

Arsen Jurasić, mag. ing. el.
HEP ODS d.o.o.
arsen.jurasic@hep.hr

Boris Krstulja, dipl. ing. el.
HEP ODS d.o.o. Elektroprimorje Rijeka
boris.krstulja@hep.hr

REGULACIJA NAPONA 35 KV MREŽE KORISTEĆI SPOJ OBRNUTE TRANSFORMACIJE 110/35 KV TRANSFORMATORA NA PRIMJERU RADIJALNOG NAPAJANJA OTOKA

SAŽETAK

Na primjeru opskrbe električnom energijom otočja Cresa, Lošinja i Silbe za vrijeme opterećenja u ljetnoj sezoni, prikazano je rješenje u slučajevima kvara ili nužnog interventnog održavanja kada se isključuje radijalni 110 kV vod. Navedeno područje opskrbljuje TS 110/35 kV Lošinj koja je spojena jednim 110 kV vodom na TS 110/35/20 kV Krk. Rezervno napajanje otočja je, u tim slučajevima, moguće putem jednog 35 kV voda te među transformacije 20/35 kV u TS 110/35/20 kV Krk.

Kako su među transformacija 20/35 KV i 35 kV vodovi granično strujno opterećeni u tom slučaju, izazov nastaje kako riješiti pojavu velikih padova napona na kraju 35 kV mreže. Rješenje je nađeno u korištenju oba energetska transformatora 110/35 kV (jednog u spoju obrnute transformacije), njihovih automatskih regulatora napona i sabirnica 110 kV.

U svrhu ispitivanja mogućnosti takvog uklopnog stanja vršena su višestruka mjerenja uključenja energetskih transformatora 110/35 kV na 35 kV mrežu na njihovoj sekundarnoj strani. Ta mjerenja, simulacija i detaljna analiza mreže pokazala su izvodljivost takvog rješenja.

Gljučne riječi: obrnuta transformacija, radijalno napajanje, padovi napona

35 KV NETWORK VOLTAGE REGULATION USING REVERSE TRANSFORMATION OF 110/35 KV TRANSFORMER IN THE EXAMPLE OF THE ISLAND POWER SUPPLY

SUMMARY

An example of the electricity supply of islands Cres, Lošinj and Silba during heavy loads in the summer period shows a solution in case of failure or necessary maintenance intervention when it is necessary to disconnect the radial 110 kV line. The mentioned area supplies power station TS 110/35 kV Lošinj which is connected by one 110 kV line to TS 110/35/20 kV Krk. The backup power, in these case, is possible over 35 kV line and opposite transformation 20/35 kV in TS 110/35/20 kV Krk.

As the transformations of 20/35 KV and 35 kV line are heavily loaded in this case, the challenge is to solve the major voltage drops at the ends of the 35 kV network. A solution was found in the use of both 110/35 kV transformers, one in reverse transformation, 110 kV busbars and the use of their automatic voltage regulators.

In order to investigate the possibility of such switching condition, several measurements were made on the inclusion of 110/35 kV power transformers in TS 110/35 kV Lošinj on a 35 kV network on their secondary side. These measurements, simulations and network analysis revealed feasibility of this solution.

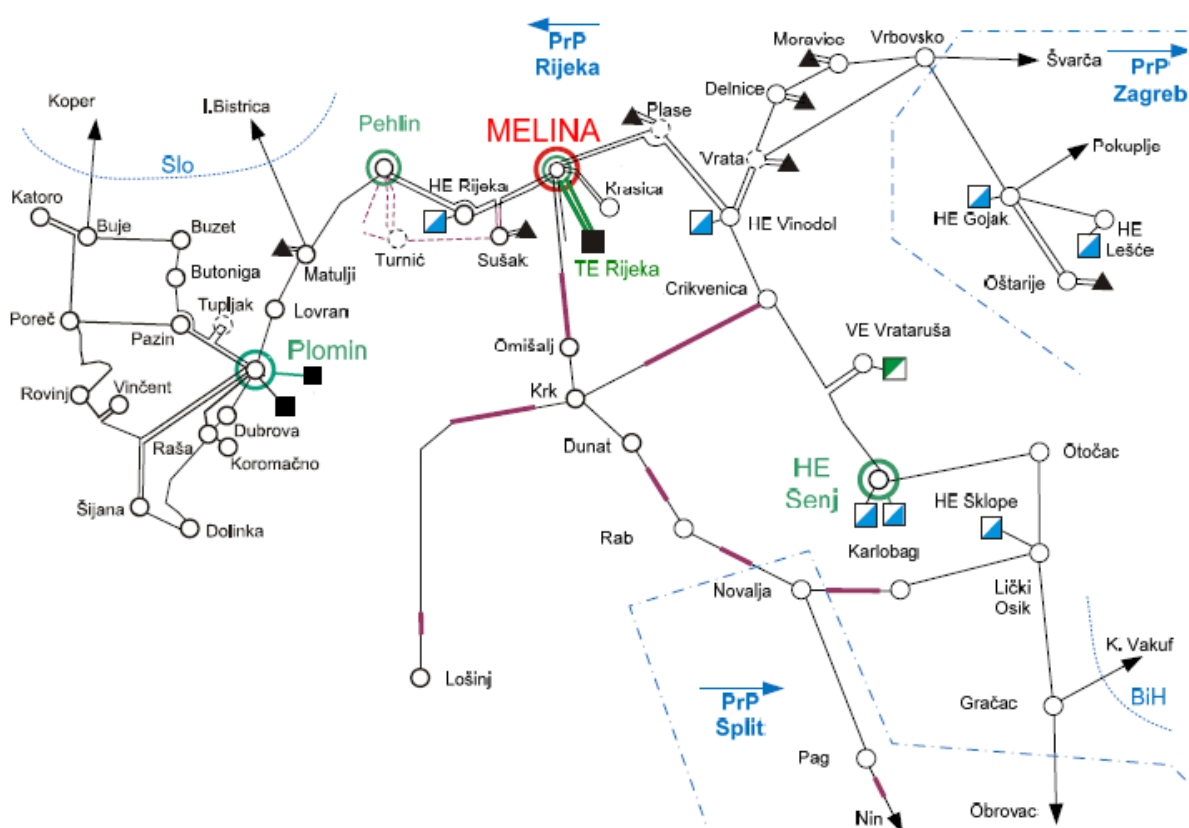
Key words: reverse transformation, radially power supply, voltage drops

1. UVOD

Prekid napajanja 110 kV radijalnog voda zbog kvara ili planiranih radova ne bi smjeli osjetiti korisnici mreže kao nestanak napajanja električne energije na duži rok. Bez obzira na poremećaj napajanja na 110 kV mreži rješenje treba tražiti u napajanju korisnika mreže po nižem naponskom nivou ili izgradnji alternativnog 110 kV napajanja.

Kako izgradnja 110 kV vodova nije u nadležnosti distribucije ostaje tražiti rješenje u mrežama pod svojom nadležnosti. To znači da je rješenje u niže naponskim mrežama. U tom slučaju posebno su važni presjeci i dužine vodova distributivne mreže što za posljedicu ima prijenosnu snagu i padove napona distributivne mreže.

Ukoliko su udaljenosti u 35 kV ili 20 kV mreži znatno veće od 50 km, uz zahtjev za prijenos el. energije koja se približava nominalnoj prijenosnoj snazi predmetnih vodova, dobivamo padove napona koji su iznad dozvoljenih 10 %. Naravno da se padovi napona još mogu korigirati na regulatorima napona distributivnih transformatora koji u pravilu nisu u sustavu daljinskog vođenja, stoga je pitanje da li postoji i drugo rješenje takvog problema?



Slika 1. Mreža 110 kV PrP Rijeka

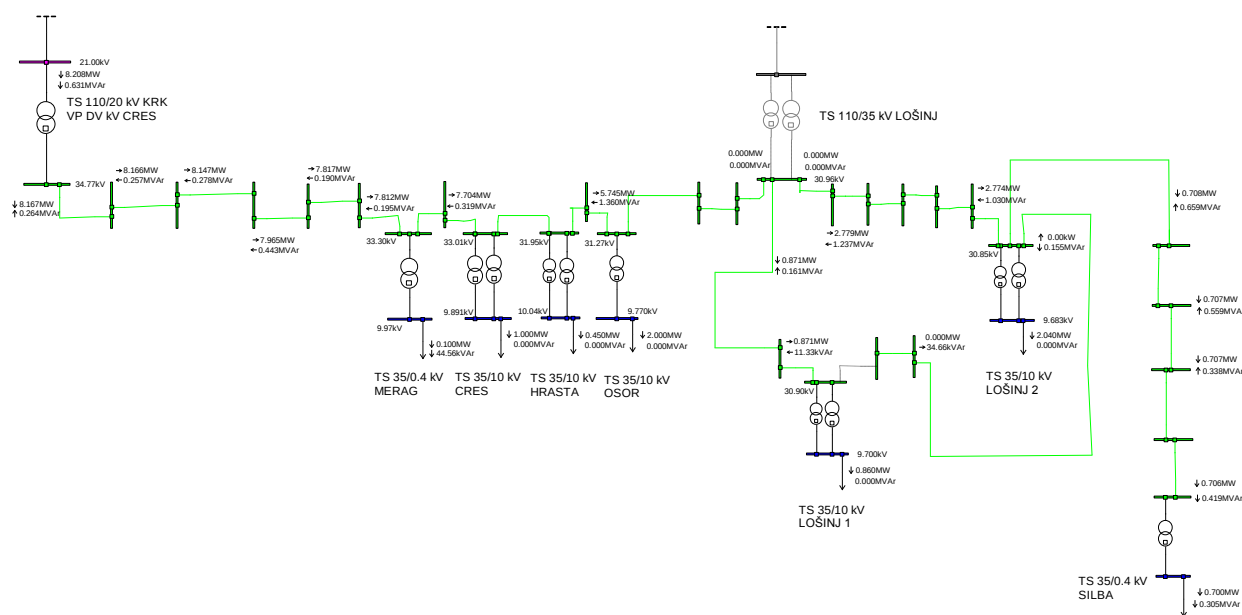
Na krajevima radijalno napajanih 110 kV vodova potrebno je projektirati ili prilagoditi transformatorske stanice iz kojih se napaja distribucijska mreža na način da se može iskoristiti postojeća 110/35 kV transformacija kao alat za regulaciju napona 35 kV mreže u slučaju ispada 110 kV napona. Takav je slučaj kod napajanja otoka Cresa i Lošinja gdje 110 kV mreža nema zatvorenu petlju ili dvostruko napajanje (slika 1.) već je napajanje izvedeno jednim 110 kV podmorskim kablom pripadnim dalekovodom.

Prilikom isklopa 110 kV napajanja bilo zbog kvara ili planiranih radova jedina mogućnost napajanja korisnika mreže na otocima Cres i Lošinj je preko 35 kV podmorskog kabela iz TS 110/20/35 kV Krk. Mali Lošinj kao najveće mjesto na svim hrvatskim otocima napaja se iz trafostanice TS 35/10 kV Lošinj 2. Ukupna dužina 35 kV voda koja je kombinacija kabl-dalekovod od TS 110/20/35 kV Krk do TS 35/10 kV Lošinj 2 je 80,1 km (slika 2).

2. ANALIZA POSTOJEĆE 35 kV MREŽE

Analiziran je ispad dionice 110 kV voda TS 110/20 kV Krk – TS 110/35 kV Lošinj i njegov utjecaj na mogućnost snabdijevanja rezervnog napajanja konzuma Pogona Cres – Lošinj. Razmatran je slučaj uspostavljanja rezervnog 35 kV napajanja iz TS 110/20/35 kV Krk

Za potrebe analize našeg slučaja promatrano je stanje napajanja mreže Pogona Cres – Lošinj iz VP DV Cres (dio TS 110/20 kV Krk), sa 25% ukupne vršne snage koja odgovara prosječnoj zimskoj vršnoj snazi od 8.1 MW. Na slici 2. prikazani su padovi napona i tokovi snaga za 35 kV mrežu otoka Cres i Lošinj.



Slika 2. Prikaz postojeće 35 kV mreže Pogona Cres – Lošinj u slučaju ispada 110 kV voda TS 110/20-35 kV Krk – TS 110/35 kV Lošinj

Izračun je napravljen [1] u programskom paketu PowerCAD 4.1 za proračun tokova snage i padova napona. Nakon dobivenih ograničenja u prijenosu energije rješenje koje se nameće je povećanje presjeka i vrste vodiča. Bolji temperaturni vodič može prenijeti veću energiju, ali ima veće padove napona i sa rješenjem obrnute transformacije dobili smo mogućnost prijenosa veće energije, a da krajnji korisnik ne osjeti padove napona, tj. da su padovi unutar dozvoljenih granica prema EN 50160.

Kako bi ovakvo rješenje u regulaciji napona bilo moguće potrebo je napraviti rekonfiguraciju 35 kV polja u 110/35 kV trafostanici ili o ovakvom mogućem rješenju razmišljati već prilikom projektiranja trafostanice. Tako smo u trafostanici TS 110/35 kV Lošinj dovodno 35 kV polje iz TS 110/20/35 kV Krk postavili na jednu sekciju, a sva ostala 35 kV polja na drugu sekciju.

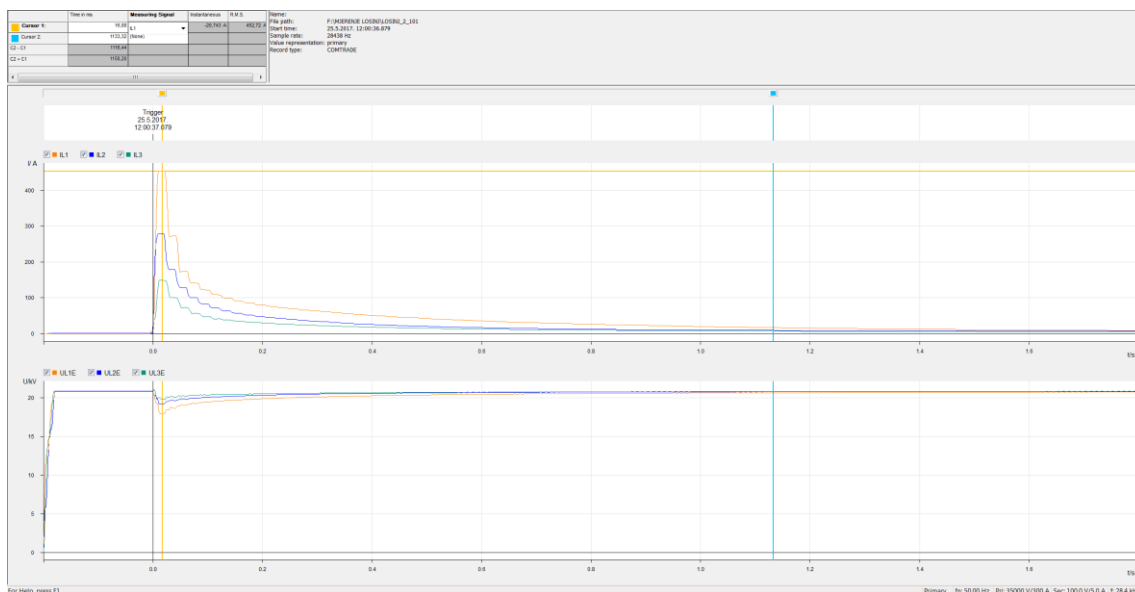
Prije odluke o upotrebi ovakvog rješenja u regulaciji napona zbog ograničenog 35 kV izvora u TS 110/20/35 kV Krk gdje je transformator 20/35 kV od 16 MVA morali smo mjerenjem provjeriti veličinu potezne struje prilikom uključivanja 110/35 kV transformatora na 35 kV strani.

3. MJERENJA

U svrhu provjere izvodljivosti rješenja izvedena su višestruka mjerenja (10 puta) potezne struje transformatora 110/35 kV (20 MVA) uključanjem na sekundarnoj strani i u praznom hod na 110 kV strani. Mjerenja su vršena na način da se predmetni transformator uključivao na 35 kV mrežu koja se napajala preko transformatora 20/35 kV od 16 MVA u TS 110/20/35 kV Krk. Pojedina mjerenja su vršena nakon rekonfiguracije dijela 35 kV mreže da se ispituju razne varijante uklopnog stanja. 35 kV mreža je bila opterećena s oko 50% vršnog opterećenja, a sadrži relativno duge 35 kV i 20 kV vodove.

Iz podataka proizvođača transformatora [2] poznato je da se pri uključanju transformatora 20 MVA na sekundarnoj strani pojavljuje struja uključanja reda veličine i do $10 \times I_n$ ($I_n = 314$ A).

Veličina potezne struje ovisi o iznosu napona u trenutku uključenja, trenutku uključenja, remanentnoj indukciji u jezgri transformatora i obrnuto je proporcionalna reaktanciji mreže koja ga napaja. Iznos napona je manji od nominalnog radi pada napona u 35 kV mreži, reaktancija 35 kV mreže je visoka i iznosi oko 25 Ω , od transformacije 20/35 kV u TS 110/20/35 kV Krk do mjesta uključenja u TS 110/35 kV Lošinj 2. Na slici 3. je prikazano najnepovoljnije stanje iz pojedinih ispitivanja. Uklopna struja u prvoj fazi iznosila je 452 A, a nakon 0,2 sekunde pala je ispod 100 A.



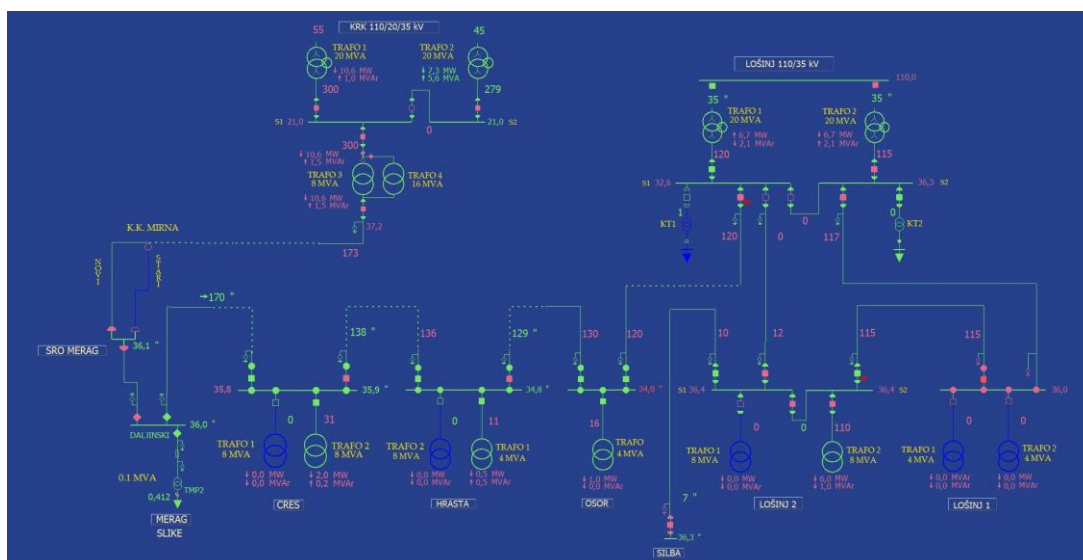
Tables - Losinj_2_101: 25.5.2017. 12:00:36.879	
Cursor 1: 16,88 ms	
Measuring Signal	R.M.S.
IL1	452,72 A
IL2	279,47 A
IL3	148,58 A
UL1E	17,987 kV
UL2E	19,228 kV
UL3E	19,785 kV
UL12*	31,727 kV
UL23*	34,545 kV
UL31*	32,456 kV
P*	1,9526 MW
Q*	10,794 MVar
S*	10,969 MVA

Slika 3. Rezultati mjerenja pri najvišim uklopnim strujama

Takva potezna struja je manja od $2 \times I_n$ 20/35 kV transformatora u TS 110/20/35 Krk ($I_n = 264$ A), a kako u vremenu manjem od 0,2 sekunde ukupna struja padne ispod vremena podešenja električne nadstrujne zaštite u 35 kV mreži uključenje 110/35 kV transformatora na sekundarnoj strani je izvedivo.

4. PROVJERA I KORIŠTENJE U POGONU

Dodatna provjera i analiza ovakvog uklopnog stanja učinjena je korištenjem moda studiranja u Network Manageru. Unesen je slučaj opterećenja konzuma otočja od 10.6 MW. Ovo je bio slučaj probnog pogona 35 kV mreže prilikom provedbe navedenih mjerenja. Analizom rezultata proračuna utvrđene su zadovoljavajuće strujne i naponske prilike u 35 kV mreži. Najveći pad napona iznosio je 32,6 kV na sabirnicama koje napajaju transformaciju 35/110/35 kV u TS 110/35 kV Lošinj. Rezultati su vidljivi na slici 4.



Slika 4. Rezultati proračuna u studijskom modu

Izrađena je uputa za provedbu dispečerskih postupaka u slučaju potrebe za takvim uklopnim stanjem. U uputi su navedeni postupci pri raznim iznosima opterećenja konzuma otočja u slučaju prekida opskrbe putem 110 kV voda. Potrebno je naglasiti da je u ovakvim slučajevima izuzetno važna komunikacija između DDC-a Zapad i MC Pehlin radi njihove podijeljene nadležnosti u TS 110/35 kV Lošinj. MC Pehlin upravlja 110 kV postrojenjem, transformatorima te regulatorima napona. DDC Zapad upravlja ostalom 35 kV mrežom. Nakon uključivanja oba energetska transformatora u TS 110/35 kV Lošinj potrebno je automatsku regulaciju napona na transformatoru 1 postaviti na "ručno", a na transformatoru 2 postaviti na "automatski".

U slučaju potrebe za rekonfiguracijom 20 kV mreže ili neke druge manipulacije koja nije na daljinskom vođenju potrebno je koristiti i uklopničara u Lošinj i/ili Krku. U tu svrhu je u uputi usuglašen i opisan slijed postupaka prilikom izvedbe ovakvog uklopnog stanja kao i vraćanja u normalno uklopno stanje te su svi operateri upoznati s tim postupcima.

Nakon izvršene analize, simulacije i mjerenja te probnog pogona u navedenoj konfiguraciji 35 kV mreže pojavila se potreba, u više navrata u proteklom periodu, za isključenjem 110 kV voda radi poslova redovnog održavanja voda 110 kV i pripadnih 110 kV polja u TS 110/20/35 Krk i u TS 110/35 kV Lošinj. Posebno je bilo potrebno isključenje navedenog 110 kV voda radi pripreme i protupožarne zaštite prije ljetne sezone. Svi slučajevi su izvršeni uspješno i bez greške.

5. ZAKLJUČAK

Regulacija napona 35 kV mreže u spoju obrnute transformacije 110/35 kV transformatora u trafostanici 110/35 kV sa dva energetska transformatora ima primjenu ukoliko dođe do ispada radijalnog napajanja u 110 kV mreži bilo zbog kvara ili planiranih radova, a zadovoljeni su preduvjeti kao što je pogodna konfiguracija mogućeg rezervnog napajanja preko 35 kV mreže i konfiguracija 35 kV vodnih polja u 110/35 kV trafostanici. Iako je prikazan specifični slučaj konfiguracije 110 kV i 35 kV mreže prikazana analiza i rezultati mogu biti korisni u vođenju pogona i u drugim slučajevima, posebno radi uključivanja i korištenja energetskih transformatora 110/35 kV u obrnutoj transformaciji s automatskim regulatorom napona 35 kV mreže.

Tek mjerenja, simulacija i detaljna analiza mreže mogu pokazati izvodljivost takvog rješenja.

6. LITERATURA

- [1] Goran Grgurić, Darko Šuvak, Anamarija Antonić "Elaborat – Povećanje sigurnosti opskrbe pogona Cres-Lošinj", Elektroprimorje Rijeka, kolovoz 2016. god.
- [2] " Tehnički priručnik", Peto izdanje, KONČAR, studeni 1991. god.