

Regulacija napetosti na zbiralnicah RTP Primskovo 110 kV/20 kV – TR 2

Anže VILMAN
Elektro Gorenjska d.d.
anze.vilman@elektro-gorenjska.si

Povzetek – Transformatorji 110 kV/20 kV na področju Elektro Gorenjske imajo vgrajeno regulacijsko navitje, ki avtomatično spreminja prestavo, tako da se doseže želena napetost na 20 kV zbiralki RTP-ja. Spreminjanje želene napetosti glede na obremenitev transformatorja (kompaundacija) je eden izmed ukrepov za zagotovitev ustreznih napetostnih razmer v omrežju, ki pa se v praksi večinoma ne uporablja. V prispevku je obdelan primer vključitve kompaundacije v RTP Primskovo – TR 2. Prikazane so napetostne razmere pred in po vključitvi kompaundacije.

Ključne besede: Regulacija napetosti, regulacijski transformator, napetostne razmere.

Voltage regulation in 110 kV/20 kV substation Primskovo – Transformer 2

Anže VILMAN
Elektro Gorenjska d.d.
anze.vilman@elektro-gorenjska.si

Abstract – 110 kV/20 kV power transformers in the Elektro Gorenjska distribution network are all equipped with on – load tap changers (OLTC). Voltage regulator serves for automatic control of integrated OLTC. Load dependent voltage drops can be compensated by increasing the desired voltage (z – compensation). This paper presents a practical example of voltage regulation in 110 kV/20 kV substation Primskovo – Transformer 2. Presented are voltage conditions before and after z – compensation is included.

Keyword: Voltage regulation, OLTC, voltage conditions.

I. UVOD

Kriteriji načrtovanja razvoja distributivnih omrežij za zagotavljanje ustreznih napetostnih razmer v distribucijskem omrežju predlagajo uporabo regulacije napetosti v odvisnosti od obremenitve (kompaundacija) na transformatorju (TR) 110 kV/20 kV v RTP-ju. Ideja kompaundacije je, da se napetost na 20 kV zbiralki RTP-ja (sekundar TR-ja) prilagaja glede na obremenitev TR-ja. Ob večji obremenitvi TR-ja je nastavljena napetost višja, s čimer se pokrijejo povečani padci v sredjenapetostnem (SN) omrežju. Nasprotno pa je ob manjši obremenitvi nastavljena napetost nižja, saj so tudi padci v SN omrežju manjši.

V RTP-jih na področju Elektro Gorenjske se kompaundacija ne uporablja, zato je bilo na osnovi predstavitve študije št. 2240 [1] odločeno, da jo preizkusimo. Za prvo lokacijo je izbrana RTP Primskovo 110 kV/20 kV. Oba TR-ja 110 kV/20 kV v RTP-ju imata v komandnem prostoru vgrajen rele za avtomatsko regulacijo napetosti »Voltage regulator VC 100 E« podjetja MR Reinhausen. Za učinkovito kompaundacijo je potrebno pravilno nastaviti napetostni regulator in pa vse odcepe TR-jev 20 kV/0,4 kV napajanih preko reguliranega TR-ja 110 kV/20 kV. V prispevku bo predstavljena uporaba kompaundacije na TR-ju 2 (110 kV/20 kV).

II. REGULACIJA NAPETOSTI

TR-ji 110 kV/20 kV imajo vgrajeno regulacijsko navitje, zato se prestava spreminja avtomatično, tako da se doseže zelena napetost na 20 kV zbiralki RTP-ja. Zaradi karakteristike regulatorja (občutljivost $\pm 1\%$, časovni zamik) in sprememb napetosti na 110 kV, ki so ponoči višje kot podnevi, je posledica, da so v dnevnih maksimumih napetosti na zbiralki RTP-ja celo nižje kot ponoči, kar ni dobro.

Zaradi padcev napetosti vzdolž SN vodov je potrebno napetost popravljati s TR-ji 20 kV/0,4 kV, tako da pri odjemalcih na nizkonapetostnem (NN) nivoju ne prihaja do previsokih oz. prenizkih napetosti. TR-ji 20 kV/0,4 kV imajo fiksne odcepe, ki služijo kompenzaciji padcev napetosti takrat, ko padci napetosti v omrežju so. Ko padcev napetosti v omrežju ni, pa ti isti odcepi preveč zvišujejo napetost, če napetost na zbiralkah TR-ja 110 kV/20 kV ni regulirana pravilno. V izogib opisanim težavam moramo uporabiti pravilno regulacijo napetosti.

V RTP-jih na področju Elektro Gorenjske imamo TR-je 110 kV/20 kV z vgrajenimi regulacijskimi stikali z regulacijskim obsegom $\pm 12 \times 1,33\%$. Regulator upošteva odstopanje od nastavljene krivulje $\pm 1\% U_n$. Torej, ko napetost na regulatorju nastavljen čas t_{set} odstopa od nastavljene krivulje za več kot $1\% U_n$, regulator prestavi odcep. Regulacija napetosti je možna pod obremenitvijo. Vsak transformator ima v komandnem prostoru vgrajen rele za avtomatsko regulacijo napetosti. Releji za regulacijo napetosti so priklopljeni preko ustreznega pretikala, ki omogoča izbiro načina regulacije med ročno in avtomatsko. Vse RTP so daljinsko vodene, tako da ima operater v centru vodenja nadzor nad napetostjo in položajem stopnje vsakega regulacijskega stikala. Transformatorji so zaščiteni tudi z zaščito proti previsoki napetosti.

III. RTP PRIMSKOVO 110 kV/20 kV

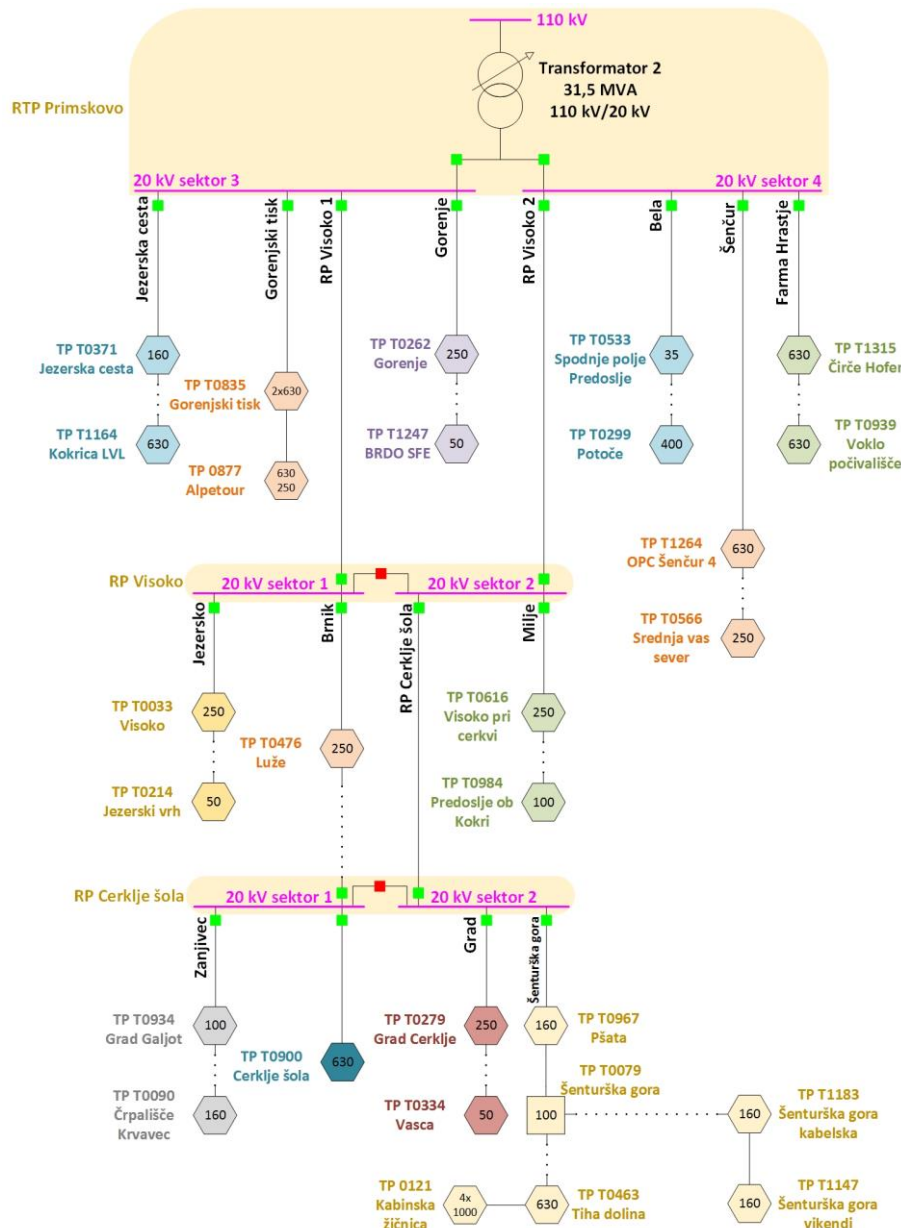
RTP Primskovo 110 kV/20 kV je ena izmed pomembnih napajalnih točk spodnje gorenjskega distribucijskega 20 kV omrežja. V RTP-ju Primskovo sta vgrajena dva energetska TR-ja 110 kV/20 kV, moči 31,5 MVA. Preko TR-ja 2 110 kV/20 kV se napaja distribucijsko omrežje, ki se razprostira od vasi jugovzhodno od Kranja, proti Šenčurju, vsem pod Krvavcem, širšem območju Krvavca, skozi dolino Jezerskega do meje z Avstrijo. Na severu napaja še območje Preddvora, do Bele in Bašlja. Poenostavljeno shemo distribucijskega omrežja napajane preko TR-ja 2 v RTP-ju Primskovo 110 kV/20 kV prikazuje slika 1.

Najbolj zanimiva izvoda za prikaz napetostnih razmer sta najdaljša izvoda iz RTP-ja proti Jezerskem in Krvavcu.

Izvod RP Visoko 1 preko RP-ja Visoko napaja veji Jezersko in Brnik. Iz RP-ja Cerklje šola dalje pa še vejo Zanjivec. Zaradi majhnih obremenitev v dolini Jezerskega in vključenih malih hidroelektrarn problemov s padci napetosti na tem izvodu nimamo, zato bomo bolj podrobno obdelali izvod proti Krvavcu.

Izvod RP Visoko 2 preko RP-ja Visoko napaja veji Milje in RP Cerklje šola. Preko RP-ja Cerklje šola dalje pa še veji Grad in Šenturška gora. Veja Šenturška gora napaja vasi pod Krvavcem in se zaključuje na smučišču Krvavec. Preko nje se napaja vsa žičniška infrastruktura na Krvavcu, ki ima specifičen odjem s svojim zasneževanjem ponoči in obratovanjem žičniških naprav podnevi. Prav tako v času smučarske sezone ni razlike med odjemom med tednom in preko vikenda. Glede na specifičen odjem pričakujemo največje padce prav na tem izvodu. V

nadaljevanju bodo bolj podrobno predstavljene napetostne razmere na tem izvodu pred in po vključitvi kompaundacije.

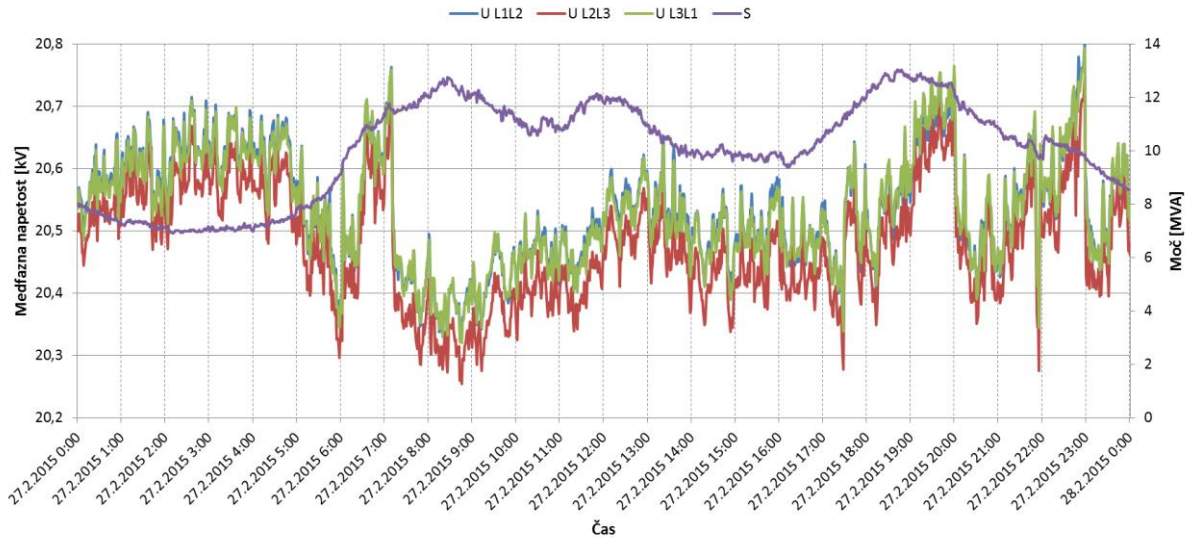


Slika 1: Poenostavljena shema distribucijskega omrežja napajane preko TR-ja 2 v RTP Primskovo 110 kV/20 kV.

A. NAPETOSTNE RAZMERE PRED VKLJUČITVIJO KOMPAUNDACIJE

Napetostne razmere pred vključitvijo kompaundacije na dan 27.2.2015. Napetost na 20 kV zbiralki RTP-ja (sekundar TR-ja) se ne prilagaja glede na obremenitve TR-ja (slika 2). Posledično so ponoči napetosti višje kot podnevi, kar se lepo odrazi v NN omrežju (slika 3).

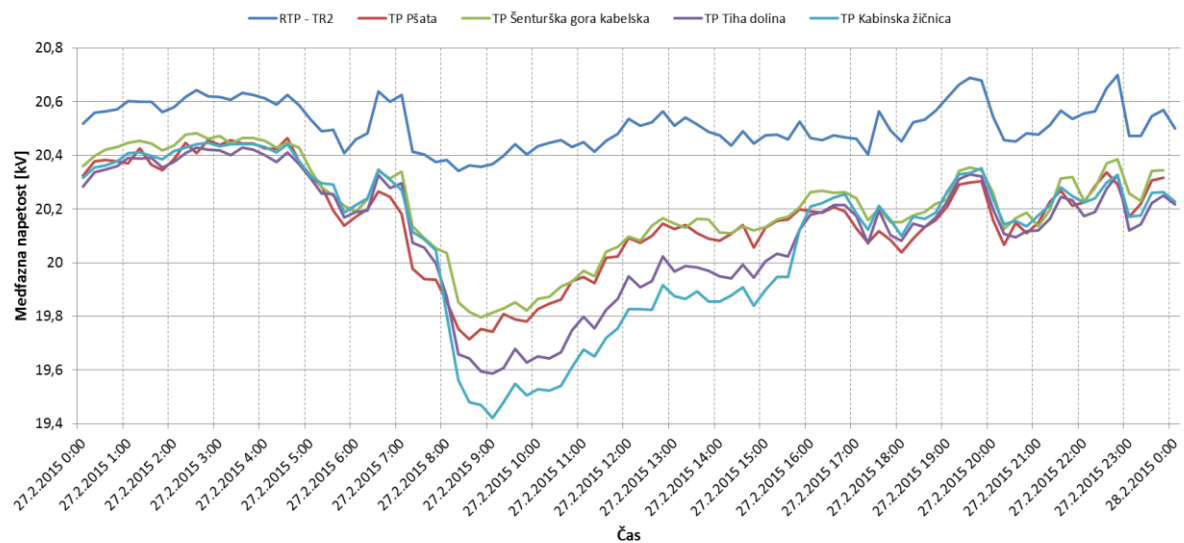
Na regulatorju nastavljen napetost U_S ob toku 0 A je 102,5 V, kar pomeni da je želena napetost na SN zbiralki v RTP-ju 20,5 kV. Širina pasu je določena s stopnjo občutljivosti $\Delta U = \pm 1\%$. Vidimo, da so v dnevnih maksimumih napetosti na zbiralki RTP-ja nižje kot ponoči, kar je posledica karakteristike regulatorja in nihanja napetosti na 110 kV. Slaba lastnost relejev za regulacijo napetosti je, da v nočnem času, ko je napetost višja držijo napetost na zgornji meji obsega nastavitve občutljivosti. V času maksimalne obremenitve pa na spodnji meji nastavljen občutljivosti.



Slika 2: Napetosti in obremenitev na TR 2 110 kV/20 kV v RTP Primskovo (brez kompaundacije) – povprečne minutne vrednosti.



Slika 3: Napetosti v TP T1183 Šenturška gora kabelska (brez kompaundacije) – povprečne 10 minutne vrednosti.



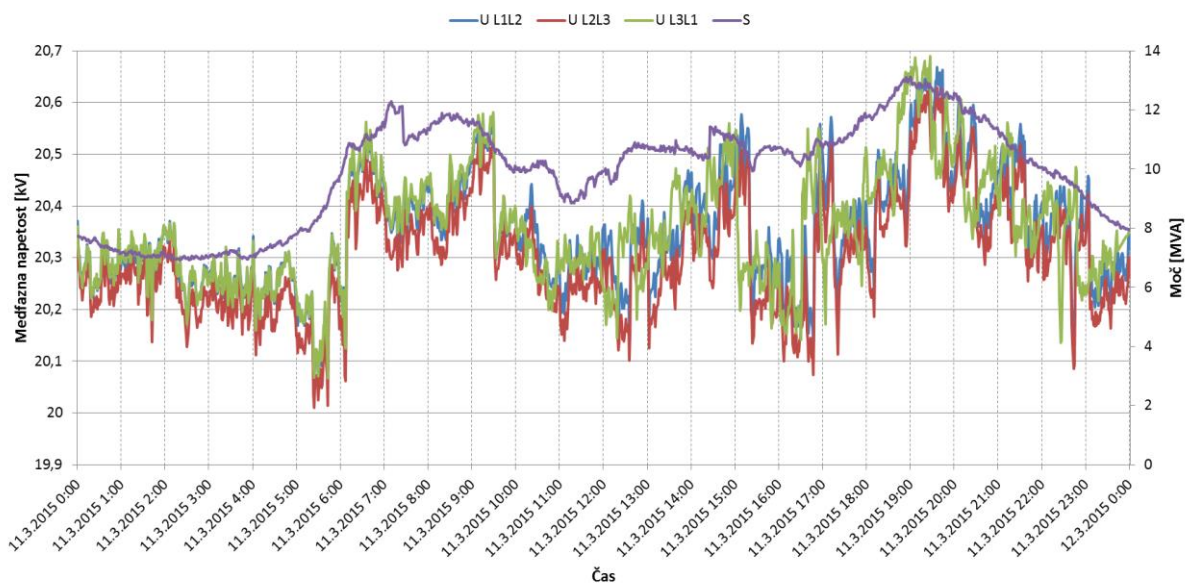
Slika 4: Pregled napetostnih razmer na najdaljšem izvodu RP Visoko 2 (brez kompaundacije) – povprečne 15 minutne vrednosti.

Za prikaz napetostnih razmer je izbran najdaljši izvod iz RTP-ja Primskovo 110 kV/20 kV – TR 2 (slika 4). To je izvod RP Visoko 2. Prikazane so napetostne razmere na zbiralnicah RTP – TR 2, v TP Pšata, TP Šenturška gora kabelska, TP Tiha dolina in TP Kabinska žičnica. Za TP Kabinska žičnica so uporabljene meritve napetosti iz elektronskega števca. V ostalih TP-jih pa so inštalirani analizatorji omrežja Iskra MC 750. Meritve v TP-jih 20 kV/0,4 kV so izvedene na NN strani. Za prikaz na sliki 4 so napetosti preračunane na 20 kV nivo. Najvišji padec napetosti vzdolž izvoda RP Visoko 2 na dan 27.2.2015 je 4,65 %.

B. NAPETOSTNE RAZMERE PO VKLJUČITVI KOMPAUNDACIJE

Da bi v času največje obremenitve dosegli najvišjo napetost in v času najnižje obremenitve najnižjo napetost, je potrebno vključiti kompaundacijo in temu ustrezno nastaviti napetost U_S . S tem bomo dosegli, da se napetost dviga z večanjem toka in obratno.

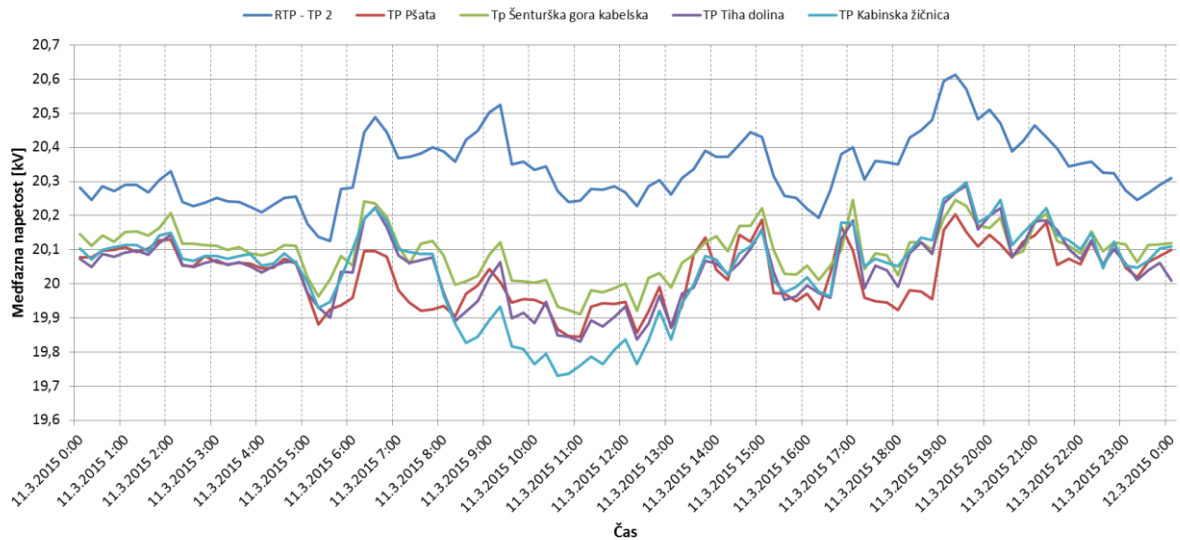
Napetostne razmere po vključitvi kompaundacije na dan 11.3.2015 v RTP – TR 2 (slika 5) in v NN omrežju (slika 6). Na regulatorju nastavljena napetost U_S ob toku 0 A je 99 V. Z - kompenzacija (dvig napetosti) 12 %. Širina pasu je določena s stopnjo občutljivosti $\Delta U = \pm 1\%$.



Slika 5: Napetosti in obremenitev na TR 2 110 kV/20 kV v RTP Primskovo (vključena kompaundacija) – povprečne minutne vrednosti.



Slika 6: Napetosti v TP T1183 Šenturška gora kabelska (vključena kompaundacija) – povprečne 10 minutne vrednosti.



Slika 7: Pregled napetostnih razmer na najdaljšem izvodu RP Visoko 2 (vključena kompaundacija) – povprečne 15 minutne vrednosti.

Na sliki 7 so prikazane napetostne razmere vzdolž najdaljšega izvoda iz RTP-ja 110 kV/20 kV Primskovo – TR 2 na dan 11.3.2015. Najvišji padeč napetosti znaša 3 %.

20 kV/0,4 kV TR-ji v praksi nimajo avtomatske regulacije napetosti, zato moramo odcepe nastaviti ročno (v breznapetostnem stanju). Za potrebe analize uspešnosti kompaundacije so bili odčitani nastavljeni odcepi TR-jev 20 kV/0,4 kV v TP-jih, kjer imamo inštalirane analizatorje omrežja. V večini TP-jev je nastavljena stopnja ustrežna in so tudi napetostne razmere po vključeni kompaundaciji normalne. V nekaterih TP-jih pa bo potrebno popraviti nastavljen odcep.

IV. ZAKLJUČKI

Prve analize po vključeni kompaundaciji kažejo na izboljšano stanje napetosti po celotnem distribucijskem omrežju napajanem preko RTP-ja Primskovo 110 kV/20 kV – TR 2. Napetosti po vseh TP-jih so višje ob dnevnih koničnih obremenitvah in nižje ponoči, ko je obremenitev nižja (ni več najvišjih napetosti ponoči, kar se je dogajalo pred vključitvijo). Tudi v najbolj oddaljenih in obremenjenih TP-jih so napetosti normalne in ne prenizke. V TP-jih, kjer so bili odcepi TR-jev že pred vključitvijo kompaundacije nastavljeni na neustrezen odcep bo potrebno odcepe v prihodnosti ustrezno popraviti. Glede na izboljšano stanje v obravnavanem primeru bomo delovanje kompaundacije preizkusili tudi v ostalih RTP-jih. Potrebna bo obdelava distribucijskega omrežja napajanega prek posameznega energetskega TR-ja 110 kV/20 kV in proučitev uspešnosti kompaundacije za vsak primer posebej.

REFERENCE

- [1] Kriteriji načrtovanja SN in NN omrežja v smislu vključevanja in obratovanja razpršenih virov električne energije, EIMV, študija št. 2240.