

Koordinirana regulacija napetosti v NN omrežju z uporabo OLTC 20 kV/0,4 kV regulacijskega transformatorja

Anže VILMAN, mag. Marjan JERELE

Elektro Gorenjska d.d.

anze.vilman@elektro-gorenjska.si; marjan.jerele@elektro-gorenjska.si

Povzetek – Eno izmed rešitev za zagotavljanje kakovosti napetosti v distribucijskem omrežju predstavlja uporaba distribucijskega regulacijskega transformatorja. V podjetju Elektro Gorenjska smo se odločili eno od transformatorskih postaj opremiti s tovrstnim transformatorjem moči 400 kVA. V prispevku je predstavljena predhodna analiza delovanja takega transformatorja na realnih podatkih iz omrežja, kamor bo vgrajen. Predstavljen je tudi demonstracijski poligon NN omrežja v katerega bo transformator vgrajen.

Ključne besede: Regulacijski distribucijski transformator, regulacija napetosti, distribucijsko omrežje.

Coordinated low voltage network control using OLTC 20 kV/0,4 kV transformer

Anže VILMAN, mag. Marjan JERELE

Elektro Gorenjska d.d.

anze.vilman@elektro-gorenjska.si; marjan.jerele@elektro-gorenjska.si

Abstract – The regulated distribution transformer can be a powerful tool against voltage range problems in low voltage grids with a high amount of distributed power generation. To obtain experience with this new technology Elektro Gorenjska will equip one of 20 kV/0,4 kV substation with a OLTC 400 kVA transformer. This paper outlines benefits of using OLTC distribution transformer and describes basic demo concepts.

Keyword: OLTC distribution transformer, voltage control, low voltage grid.

I. UVOD

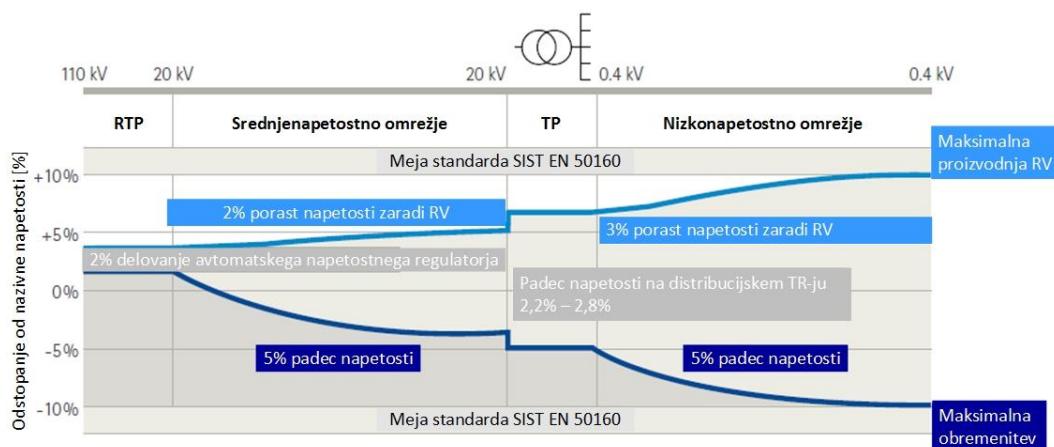
Distribucijsko omrežje je običajno načrtovano in zgrajeno za pretoke moči usmerjene od proizvodnje, ki je večinoma priključena na visokonapetostnem (VN), do porabe na sredjenapetostnem (SN) in nizkonapetostnem (NN) omrežju. Transformatorji v distribucijskem omrežju so bili tipično načrtovani za pretoke moči v smeri od VN do NN nivojev. V preteklosti so nam problem kakovosti napetosti povzročale predvsem prenizke napetosti v NN omrežju, ki so bile posledica povečevanja obremenitev. Danes se zaradi priključevanja razpršenih virov (RV) predvsem v NN omrežje pojavlja tudi problem previsokih napetosti. Posledično so tudi pretoki moči v distribucijskem omrežju občasno obrnjeni. Kakovost napetosti mora biti skladna z zahtevami standarda SIST EN 50160, ki nam za napetost predpisuje dovoljene meje odstopanja $\pm 10\%$.

V distribucijskem omrežju se torej danes srečujemo tako s problemom prenizkih kot tudi previsokih napetosti. Ena izmed rešitev za zagotavljanje ustrežne kakovosti napetosti in ohranjanje napetosti znotraj meja predstavlja tudi vgradnja regulacijskega distribucijskega transformatorja.

Elektro Gorenjska v evropskem projektu INCREASE (**IN**creasing the penetration of **R**enewable **E**nergy sources in the distribution grid by developing control strategies and using **A**ncillary **S**ervices) zagotavlja demonstracijski poligon NN omrežja, v katerem se bo preizkusilo delovanje tovrstnega transformatorja.

II. DISTRIBUCIJSKI TRANSFORMATORJI

Klasični distribucijski transformatorji (TR) se v omrežju uporabljajo za transformacijo iz SN/NN nivo (v omrežju Elektro Gorenjska 20 kV/0,4 kV). Običajno imajo vgrajeno ročno regulacijsko stikalo ($\pm 2 \times 2,5\%$) s katerim je možno v breznapetostnem stanju spreminjati razmerje med primarno in sekundarno stranjo. Z določeno napetostno prestavo se TR ne more prilagajati trenutnim napetostnim razmeram v omrežju, kar ima za posledico nihanje napetosti na strani uporabnika. Zaradi vključenih RV se napetosti na proizvodnih izvodih lahko dvignejo, na porabniških izvodih pa se zaradi padcev lahko pojavljajo nizke napetosti, zaradi česar se oblikuje napetostni lijak (slika 1).



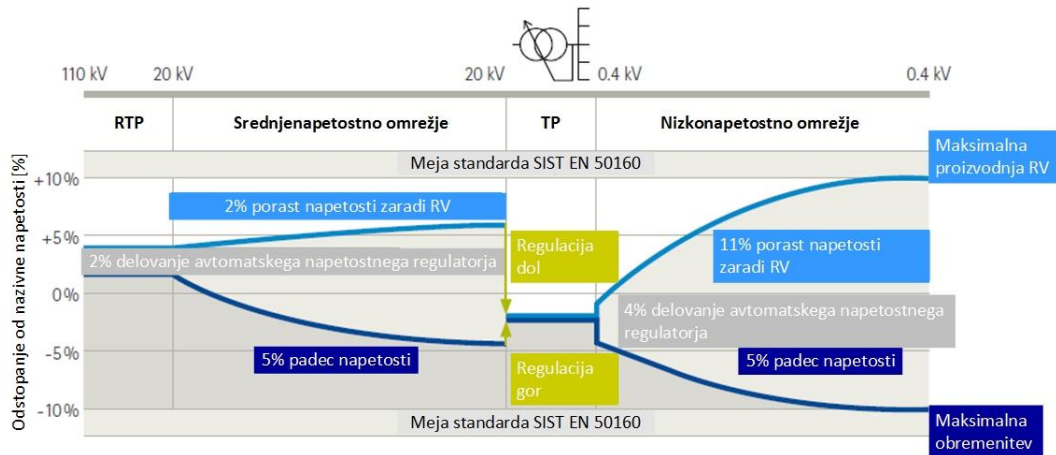
Slika 1: Napetostni lijak pri klasičnem TR 20 kV/0,4 kV [1].

Regulacijski distribucijski TR to pomanjkljivost odpravlja in pripomore k boljši kvaliteti električne energije na strani uporabnika. Omogoča regulacijo napetosti pod bremenom, zato lahko zoži napetostni lijak na NN zbiralnici (slika 2). Običajno imajo regulacijski distribucijski TR-ji na voljo 5, 7 ali 9 stopenj. Izbiramo lahko med velikostjo stopnje 1%, 1,5%, 2% ali 2,5%.

Na trgu regulacijskih distribucijskih TR-jev obstaja več tehnologij spreminjanja prestavnega razmerja TR-ja pod bremenom:

1. bremenski odcepni vakuumski preklopnik,
2. kontaktorska stikala v povezavi z dodatnim TR (Booster) nameščenim v kotel glavnega TR-ja,
3. TR z reguliranim in nereguliranim NN izvodom (magnetni samoregulacijski distribucijski TR).

V okviru našega projekta želimo TR regulirati daljinsko, zato lahko uporabimo le eno od prvih dveh tehnoloških rešitev, saj je tretja rešitev samoregulacijska.



Slika 2: Napetostni lijak pri regulacijskem TR-ju 20 kV/0,4 kV [1].

Za optimalno delovanje distribucijskega regulacijskega TR-ja je potrebna natančna analiza omrežja v katerega bo vgrajen.

III. DEMONSTRACIJSKI POLIGON

Severozahodno od Kranja poleg protokolarnega objekta Brdo leži vas Suha pri Predosljah. Lega in orientiranost objektov v vasi izpolnjujeta idealne pogoje za postavitev sončnih elektrarn (SFE). V času visokih spodbud za RV, predvsem SFE se je sedem lastnikov odločilo za postavitev SFE, katerih skupna inštalirana moč znaša 210 kW. Vas se napaja preko jamborske transformatorske postaje (TP) na kateri je vgrajen TR moči 250 kVA. Povprečna konična poraba v vasi je 140 kW in se pojavlja v času večerne konice. Časovno ne sovпада s konično proizvodnjo SFE, zato se obrnjeni pretoki moči dogajajo vsak sončen dan (slika 4). Za potrebe projekta bo zgrajena nova kabelska TP v kateri bo vgrajen regulacijski distribucijski TR moči 400 kVA.

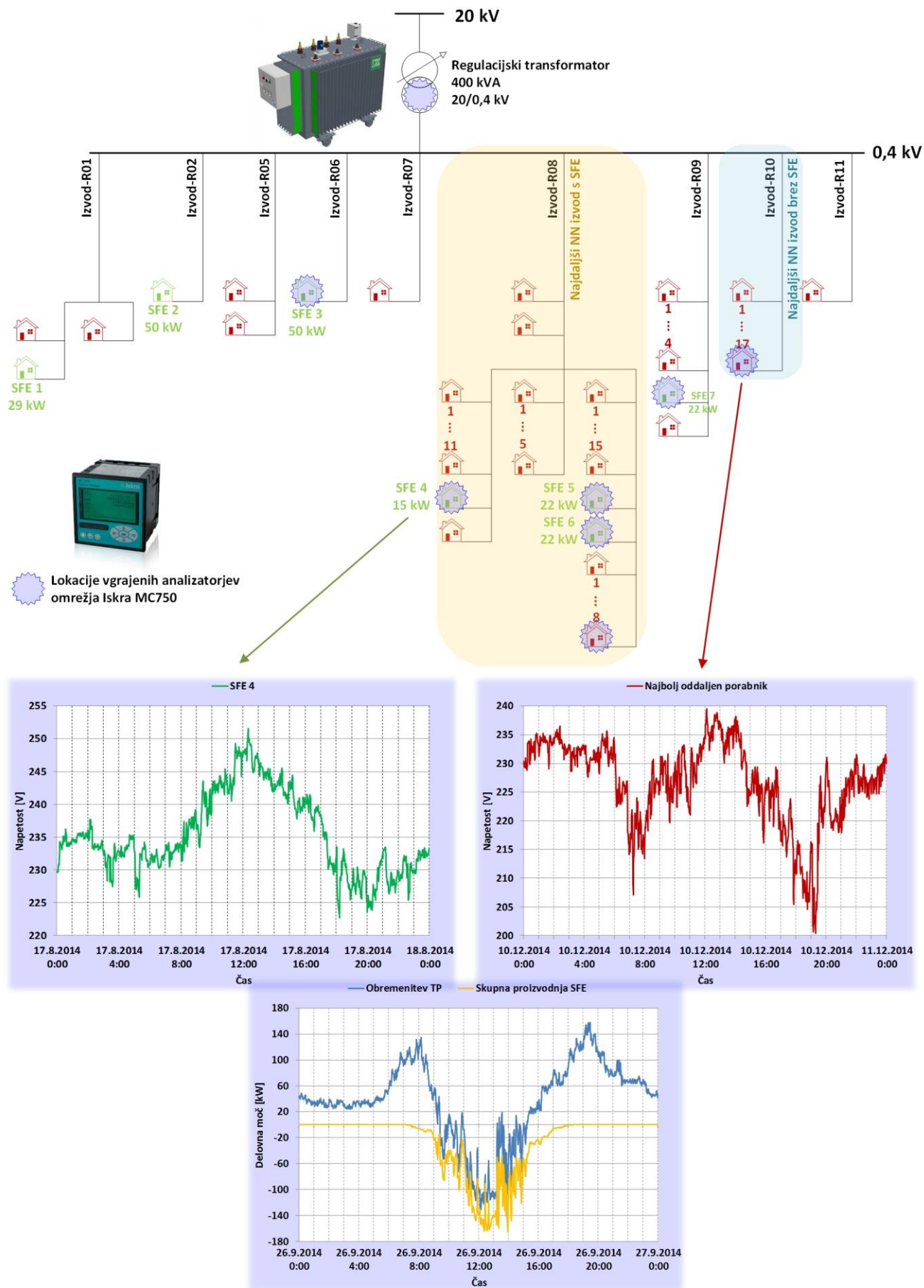
Porabniki se iz TP napajajo preko devetih NN izvodov (slika 4). Izvodi se med seboj razlikujejo saj so nekateri samo proizvodni, drugi samo porabniški, tretji proizvodno-porabniški. Posledično se pojavljajo visoke napetosti na proizvodnih in proizvodno-porabniških izvodih v času delovanja SFE in nizke napetosti na koncih porabniških izvodov v času večerne konice. Napetosti po celotnem NN omrežju TP Suha nihajo med 200 V in 253 V.

Za potrebe predhodnih analiz in kasneje vhodnih podatkov regulacijskega algoritma so bili na osmih lokacijah po NN omrežju vgrajeni analizatorji omrežja Iskra MC750 v povezavi z WiMAX modemom. Lokacije analizatorjev so bile izbrane na podlagi predhodnih analiz. Izbrane so bile lokacije z najbolj neugodnimi napetostnimi razmerami (konec porabniškega izvoda, SFE, proizvodno-porabniški izvodi) in NN zbiralke TR.

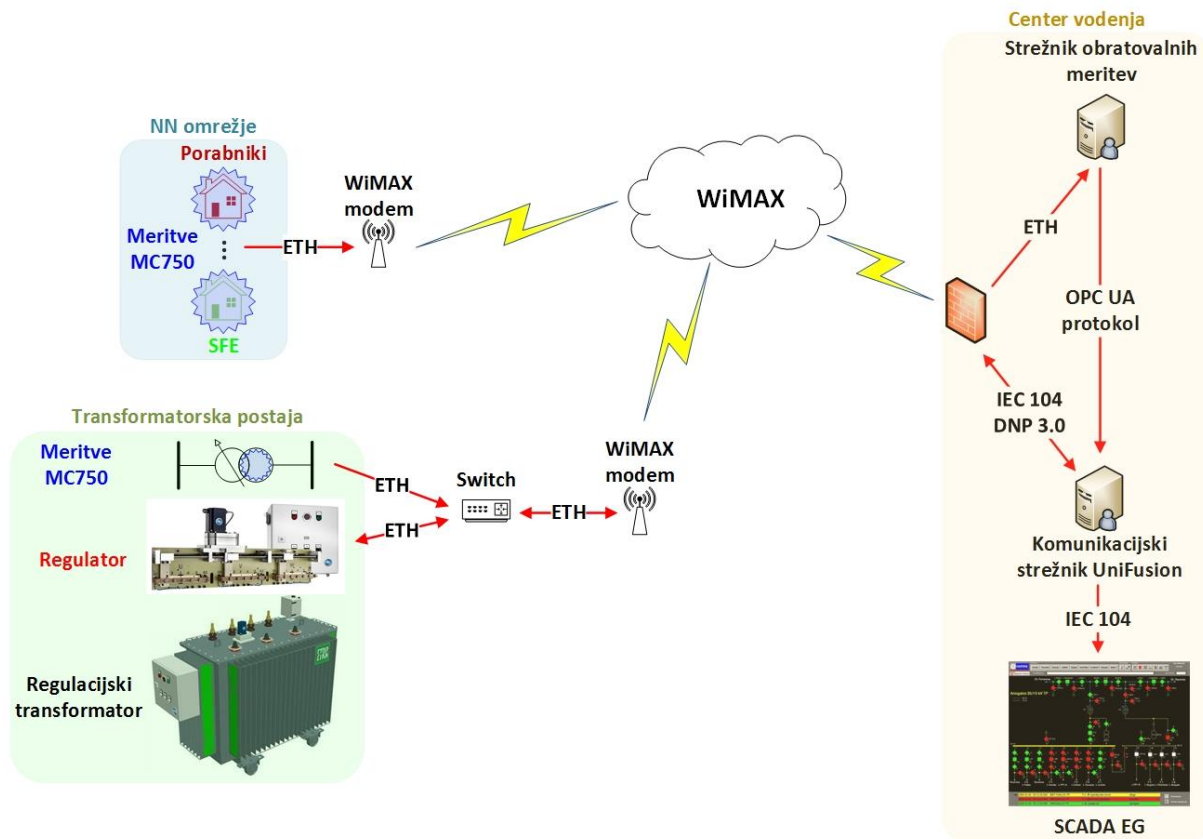
V podjetju Elektro Gorenjska imamo zgrajeno lastno komunikacijsko infrastrukturo na osnovi WiMAX tehnologije. Komunikacijska infrastruktura nam omogoča povezovanje analizatorjev omrežja s koncentradorjem obratovalnih meritev (podatkovna baza na strežniku) preko ethernet omrežja. Časovno odstopanje podatkov od realnega časa je maksimalno 2 s. Na področju Suhe pri Predosljah analizatorji merijo minutne vrednosti veličin in jih pošiljajo v podatkovno bazo obratovalnih meritev. Tako lahko v vsakem trenutku dostopamo do merjenih veličin in jih uporabljamo za nadaljnjo analizo. V okviru projekta INCREASE bomo merjene veličine uporabili kot vhodni podatek za regulacijski algoritem, kateri bo upravljal regulator napetosti vgrajen v regulacijski distribucijski transformator (slika 5).



Slika 3: Nameščena oprema v priključno-merilni omarici.



Slika 4: Shema NN omrežja TP Suha 20 kV/0,4 kV z lokacijami SFE in vgrajenimi analizatorji omrežja.



Slika 5: Shema komunikacijske infrastrukture.

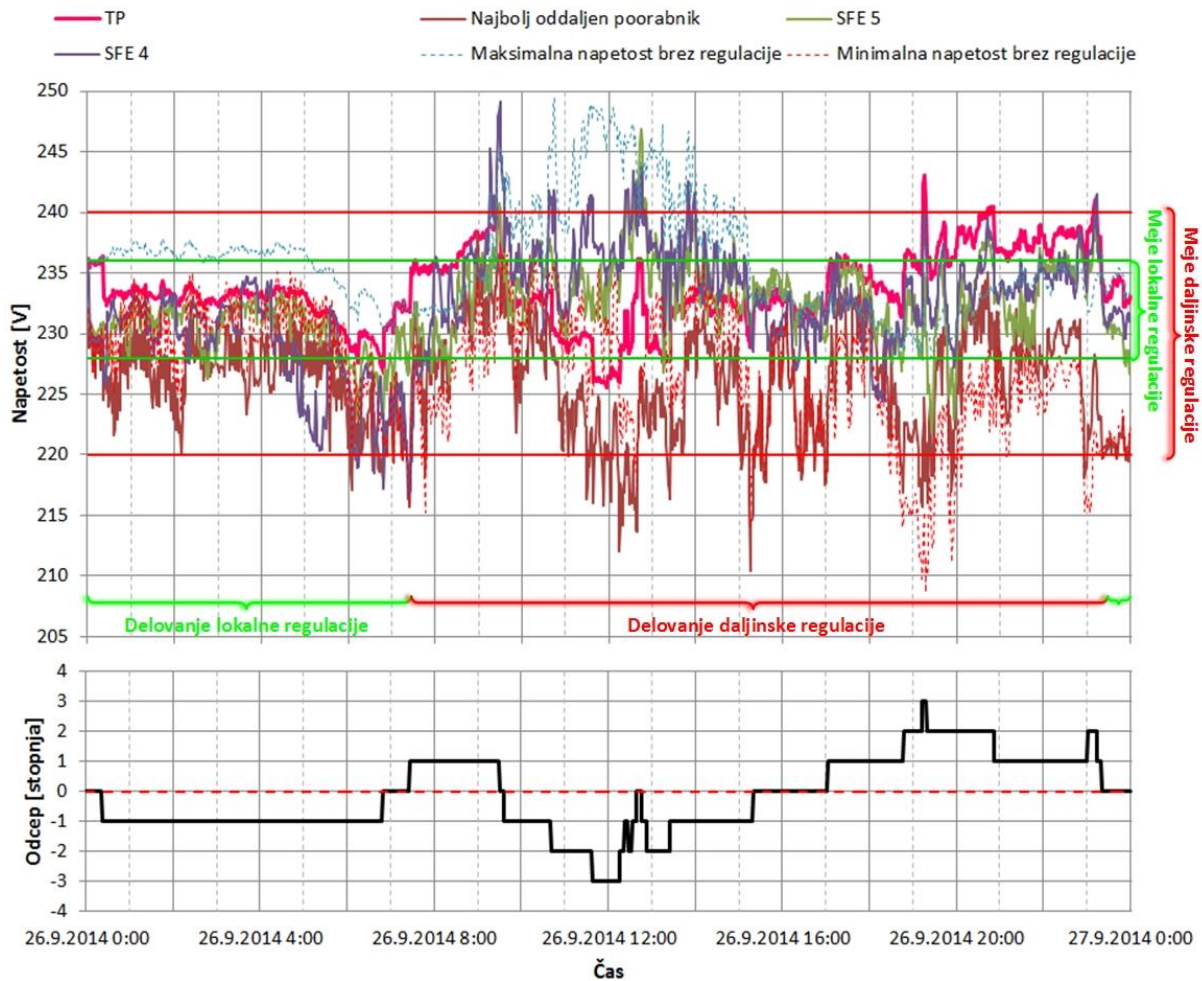
IV. UPORABA REGULACIJSKEGA DISTRIBUCIJSKEGA TRANSFORMATORJA

Zagotavljanje kakovosti napetosti v NN omrežju TP Suha je predvideno z uporabo regulacijskega distribucijskega TR-ja, ki bo deloval z lokalno in daljinsko regulacijo. Lokalna regulacija napetosti bo izvedena s tovarniškim regulatorjem dobavitelja transformatorja in bo zagotavljala ustrežno kakovost napetosti na NN zbiralnici TR-ja. V kolikor bodo napetosti v kateri koli od merjenih točk v NN omrežju (slika 4) padle pod ali narasle čez v naprej nastavljeno mejo se bo avtomatsko vključila daljinska regulacija. Vhodni podatek bodo napetosti iz vgrajenih analizatorjev omrežja Iskra MC750. Daljinska regulacija bo za svoje delovanje uporabljala regulacijski algoritem nameščen na komunikacijskem strežniku, ki bo regulatorju pošiljal izračunane nastavitvene točke regulacijskega stikala. Z uporabo daljinske regulacije se bodo popravljale tudi slabe napetostne razmere na koncih porabniških in na proizvodno-porabniških izvodih, katerih meritve na NN zbiralnici TR-ja ne zaznajo. Tako bomo v času večernih konic, ko se nam pojavljajo najnižje napetosti na koncih porabniških izvodov napetost dvignili. V času največje proizvodnje in posledično visokih napetosti pa bomo napetost spustili do meje, ko na koncih porabniških izvodov še ne bo prenizka.

Na osnovi analize podatkov iz vgrajenih analizatorjev omrežja Iskra MC750 je bila določena uporaba devet stopenjskega regulacijskega TR-ja z velikostjo stopnje 1,5%. Analiza delovanja regulatorja in uporabljene stopnje za en dan so prikazane na sliki 6. Zelena napetost na ravni NN zbiralnic v TP je med 230 V in 235 V, zato so za meje lokalne regulacije izbrane vrednosti 232 ± 4 V. Za meje daljinske regulacije so bile določene vrednosti 230 ± 10 V. Čas zakasnitve znaša 5 min. Ko napetost za 5 min pade pod ali naraste čez nastavljeno mejo regulator spremeni odcep.

Iz opravljene analize posameznega dneva je razvidno, kako se s pomočjo regulacijskega transformatorja znižujejo visoke napetostne razmere v času delovanja SFE. Napetostne razmere na koncu samo porabniškega izvoda so posledično sicer nekoliko nižje vendar pa so še vedno znotraj meja. V večernem času se korigirajo nizke napetosti na koncu porabniškega izvoda. Prednostno se obravnavajo najnižje napetosti na koncu porabniških izvodov. V primeru, da bi najvišje napetosti na proizvodnih izvodih prekoračile nastavljeno mejo in bi bile istočasno napetosti na samo porabniškem izvodu že prenizke, transformator nebi znižal odcepa. Zaradi previsokih napetosti, ki jih povzročajo SFE namreč ni dovoljeno poslabšati razmer ostalim odjemalcem.

Proizvajalci regulatorskih stikal zagotavljajo različno število preklpov v življenjski dobi. V obravnavanem dnevu je transformator naredil 24 preklpov in uporabil ± 3 odcepe, kar pomeni, da predvideno število preklpov v življenjski dobi ne bo preseгло deklariranih vrednosti. Delovanje regulatorja z uporabljenimi stopnjami je prikazano na sliki 6 spodaj.



Slika 6: Vpliv delovanja regulacijskega TR-ja na napetostni profil in uporabljene stopnje regulatorja.

V. ZAKLJUČKI

Rezultati opravljenih analiz dokazujejo, da je distribucijski regulacijski TR za obravnavani primer TP Suha ustrezna rešitev za zagotavljanje kakovosti napetosti. Za optimalno delovanje TR-ja in ustrezne napetostne razmere tako na samo porabniških, kot proizvodno-porabniških izvodih bo potrebno ustrezno nastaviti regulator TR-ja. V sklopu projekta INCREASE je postavljena mreža analizatorjev omrežja, ki pošiljajo podatke v podatkovno bazo obratovalnih meritev. V letošnjem letu bo zgrajena nova kabelska TP in izpeljano naročilo regulacijskega distribucijskega TR-ja. Za potrebe regulacije bo potrebno določiti in realizirati ustrezni regulacijski algoritem v okviru novega komunikacijskega strežnika. Načrtujemo, da bo projekt zaključen do konca leta 2015 s čimer bo predstavljal tudi prvi instalirani regulacijski distribucijski TR v Sloveniji.

REFERENCE

- [1] GRIDCON® iTAP® The System Solution for Voltage Regulated Transformers, Maschinenfabrik Reinhausen GmbH 2012.