



Broj rada: R-3.07

DOI broj: [10.46793/CIREĐ24.R-3.07ZR](https://doi.org/10.46793/CIREĐ24.R-3.07ZR)

KORIŠĆENJE DIGITAL TWIN TEHNOLOGIJE ZA NOVE FUNKCIJE MIKROPROCESORSKIH UREĐAJA

USING DIGITAL TWIN TECHNOLOGY FOR NEW FUNCTIONS OF MICROPROCESSOR DEVICES

Zoran Ristanović, Siemens doo Beograd

KRATAK SADRŽAJ

Digital twin je digitalni prikaz fizičkog objekta, procesa ili usluge koji se ponaša i izgleda kao njegov pandan u stvarnom svetu.

Digital twin je, kompjuterski program koji koristi podatke iz stvarnog sveta za kreiranje simulacija koje mogu predvideti kako će se proizvod ili proces ponašati. Simulacija se zasniva na trenutnom stanju procesa ili na istorijskim podacima. Ovi programi mogu da integrišu internet stvari (Industrija 4.0), veštačku inteligenciju i softversku analitiku kako bi poboljšali rezultate. Upotreba digitalnih podataka omogućava njihov prenos iz stvarnog sveta za kreiranje virtuelnih reprezentacija u digitalnom okruženju.

Na TS 110/20kV sve češće imamo slučajeve priključenja novih izvora snaga od par do deset MVA. Ti izvori se priključuju na naponu 20kV na pojedine izvode. Tako priključeni oni smanjuju struju na trafo polju 20kV i zbog toga uređaj automatske regulacije napona dobija lažnu sliku o opterećenju TS. To uzrokuje nepravilan rad tog uređaja. Korišćenjem Digital Twin tehnologije u radu će biti prikazana opcija korišćenja novi uređaja za automatsku regulaciju napona koji će otkloniti ovaj nedostatak. Na primeru će biti data provera rada ovog uređaja.

Ključne reči: digital twin, mikroprocesorska zaštita, Automatska regulacija napona, Distribuirana proizvodnja

ABSTRACT

A DIGITAL TWIN is a digital representation of a physical object, process or service that behaves and looks like its real-world counterpart.

A DIGITAL TWIN is a computer program that uses real-world data to create simulations that can predict how a product or process will behave. The simulation is based on the current state of the process or on historical data. These programs can integrate the Internet of Things (Industry 4.0), artificial intelligence and software analytics to improve results. The use of digital data allows its transfer from the real world to create virtual representations in the digital environment.

On SS 110/20kV, we increasingly have cases of connections new power sources from a couple to ten MVA. Those sources are connected at a voltage of 20kV to feeders. Connected in this way, they reduce the current on the transformer bay by 20kV, and because of this, the automatic voltage regulation device gets a false picture of the SS load. This causes the device to malfunction. By using Digital Twin technology, the paper will show the option of using a new device for automatic voltage regulation that will eliminate this shortcoming. An example will be given to check the operation of this device.

Key words: digital twin, numerical protection, Automatic Voltage Regulator, Distributed generation

Zoran Ristanović, Siemens doo Beograd, Omladinskih brigade 90V, Beograd; e-mail: zoran.ristanovic@siemens.com; tel: +381 60 8170260

1. UVOD

Digital twin (DT) je digitalni prikaz fizičkog objekta, procesa ili usluge koji se ponaša i izgleda kao njegov pandam u stvarnom svetu.

DT može biti digitalna slika objekta u fizičkom svetu, kao što je npr. mlazni motor ili vetroelektrana, ili u našem slučaju zaštitno upravljački uređaj. On se koristi za repliciranje procesa u cilju predviđanja njihovog rada.

DT je, kompjuterski program koji koristi podatke iz stvarnog sveta za kreiranje simulacija koje mogu predvideti kako će se proizvod ili proces ponašati. Simulacija se zasniva na trenutnom stanju procesa ili na istorijskim podacima. Ovi programi mogu da integrišu internet stvari (Industrija 4.0), veštačku inteligenciju i softversku analitiku kako bi poboljšali rezultate. Upotreba digitalnih podataka omogućava njihov prenos iz stvarnog sveta za kreiranje virtuelnih reprezentacija u digitalnom okruženju.

Sa napretkom učenja i faktora kao što su postojanje i dobijanje velikog broja podataka, ovi virtuelni modeli su postali glavna komponenta savremenog inženjeringa za pokretanje inovacija i poboljšanje performansi.

Programeri koji kreiraju digitalne blizance osiguravaju da model virtuelnog računara može da dobije povratne informacije od senzora koji prikupljaju podatke iz verzije iz stvarnog sveta. Ovo omogućava digitalnoj verziji da oponaša i simulira šta se dešava sa originalnom verzijom u realnom vremenu, stvarajući mogućnosti za prikupljanje uvida u performanse i sve potencijalne probleme.

DT može biti složen ili jednostavan koliko god vam je potrebno, sa različitim količinama podataka koji određuju koliko precizno model simulira fizičku verziju u stvarnom svetu.

DT omogućava korisnicima da istraže rešenja za produženje životnog ciklusa proizvoda, poboljšanja proizvodnje i procesa, a i razvoj proizvoda i testiranje prototipa. U takvim slučajevima, DT može da virtuelno predstavlja problem tako da se rešenje može osmisliti i testirati u programu, a ne u stvarnom svetu.

DT se može koristiti za uštedu vremena i novca kad god je potrebno testirati proizvod ili proces, bilo da se radi o dizajnu, implementaciji, praćenju ili poboljšanju.

Dizajn DT se pravi prikupljanjem podataka i kreiranjem računarskih modela za testiranje. Ovo može uključiti interfejs između digitalnog modela i stvarnog fizičkog objekta za slanje i primanje povratnih informacija kao i podataka u realnom vremenu.

Kroz integraciju tehnologija kao što su veštačka inteligencija, mašinsko učenje i softverska analitika sa podacima, DT stvara simulacioni model koji se može ažurirati pored ili umesto fizičkog pandama. Ovo omogućava kompanijama da procene potpuno kompjuterizovan razvojni ciklus od dizajna do primene, pa čak i stavljanja van pogona.

Oponašanjem fizičkih sredstava, okvira i operacija za proizvodnju kontinuiranih podataka, DT omogućava industriji da predvidi zastoje, reaguje na promenljive okolnosti, testira poboljšanja dizajna i još mnogo toga.

DT je ključan za razvoj industrije 4.0 kako bi se obezbedila automatizacija, razmena podataka i udruženi proizvodni procesi, kao i smanjenje rizika od uvođenja proizvoda. Zaposleni u industriji su u mogućnosti da prate operacije u realnom vremenu, obezbeđujući prethodna upozorenja o mogućim kvarovima i omogućavajući optimizaciju i procenu performansi u realnom vremenu uz minimalan gubitak produktivnosti.

1.1. Kada ga koristiti

DT se može podeliti na tri široka tipa DT-a, koji pokazuju različita vremena kada se proces može koristiti:

Digital Twin prototipe (DTP) – Digital twin se koristi pre nego što se kreira fizički proizvod i simulira se budući rad proizvoda virtualno. U idealnom slučaju, DTP bi trebalo da ostane povezan sa svojim fizičkim originalom tokom svog životnog ciklusa.

Digital Twin Instance (DTI) – Ovo se primenjuje kada se proizvod proizvede da bi se izvršili testovi na različitim scenarijima upotrebe. Na ovaj način se sprečava „habanje“ fizičkog proizvoda.

Digital Twvin Aggregate (DTA) – Ova faza prikuplja DTI podataka se koristi da bi se pokrenula prognoza, testirali radni parametri i odredila ukupna funkcionalnost proizvoda. Treba imati na umu da je DTA skup mnogih DTI i simuliran je da bi se razumelo grupno ponašanje, a ne ponašanje pojedinca (npr. grupe releja u jednoj TS a ne samo jednog releja u TS).

1.2. Digital Twin u zaštiti i upravljanju

Upotreba DT je široka. Jedna od oblasti gde se koristi DT je i u elektroenergetici. Primena u elektroenergetici je široka od korišćenja DT tehnologije za rad prekidača, simulaciju stanja u mreži do primene u zaštiti i upravljanju. U ovom radu će biti obrađena tema upotrebe DT u zaštiti i upravljanju. Bilo koji uređaj zaštite je idealan za korišćenje u DT tehnologiji jer je izrađen u najnovijoj tehnologiji.

Upotreba DT u zaštiti i upravljanju se može primeniti u sva tri procesa:

Digital Twin prototipe (DTP) – DTP se može koristiti na dva načina: izrada novog tipa uređaja i konfiguracija postojećeg tipa uređaja u novom postrojenju.

Kada neka kompanija razvije novi uređaj ili neku novu funkciju u postojećem uređaju, za sva ispitivanja nije potrebno imati fizički taj uređaj već sva ispitivanja mogu biti sprovedena na virtualnom uređaju.

Najčešći slučaj primene DTP je kada se pristupa izgradnji novog energetskog objekta. Obično u objektu imamo više tipskih uređaja. Formiranjem virtualnih tipskih uređaja mogu se virtualno proveriti sve potrebne funkcije kao i svi ulazi i izlazi. Na kraju sa DT-om se može ispitati i međusobna povezanost tipskih polja. Primer tog ispitivanja je provera uprošćene zaštite sabirnice.

Digital Twin Instance (DTI) – Definicija ovog procesa je provera proizvedenog proizvoda sa raznim testovima na različitim scenarijima upotrebe.

U našem slučaju proizvod je ugrađen na objektu i imamo razne situacije koje su se desile. Sve te situacije su zabeležene na uređajima. U većini slučajeva smo imali očekivano ispravno reagovanje istih, ali u nekim je bilo i pogrešnog reagovanja. Korišćenjem tih podataka možemo poboljšati ispravno reagovanje uređaja (dodavanjem neke signalizacije, malo prepodešavanje zaštite, prepodešavanje signala zapisa i slično) ili sprečiti buduća pogrešna reagovanja zaštita. Naravno sve ovo se može uraditi bez fizičkog „habanja“ uređaja. Takođe je značajno napomenuti da za ovo nije potrebno raditi sa ispitnim uređajima, što znači da je sam postupak mnogo brži.

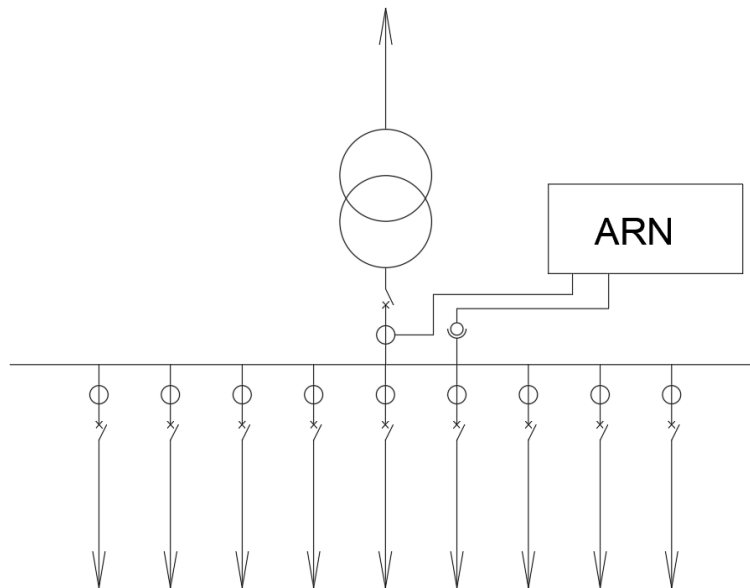
Digital Twin Aggregate (DTA) – Po definiciji između ostalog, DTA je skup mnogih DTI kojim simuliranjem dobijamo grupno ponašanje uređaja. U našem slučaju iz ponašanja uređaja na jednoj TS možemo simulirati, predvideti, ponašanje i rad uređaja u nekoj budućoj TS sličnog ili istog naponskog nivoa sa različitim parametrima mreže.

Primer DTI

U ovom radu biće predstavljen jedan primer korišćenja DTI za uvođenje nove funkcije u mikroprocesorski uređaj. U svetu, pa i kod nas sve više imamo novih obnovljivih izvora. Njihova snaga je promenljiva od desetine kW pa do nekoliko stotina MW. U zavisnosti od snage tih izvora imamo razne načine priključenja istih. Na taj način mreže koje su bile pasivne sada postaju aktivne. Sa ovim novim izvorima javlja se niz novih problema. Jedan od tih problema je i automatska regulacija napona. O ovom problemu su se bavili kako strani tako i domaći autori.

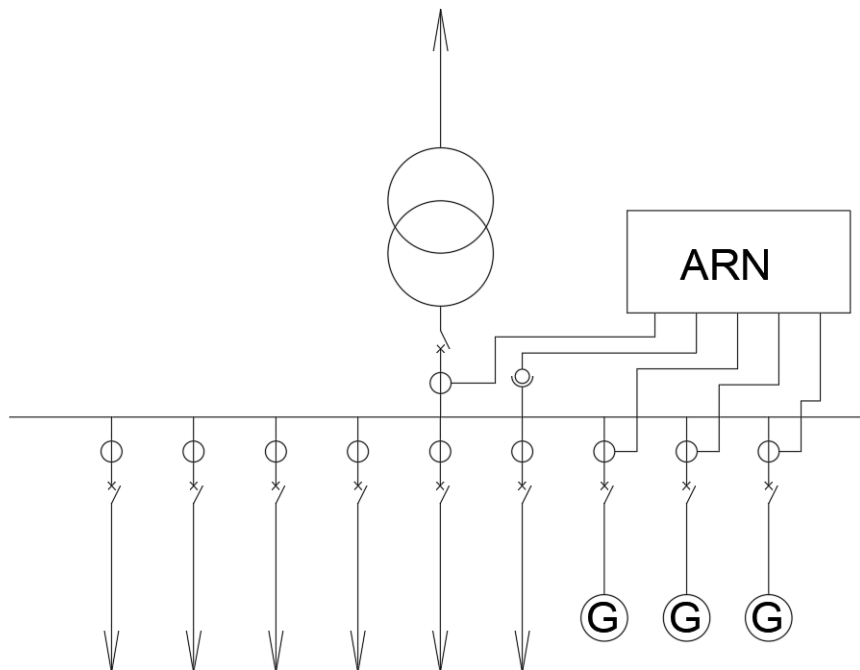
Osnovni zadatak jednog elektroenergetskog sistema (EES) je da krajnjim kupcima isporučuje električnu energiju u zadatim granicama frekvencije i napona. Te veličine predstavljaju osnovne veličine za određivanje kvaliteta isporučene električne energije. Neuravnoteženost proizvodnje i potrošnje uzrokuje odstupanje frekvencije i napona od zadatih vrednosti. Glavni razlog odstupanja napona je proizvodnja i raspodela tokova reaktivne snage u EES. Ovi tokovi reaktivne snage uzrokuju padove napona a time i veće opterećenje pojedinih elemenata EES-a. Zbog značaja za kvalitet isporučene električne energije potrebno je kontinuirano vršiti regulaciju napona na svim nivoima. Tako imamo razne načine regulacije napona.

U ovom radu posmatramo regulaciju napona na TS 110/x kV. Za regulaciju napona u ovim TS koriste se energetski transformatori sa regulacionim sklopkama. Regulacija napona se izvodi kombinacijom automatskog regulatora i regulacione sklopke. Bitno je naglasiti da se ova regulacija izvodi pod opterećenjem te na taj način održava napon u zadatim granicama bez obustave u napajanju električnom energijom. Automatski regulator upoređivanjem merenih veličina struja i napona na niženaponskoj strani transformatora daje nalog regulacionoj sklopki za promenu položaja. Promenom položaja regulacione sklopke menja se prenosni odnos energetskog transformatora a sa tim i napon na sekundaru transformatora. Ovaj princip je prikazan na slici 1.



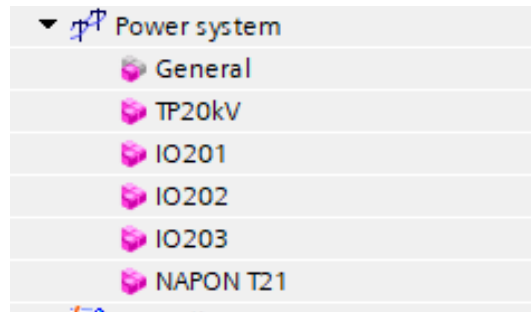
Slika 1.

Sa priključenjem distribuiranih izvora na jedan ili više izvoda situacija se manje ili više menja u zavisnosti od veličine priključenih izvora. Naime u ovom slučaju ukupna struja opterećenja je zbir struje na trafo polju i svih izvoda sa izvorima. To znači da u uređaj automatske regulacije napona (ARN) treba „uvesti“ zbir struja sa trafo polja i svih izvoda. Pri tome treba obratiti posebnu pažnju na smerove tih svih struja. Jedan od načina da se ovo uradi je korišćenje međutransformatora. To rešenje je već primenjeno i opisano u jednom od radova. Rešenje koje se predlaže u ovom radu je korišćenje funkcije ARN-a u mikroprocesorskom uređaju koji ima više strujnih ulaza. Na taj način izvršili bi priključenje struja sa trafo polja i sa svih izvoda sa generatorima kao što je prikazano na slici 2. Sabiranje svih ih struja bi radio mikroprocesorski uređaj i tu zbirnu struju bi koristila funkcija automatske regulacije napona.



Slika 2.

Postupak parametrisiranja ovakvog uređaja je prost. Prvi korak je je definisati sve strujne i naponske ulaze sa njihovim prenosnim odnosima kao što je prikazano na slici 3. Sledeći korak je definisanje koje sve struje koristi funkcija automatske regulacije napona. Sa like 4 se vidi da se koristi napona sa sbirnica trafo polja kao i zbir svih struja trafo polja i izvoda sa generatorima. Drugim parametrisiranjem se mora voditi računa o smeru ovih struja tj da smer struje trafo polja je jedan a svih srugih izvoda obrnut.



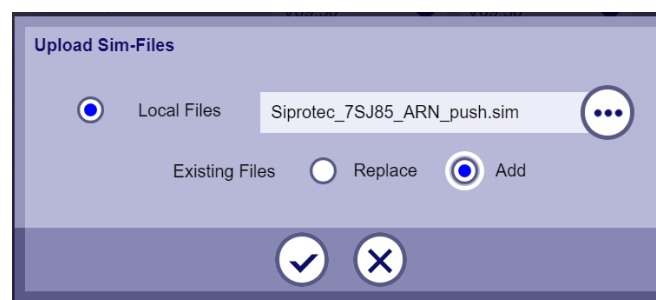
Slika 3.

Connect measuring points to function group			
Voltage control 2w 1			
Measuring point	V	I 3ph	
(All)	(All)	(All)	
TP20kV[ID 1]		X	
NAPON T21[ID 2]	X		
IO201[ID 3]		X	
IO202[ID 4]		X	
IO203[ID 5]		X	

Slika 4.

Da je ovo rešenje primenljivo i u praksi treba na neki način proveriti. Jedan od načina je primena DT tehnologije. Postupak rada je bio sledeći:

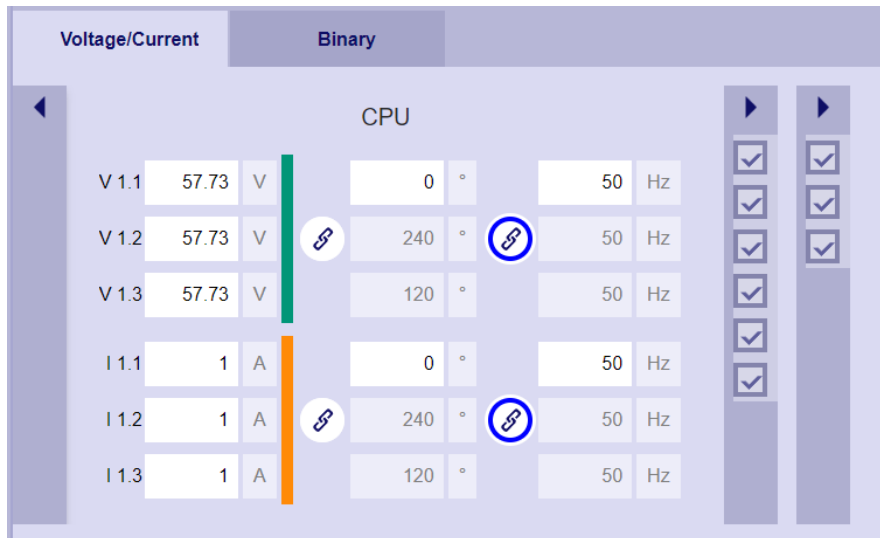
- U programu za podešavanje i parametrisiranje zaštite parametrisiran je uređaj koji u sebi sadrži funkciju ARN i sve struje i napone kako je predstavljeno na predhodnim slikama. Kada je taj postupak završen tada se vrši exportovanja podataka tog uređaja u format *.sim za program DT.
- Zatim je u programu DT urađeno importovanje te datoteke (slika 4).



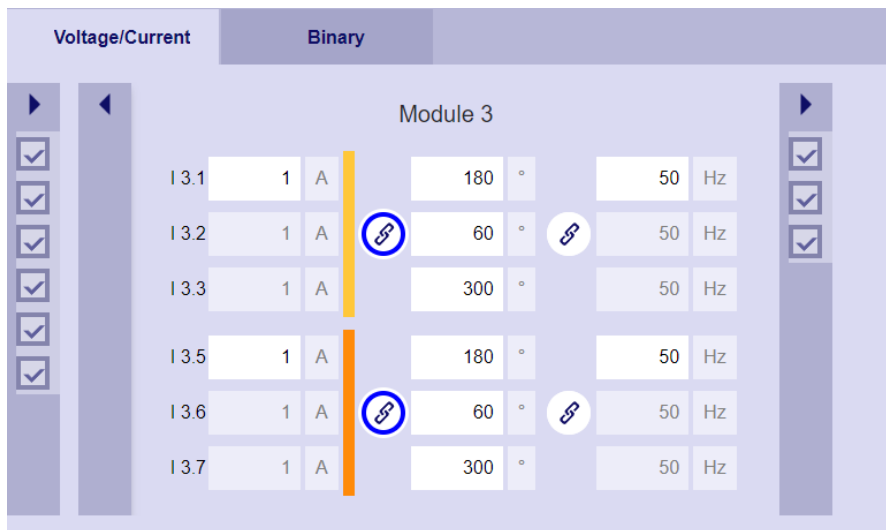
Slika 5.

- Sledeći korak je pokretanje simulacije i zadavanjem nekih vrednosti struja i napona. Stuje i napone zadajemo na „trafo polju“ (slika 6) dok na „izvodima“ zadajemo samo struje. (slika 7). Na ovim slikama se vidi da su smerovi struja na trafo polju i izvodima suprotnih smerova.
- Da bi se uverili da uređaj koraktno sabira sve struje otvori se prvi ekran na uređaju i provere vrednosti struja. U našem slučaju imamo struju trafo polja od 200A a na svakom od izvoda struju od po 60A. Struja koju koristi funkcija ARN je $200A + 3 \times 60A = 380A$ što pokazuje slika 8.

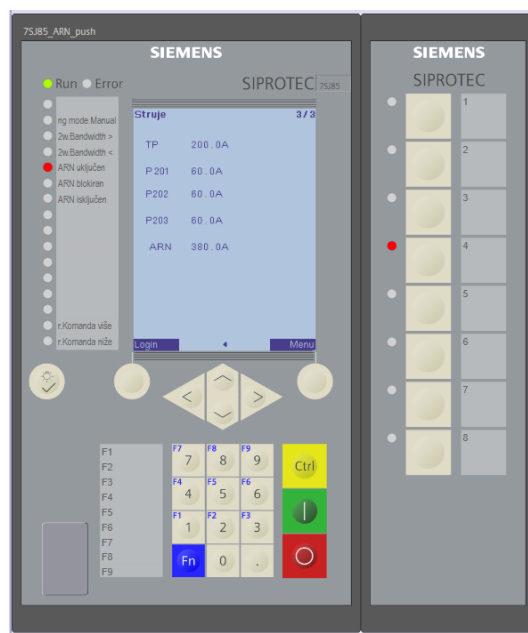
Slika 9 pokazuje normalno stanje tj kada je napon u granicama, regulator je na određenoj poziciji i funkcija ARN je spremna za rad. Ako zadamo napon manji od nominalnog funkcija će dati nalog regulacionoj sklopici da dovede napon na krajevima transformatora u zadate granice (slika 10).



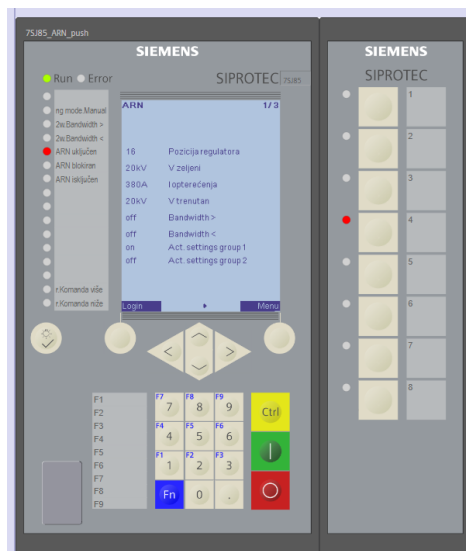
Slika 6.



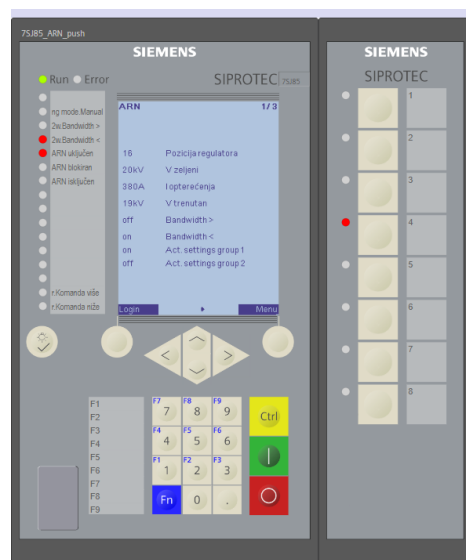
Slika 7.



Slika 8.



Slika 9.



Slika 10.

2. ZAKLJUČAK

Postupak izložen u ovom radu je pokazao da na lak način se može u kancelariji može proveriti funkcija ARN. U slučaju da nemamo DT morali bi fizički imati uređaj sa instaliranom funkcijom ARN i jedan ili više uređaja za sekundarno ispitivanje. Tada bi fizički zadavali struje i napone i proveravali reagovanje uređaja sa ARN-om. Rezultat tog ispitivanja bi bio identičan rezultatu koji smo mi dobili korišćenjem DT tehnologije. Prednost DT tehnologije je pre svega u vremenu. Druga velika prednost je da ovde nema rada sa relejima tj. njihovog preteranog rada.

LITERATURA:

- [1] <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-digital-twin>
- [2] <https://www.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/protection-relays-and-control/engineering-tools-for-protection/virtual-testing-of-siprotec-5-protection-devices-in-the-cloud-siprotec-digitaltwin.html>
- [3] Z.Simendić, G.Švenda, V.Mijatović, P.Bajčetić: Modeli regulacije napona u klasičnim distributivnim mrežama sa generatorima; *CIRED SRBIJE 11 savetovanje*, 24.09-28.09.2018, R-F.0.7, Kopaonik, Srb