potrebno je izvesti s 12 temeljnih vijaka M36. Materijal za izradu temeljnih vijaka je okrugli betonski čelik B 500B. Gornju površinu temelja potrebno je zagladiti cementnim mortom s odgovarajućim padom za odvodnju.

Montaža stupa nastavlja se nakon stvrdnjavanja betona temelja.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju studijskih radova, iskustva na projektiranju ugradnje regulatora napona (Jemen) i projektnog zadatka izrađena je projektna dokumentacija za ugradnju regulatora napona VR-32 u DV Našice – Feričanci na mjestu postojećeg stupa broj 4. Budući da se regulator napona spaja na susjedne stupove (broj 3 i 5) nadzemnog voda bilo je potrebno izvršiti elektromontažni proračun za dva susjedna raspona. Proračun je izvršen za sadašnji i budući vodič nadzemnog voda.

Pri izradi projektnog rješenja koristila su se projektna rješenja iz nekoliko europskih zemalja: Cipar, Rusija, Poljska i Velika Britanija.

Projektirana je primjerena zaštita od prenapona, uzemljivački sustav i napajanje pomoćnim naponom.

Regulator napona je projektom povezan na dispečerski centar u TS 110/35/10 kV Našice. Pritom se uvažavao postojeći digitalni radijski sustav TETRA, te projektna rješenja domaćih proizvođača na daljinskom upravljanju daljinski upravljivih rasklopnih naprava i distribucijskih transformatorskih stanica 10(20)/0.4 kV.

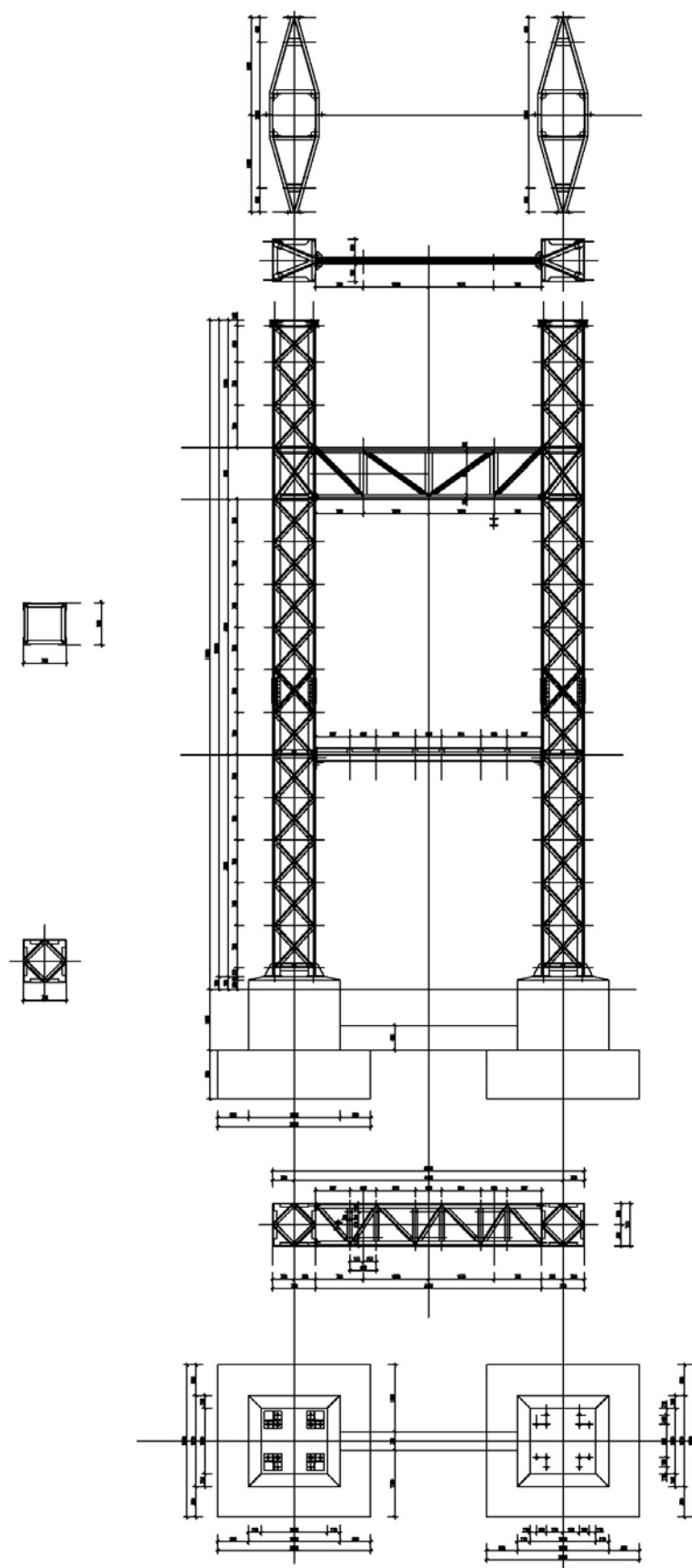
Građevinski dio se sastoji od čelične konstrukcije i betonskih temelja. Čelična konstrukcija je dimenzionirana na vlastitu težinu ugrađene opreme i same konstrukcije, utjecaje okoliša (vjetar i led), te zatezne sile susjednih raspona nadzemnog voda.

Pri projektiranju uvažavali su se zahtjevi zaštite okoliša te je umjesto uobičajenog mineralnog ulja predviđeno biorazgradivo hladilo, koje ujedno ima višu točku paljenja.

LITERATURA

- [1] D. Janjić, D. Pečvarac, Poboljšanje naponskih okolnosti u 10 kV mreži „Elektroslavonije“ pomoću autotransformatora, 7. Savjetovanje HO CIGRE, Cavtat, studeni, 2005., C6-08.
- [2] S. Knežević, D. Pečvarac, Ovisnost lokacije autotransformatora o pogonskim stanjima u sredjenaponskoj mreži, 7. Savjetovanje HO CIGRE, Cavtat, studeni, 2005. C6-09.

- [3] D. Janjić, Projektna zadaća – Regulator napona, HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o. Elektroslavonija Osijek, 2009.
- [4] ..., Voltage Regulators, McGraw-Edison VR-32 Regulator and CL-5 Series Control Installation, Operation and Maintenance Instructions and Parts Replacement Information, Cooper Power systems, S225-10-10, October 2001.
- [5] ..., Voltage Regulators, CL-6 Series Microprocessor-Based Regulator Control Cooper Control Interface 4.0 Users Guide, Cooper Power Systems, S225-11-2, December 2004.
- [6] D. Petranović, Elektromontažni projekt, Knjiga E1, IEE, Zagreb, 2010.
- [7] D. Petranović, Razvoj programa za projektiranje dalekovoda pod MS Windows operacijskim sustavima, 3. savjetovanje HRO CIGRE, Referat 22.05, Cavtat, 1997.
- [8] ..., Envirotamp FR3 Fluid, Cooper Power Systems, B900-00092, December, 2005.
- [9] M. Kotaran-Munda, Građevinski projekt, Knjiga G1, IEE, Zagreb, 2010.



Slika 3. Nacrt čelične konstrukcije i temelja