

Dorijan Pađan, mag.ing.el.
HEP ODS Elektra Zagreb
Dorijan.padan@hep.hr

Davor Pisačić, el.teh.
HEP ODS Elektra Zagreb
Davor.pisacic@hep.hr

Marijan Lukač, dipl.ing.el.
HEP ODS Elektra Zagreb
Marijan.lukac@hep.hr

Damir Gluhak dipl.ing.el.
M-T servis d.o.o.
Damir@mtservis.hr

AUTOMATSKA REGULACIJA NAPONA U DISTRIBUCIJSKIM TRAFOSTANICAMA KAO PODRŠKA INTEGRACIJI SOLARNIH ELEKTRANA I ODRŽAVANJU STABLINIH NAPONSKIH PRILIKA

SAŽETAK

Automatska regulacija napona u distribucijskim trafostanicama postaje ključna za podršku integraciji solarnih elektrana, budući da one često uzrokuju varijacije u naponu zbog fluktuacija u proizvodnji električne energije.

Stabilizacija napona omogućuje optimalno iskorištavanje obnovljivih izvora i osiguravajuće stabilne naponske prilike za potrošače. Uvođenjem automatske regulacije napona, distribucijske mreže mogu održavati napon unutar zadanih granica unatoč varijabilnoj proizvodnji iz solarnih izvora, što doprinosi pouzdanosti i učinkovitosti elektroenergetskog sustava.

Ključne riječi: Regulacija napona, solarne elektrane, stabilizacija napona

AUTOMATIC VOLTAGE REGULATION IN DISTRIBUTION SUBSTATION AS A SUPPORT TO THE INTEGRATION OF SOLAR POWER PLANTS AND THE MAINTENANCE OF STABLE VOLTAGE OPPORTUNITIES

SUMMARY

Automatic voltage regulation in distribution substation becomes essential to support the integration of solar power plants, since they often cause voltage variations due to fluctuations in electricity generation.

Voltage stabilization enables optimal utilization of renewable sources and ensures stable voltage opportunities for consumers. By introducing automatic voltage regulation, distribution networks can maintain voltage within set limits despite variable production from solar sources, which contributes to the reliability and efficiency of the power system.

Key words: Voltage regulation, solar power plant, stabile voltage

1. UVOD

Radom je obrađeno uvođenje sustava automatske regulacije napona u postrojenju 3TS119 Vrbovec, koje se odnosi na regulacijske energetske transformatore 35/11 kV proizvođača Energoinvest iz 1973. godine. Potreba za ovom modernizacijom proizlazi iz problema nestabilnog napona u mreži, posebice u uvjetima povećane potrošnje i promjena u energetsom sustavu. Uz to, dodatni izazov predstavljalo je priključenje novih solarnih elektrana u mrežu, što je kao tehnički uvjet u elaboratu optimalnog tehničkog rješenja priključenja građevine (EOTRP-u) zahtijevalo uvođenje sustava automatske regulacije napona.

Cilj ovog referata je predstaviti rješenje i rezultate implementacije automatske regulacije napona kao ključnog koraka za povećanje stabilnosti elektroenergetskog sustava. Referat uključuje vrste regulacijskih sklopki i ugrađenih dijelova koji omogućuju učinkovito upravljanje naponom te prikaz grafova napona prije i poslije uvođenja automatske regulacije napona na 10 kV i 0,4 kV.

2. REGULACIJSKA SKLOPKA U 3TS119 VRBOVEC NA TRANSFORMATORU 35/11 kV 16MVA



Osnovna zadaća regulacijske sklopke je održavanje konstantnog napona neovisno o opterećenju transformatora, što se postiže promjenom prijenosnog omjera transformatora. Regulacijska sklopka smještena je na visokonaponskoj (VN) strani transformatora, gdje mijenja broj zavoja regulacijskog namota i time utječe na ukupan broj zavoja na VN strani. Glavna svrha ovog sustava jest osiguranje stabilnog napona na niskonaponskoj (NN) strani transformatora, bez obzira na promjene opterećenja.

Prema izolacijskom mediju u kojem se odvijaju sklopne operacije, regulacijske sklopke dijele se na uljne i vakuumske. Kod uljnih regulacijskih sklopki, promjena kontakata obavlja se uz pomoć teretne sklopke, smještene u posebnom ulju koje je odvojeno od ulja u kojem su namoti i birač položaja te takvog je tipa regulacijska sklopka iz ovog rada, dok se kod vakuumske sklopke operacije pokretanja odvijaju u vakuumskim komorama.

Automatska regulacija provodi se upravo preko regulacijske sklopke na 35 kV strani transformatora, pri čemu se napon na 11 kV strani održava unutar unaprijed definiranih granica. Postavljena granica (Setpoint) iznosi 10,3 kV, što je uobičajena praksa za srednjonaponske sustave, uz dopušteno odstupanje od $\pm 1,2\%$ (Bandwith). Drugim riječima, napon se održava unutar granica od 10176,4 V do 10423,6 V, čime se osigurava stabilnost i pouzdanost elektroenergetskog sustava.

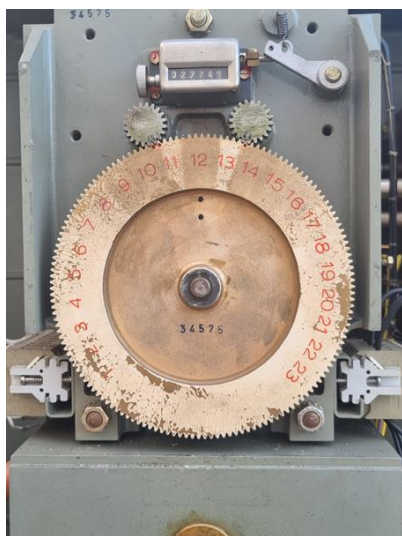
Slika 1.Regulacijska sklopka MR

3. POKAZIVANJE POLOŽAJA REGULACIJSKE SKLOPKE

Prikaz položaja regulacijske sklopke najčešće se ostvaruje s pomoću kružnog davača položaja. Ovaj mehanizam omogućuje precizno određivanje trenutnog položaja regulacije transformatora. Svako okretanje davača za $1/35$ kruga (što odgovara 10 stupnjeva) predstavlja pomak za jedan regulacijski položaj, čime se ostvaruje ukupno 35 mogućih položaja.

Kako bi se osigurao precizan i ponovljiv sustav mjerenja, između svake od 35 točaka umetnut je otpornik jednake vrijednosti od točno $10\ \Omega$. Na taj način, ukupni otpor varira od $0\ \Omega$ do $340\ \Omega$, ovisno o trenutnom položaju regulacijske sklopke. Ovakav način signalizacije položaja danas se često naziva otpornim modulom, a može biti izveden u konfiguraciji s dvije (klizač i početak) ili tri žice (klizač, početak i kraj).

Ovakav sustav omogućuje točno praćenje položaja regulacijske sklopke i osigurava pouzdano održavanje napona u zadanim granicama, čime se poboljšava stabilnost i učinkovitost elektroenergetskog sustava.



Slika 2. Prikazivač položaja



Slika 3. Davač položaja



Slika 4. Motorni pogon

4. AUTOMATSKA REGULACIJA NAPONA

Da bi dobili automatsku regulaciju napona potrebno je bilo obaviti pretvorbu otporničke dekad u BCD (Binary Coded Decimal) binarnu kombinaciju. Binarna kombinacija pretvara otpor od 0-340 ohma u kombinaciju brojeva od 1-35. S BCD kombinacijom stanje položaja regulacijske sklopke proslijeđuje se na uređaj za automatsku regulaciju napona A-Eberle REG-DA. Regulator je podešen na 10,30 kV set point s dozvoljenim granicama od $\pm 1,2\%$ te izvan tih granica daje nalog prema motoru regulacijske sklopke da vrši radnju dizanja ili spuštanja napona. Od ostalih postavki svakako treba napomenuti Tap changer, Limits i time delay.



Tap changer postavke sadrže tap limiter funkciju, za koju ako je uključena na uređaju automatske regulacije ograničava od kojeg do kojeg položaja se može kretati automatska regulacija napona. Naravno ako se regulacija stavi na ručno upravljanje s regulatora nećemo moći izvan tih granica, dok na samom transformatoru postoji opcija pokretanja motornog pogona i van granica tap limitera ako one postoje.

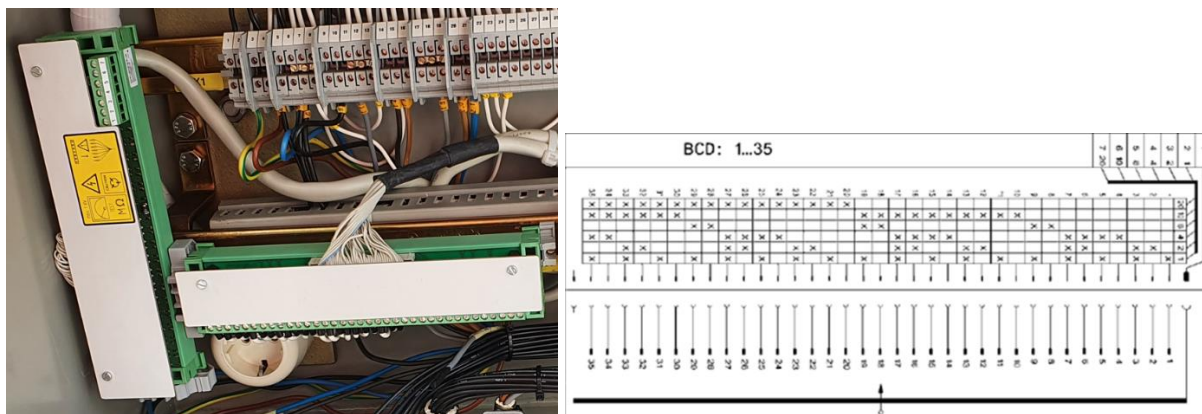
Motorni pogon regulacije napona ima električnu blokadu kojom je onemogućen rad motora ako želimo podignuti regulacijsku sklopku a već se nalazimo u zadnjem položaju. Važno je napomenuti kako je tu električnu blokadu moguće preskočiti ako se neispravno izvede trofazno napajanje motora regulacijske sklopke, drugim riječima da se zamijene dvije faze i promijenimo okretno polje te umjesto da nam regulacija podiže ona spušta položaj regulacijske sklopke i obratno.

Slika 5. Automatski regulator napona A-Eberle REG-DA

Limits postavka su granice koje postavljamo automatskoj regulaciji kako ne bih reagirala na kvarove, nestanak mjernog napona ili probleme na naponskim mjernim transformatorima. Standardne postavke limits za napon su $\pm 10\%$ (Undervoltage, Overvoltage), struju 125% (Overcurrent), hysteresis 0,5%. Kao standardni dio ispitivanja rada regulatora napona su provjere rada kada nestane napona s mjernog polja bilo zbog kvara ili ispada automata mjernih grana. Također, vrše se ispitivanja prekostrujnih blokada, drugim riječima simuliramo da je došlo do kvara na određenom vodnom polju i takva struja kvara je dovoljna da prijeđe granicu od 125% nazivne struje transformatora, tada je rad automatske regulacije napona onemogućen tj. blokiran.

Time delay kao funkcija unutar postavke limits određuje vrijeme odgode iznad navedenih parametara, te kao takva može smanjiti nepotreban rad regulacijske sklopke u automatskom režimu rada.

Položaje regulacijske sklopke proslijeđuje diodna matrica prema REG-DA uređaju preko otporničke dekad kako je opisano u početku poglavlja a slike niže prikazuju izgled ožičenja unutar ormara motornog pogona regulacijske sklopke na samom transformatoru i shemu kako BCD kombinacija pretvara otpor u određeni položaj regulacijske sklopke.

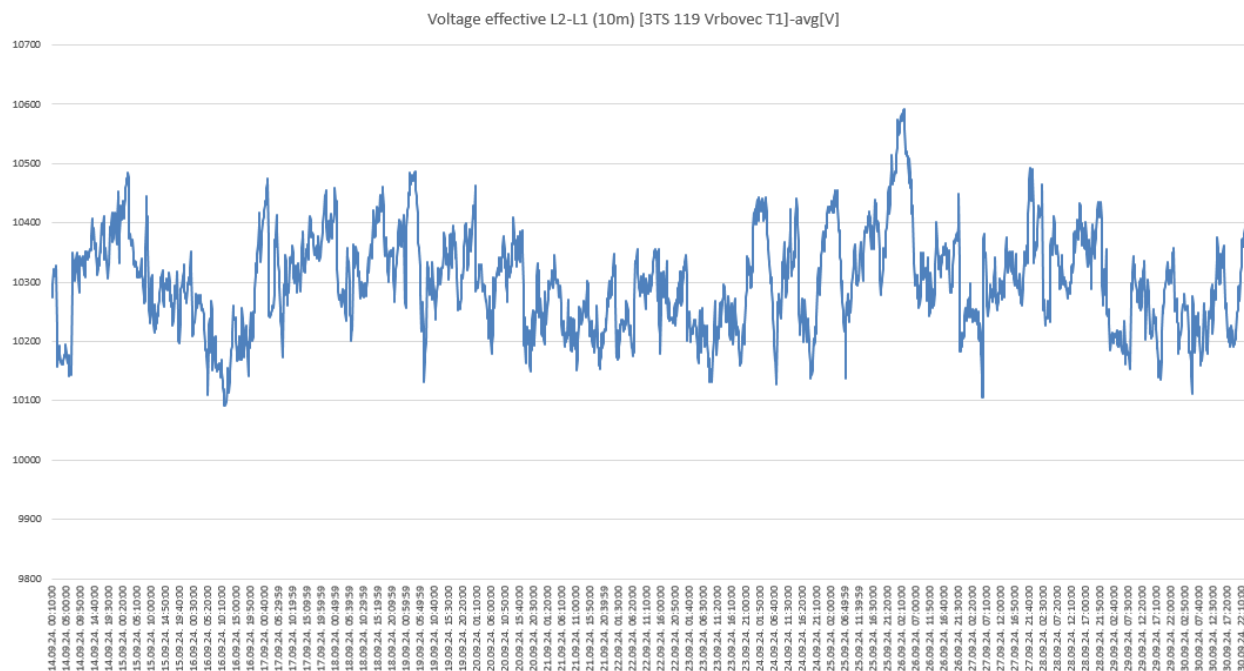


Slika 6. Izgled i shema BCD (Binary Coded Decimal) binarne kombinacije

5. PREGLED MJERENJA NAPONSKIH PRILIKA PRIJE I NAKON UGRADNJE AUTOMATSKE REGULACIJE NAPONA

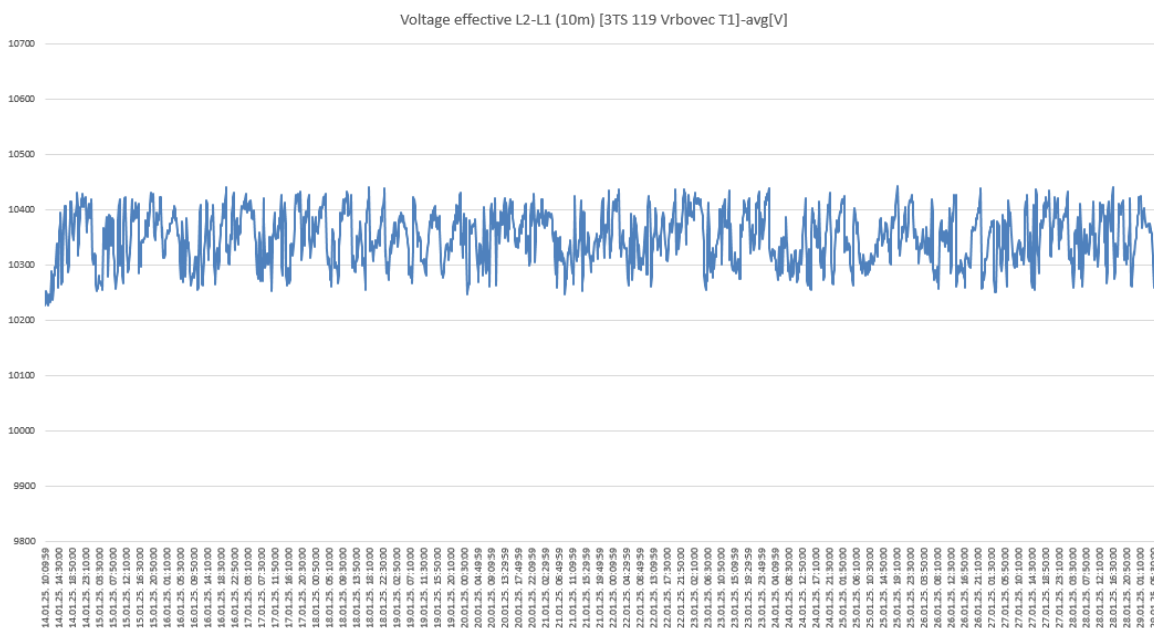
U vremenskim dijagramima prikazana su mjerenja naponskih prilika na 10 kV i 0,4 kV prije i nakon ugradnje automatske regulacije napona

Napon prije ugradnje automatske regulacije u 3TS119 Vrbovcu je oscilirao u granicama od maksimalnih 10,60 kV i minimalnih 10,06 kV što je i prikazano vremenskim dijagramom slika 6. ispod.



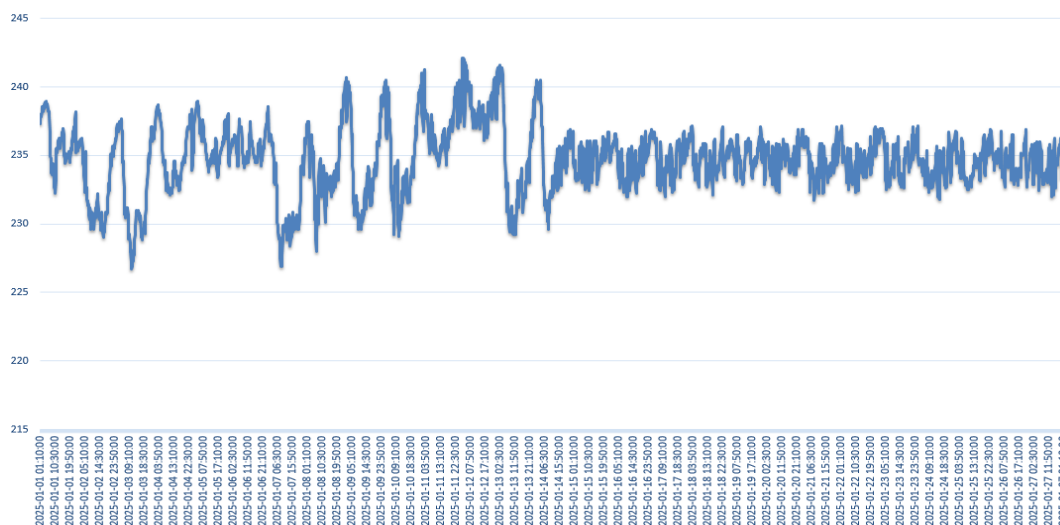
Slika 6. Vremenski dijagram naponskih prilika na srednje naponu (10 kV) kod T1 bez ugrađene automatske regulacije napona

Naponske prilike nakon ugradnje automatske regulacije u 3TS119 Vrbovec prikazane slikom 7. ispod zadovoljavaju podešene vrijednosti sa uređaja automatske regulacije u granicama od 1,2% u odnosu na podešeni napon 10,3 kV (10,17–10,42 kV)



Slika 7. Vremenski dijagram naponskih prilika na srednje naponu (10 kV) kod T1 s ugrađenom automatskom regulacijom napona

Vremenski prikaz faznog napona (230 V) s slike 8. u niskonaponskoj mreži kod krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom električne energije prije i nakon implementacije automatske regulacije napona. U prvom dijelu prikaza, prije ugradnje regulacije, vidljive su izražene oscilacije napona. Nakon implementacije automatske regulacije, fluktuacije su znatno reducirane te se napon stabilizira unutar granica od ± 5 V. Ovi rezultati potvrđuju učinkovitost regulacije u održavanju kvalitete napona i pouzdanosti elektroenergetskog sustava.



Slika 8. Niski napon (230 V) kod korisnika s vlastitom proizvodnjom nakon ugradnje automatske regulacije

7. ZAKLJUČAK

Uvođenje automatske regulacije napona u područjima s dinamičnim opterećenjima na srednjem naponu dovodi do stabilnijeg napona za krajnje korisnike i važan su preduvjet za pripremu stabilnih naponskih prilika nakon ugradnje nadolazećih solarnih elektrana. Ugrađivanje opreme za automatizaciju regulacije napona također obvezuje na češće održavanje regulacijske sklopke zbog višestruko povećanog rada same regulacijske sklopke, njezinog motornog pogona i svih popratnih dijelova. Rezultati mjerenja naponskih prilika dokazali su koliko je promjena u fluktuaciji napona na 10 kV i na 0,4 kV poslije ugradnje automatske regulacije napona znatno smanjena što povoljno utječe na krajnjeg korisnika, visokonaponsku i niskonaponsku opremu.

8. LITERATURA

- [1] www.a-eberle.de
- [2] www.reinhausen.com/
- [3] IEC 61850-3 Communication networks and systems in substations - part 3 General requirements, siječanj 2002.