

Implementacija daljinskog upravljanja turbinskim regulatorom na ispitnom polju

Jovan Stevanović¹, Goran Kvašček², Miroslav Dragičević¹, Jelena Pavlović¹

¹ Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Koste Glavinića 8a,
11000 Beograd, Srbija
jovan.stevanovic@ieent.org

² Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000
Beograd, Srbija

Kratak sadržaj: U ovom radu je predstavljeno unapređenje ispitnog polja turbinskog regulatora hidraulične turbine implementacijom savremenog SCADA sistema zasnovanog na integrisanom web serveru PLC-a i OPC UA komunikaciji sa Simulink simulatorom okoline i turbinskim regulatorom. Sistem omogućava realističnu simulaciju rada turbinskog regulatora u laboratorijskim uslovima, uz mogućnost daljinskog nadzora i podešavanja parametara preko internet pretraživača. U okviru istraživanja razvijen je web server SCADA sistem na Siemens S7-1500 PLC-u koji povezuje fizički regulator i simulacioni model u jedinstveno HIL okruženje. Dobijeni rezultati pokazuju značajno unapređenje fleksibilnosti, preglednosti i efikasnosti procesa ispitivanja turbinskog regulatora.

Ključne reči: SCADA, PLC, web server, Siemens S7-1500, Simulink, turbinski regulator

1. Uvod

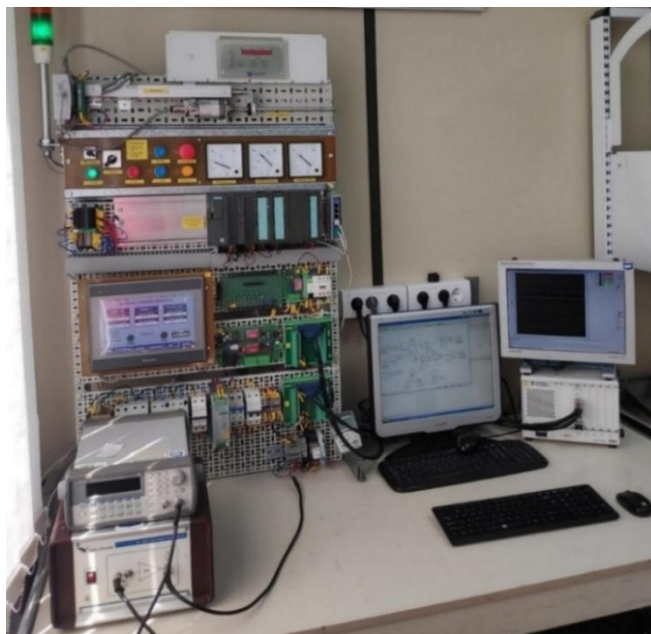
Savremeni sistemi upravljanja u hidroenergetici zahtevaju visoku tačnost, pouzdanost i fleksibilnost, posebno u oblasti regulacije rada hidroelektrana. Turbinski regulator predstavlja ključni deo sistema, jer obezbeđuje održavanje željene brzine obrtanja i aktivne snage agregata u skladu sa promenama opterećenja i uslovima na mreži. Zbog složenosti dinamičkog ponašanja hidroturbina, njihovo istraživanje, testiranje i optimizacija zahtevaju realne uslove rada koji se mogu bezbedno i precizno reprodukovati u laboratorijskom okruženju.

Ispitno polje turbinskog regulatora [1], unapređeno u okviru ovog rada, omogućava simulaciju i eksperimentalno testiranje procesa regulacije pomoću programabilnih logičkih kontrolera (PLC), senzora, aktuatora i računarskog interfejsa. Turbinski regulator je realizovan na PLC kontroleru iz serije S7-300 koji izvršava upravljačke algoritme i komunicira sa fizičkim komponentama modela hidroelektrane (slika 1.1).

Kako bi se obezbedila verna reprodukcija uslova iz stvarnog postrojenja, razvijen je simulator okoline u kome su implementirani modeli hidrauličkih i mehaničkih karakteristika turbine, generatora i cevovoda. Ovaj simulator realizovan je u Simulink okruženju i omogućava modelovanje dinamičkih promena parametara sistema u realnom vremenu. Na taj način, se upravlja virtuelnim modelom kao da se nalazi u stvarnom postrojenju, čime se omogućava bezbedno ispitivanje različitih režima rada i algoritama regulacije. Razvijen je Hardware in the Loop (HIL).

Sistem je povezan sa NI PXI platformom, koja služi kao interfejs između računara i simulacionog modela. Međutim, zbog zastarelosti PCI tehnologije i ograničene skalabilnosti, pokazala se potreba za modernizacijom komunikacionog sloja i prelaskom na univerzalnije rešenje zasnovano na savremenim industrijskim protokolima.

Opis postojećeg sistema, zajedno sa fizičkim ispitnim poljem i simulacionim modelom, predstavlja osnovu za dalju modernizaciju. Neki od smerova modernizacije su kroz integraciju OPC UA komunikacije i web server SCADA sistema [2], čime je izvršeno značajno unapređenje funkcionalnosti i primenljivosti turbinskog regulatora i ispitnog polja u celosti.



Slika 1.1. Ispitno polje za ispitivanje turbinskog regulatora

2. Web server SCADA sistemi

Savremeni PLC uređaji sve češće integrišu ugrađene web servere, čime se omogućava napredan, fleksibilan i lako dostupan pristup procesnim podacima u realnom vremenu. Korišćenjem standardnih web tehnologija – HTML, CSS i JavaScript – moguće je kreirati interaktivne SCADA interfejsе kojima se pristupa preko bilo kog internet pretraživača, bez dodatnog softvera ili eksternih aplikacija.

Ova funkcionalnost ima posebno veliki značaj u laboratorijskim i ispitnim postavkama, poput ove za ispitivanje sistema turbinske regulacije, gde je potrebno obezbediti jasan vizuelni prikaz rada i mogućnost daljinskog nadzora. Integracijom web servera u PLC, klasično ispitno polje dobija savremenu SCADA dimenziju, čime se postiže potpuna digitalizacija i veća dostupnost sistema. Korisnici putem lokalne mreže (LAN) ili bezbedne udaljene konekcije (VPN, statička IP adresa) mogu pratiti i kontrolisati procesne veličine, menjati parametre regulatora ili analizirati trendove rada.

Glavne prednosti ovog pristupa su:

- Veća dostupnost podataka – nadzor i upravljanje u realnom vremenu, lokalno ili daljinski;
- Jednostavnost upotrebe – grafički, intuitivni i prilagodljivi interfejsi;
- Niži troškovi – eliminacija potrebe za eksternim SCADA softverom i hardverom;
- Skalabilnost – lako proširenje sistema i integracija sa OPC UA komunikacijom;
- Višekorisnički pristup – pristup sa računara, tableta i mobilnih uređaja.

Na web stranicama je moguće prikazati analogne i digitalne veličine, trendove, indikatore stanja, alarme i komandne tastere. Time se unutar samog PLC-a formira kompletan SCADA sistem, bez dodatne infrastrukture. Posebna prednost u ispitnom polju je mogućnost brze dijagnostike – tehničko osoblje u svakom trenutku ima uvid u systemske logove, alarme i status komunikacije. Ovim pristupom je ispitno polje turbinskog regulatora modernizovano, a nadzor i podešavanje regulatora učinjeni dostupnim kroz standardni web interfejs.

Zahvaljujući jednostavnosti implementacije, pouzdanosti i niskim troškovima, integrisani web serveri u PLC-u predstavljaju optimalno rešenje za lokalni i udaljeni nadzor turbinskih regulatora, kao i važan korak u digitalizaciji i modernizaciji obrazovnih i istraživačkih SCADA sistema.

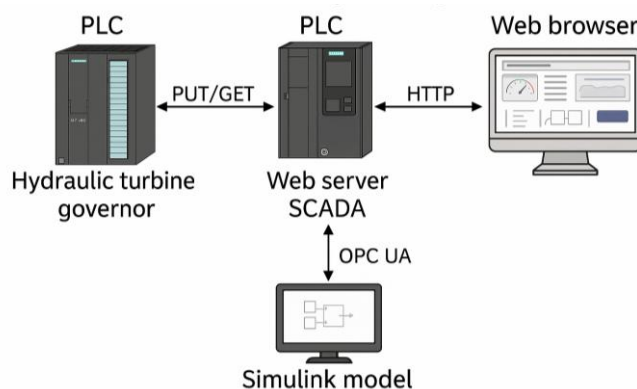
3. Integracija web servera u ispitno polje

Kao što je prethodno objašnjeno, fokus ovog rada je na implementaciji web server SCADA sistema u okviru laboratorijske postavke turbinskog regulatora hidraulične turbine. Ispitno polje se sastoji od dva PLC uređaja: S7-300, u koji je implementiran algoritam regulatora i upravlja procesom regulacije brzine i snage, i S7-1500, koji služi kao platforma za web server SCADA sistem i komunikaciju sa Simulink modelom okruženja (slika 3.1). PLC S7-300 obrađuje podatke dobijene od S7-1500 i Simulink modela kao da potiču iz stvarnog postrojenja – signale brzine, snage i nivoa vode – čime se postiže verno ponašanje sistema u simuliranim uslovima.

Za sinhronizovanu razmenu podataka između kontrolera korišćeni su komunikacioni blokovi PUT i GET, koji obezbeđuju pouzdanu dvosmernu komunikaciju. Svi relevantni podaci dodatno se prikazuju putem web server SCADA interfejsa na PLC-u S7-1500, dok se istovremeno održava OPC UA veza sa Simulink modelom, čime je omogućeno zajedničko testiranje i nadzor fizičkog i simulacionog dela sistema.

Glavne prednosti odabranih PLC kontrolera su puna integracija sa razvojnim okruženjem PLC-ova, pouzdana komunikacija i mogućnost izrade personalizovanih web stranica prilagođenih konkretnim potrebama sistema [3]. Aktivacija i konfiguracija web servera obavlja se unutar razvojnog okruženja, gde se definišu korisničke privilegije i bezbednosne postavke. Nakon prebacivanja konfiguracije na PLC, pristup se ostvaruje putem standardnog web pretraživača unosom IP adrese uređaja, čime se otvara login stranica web servera. Korisnici se prijavljuju pomoću definisanih naloga, nakon čega im se prikazuju dostupne funkcionalnosti prema nivou pristupa.

Ovakva integracija web servera i OPC UA komunikacije značajno je unapredila ispitno polje turbinskog regulatora, omogućivši potpunu digitalnu kontrolu, vizualizaciju i testiranje u realnom vremenu – bez potrebe za spoljnim SCADA softverom ili fizičkim objektom upravljanja.



Slika 3.1. Arhitektura i način komunikacije unutar sistema

4. Standardne web stranice

Standardne web stranice predstavljaju integrisani deo Siemens-ovog ugrađenog web servera i obezbeđuju korisniku osnovni, ali sveobuhvatan uvid u rad PLC uređaja. Reč je o fabrički definisanim stranicama koje se automatski generišu pri aktivaciji web servera, bez potrebe za dodatnom konfiguracijom. Njihova uloga je da omoguće brz nadzor, dijagnostiku i osnovno upravljanje PLC-om čak i bez pristupa TIA Portal okruženju, čime se pojednostavljuje održavanje i povećava pouzdanost sistema.

Nakon prijave na web server, korisniku se prikazuje početna stranica sa navigacionim menijem (slika 4.1), koja vodi ka različitim sekcijama sistema. Dostupne opcije zavise od nivoa korisničkog pristupa definisanog u TIA Portalu – od uloge *Read-only* za pregled informacija, do *Admin* pristupa za promene konfiguracije.

Najznačajnije sekcije standardnih web stranica obuhvataju *Diagnostics*, sa osnovnim informacijama o PLC-u i komunikacijama, *Diagnostic Buffer* za pregled poruka i grešaka, te *Module Information* sa statusima svih povezanih modula. Sekcija *Communication* omogućava nadzor mrežnih parametara, dok *Tag Status* i *Watch Tables* prikazuju procesne signale u realnom vremenu. Kroz *DataLogs* se mogu pregledati i preuzeti zabeleženi podaci, dok *User-defined pages* omogućavaju pristup personalizovanim web stranicama kreiranim u okviru projekta. Standardne web stranice time čine osnovu za dijagnostiku i nadzor PLC-a, omogućavajući operaterima i inženjerima da u svakom trenutku prate rad sistema, analiziraju događaje i reaguju na potencijalne greške bez potrebe za dodatnim softverskim alatima.



Slika 4.1. Početna web stranica sa punim pravom pristupa nakon uspešnog prijavljivanja

5. Personalizovane web stranice

Pored standardnih web stranica koje omogućavaju osnovni uvid u rad PLC uređaja, Siemens-ov integrisani web server u okviru S7-1500 serije nudi mogućnost izrade personalizovanih web stranica (user-defined pages) [3]. Ove stranice predstavljaju nadgradnju fabričkih funkcionalnosti i omogućavaju potpuno prilagođenu SCADA vizualizaciju koja odgovara zahtevima konkretne aplikacije ili laboratorijskog sistema.

Personalizovane stranice razvijaju se unutar TIA Portal okruženja korišćenjem HTML, CSS i JavaScript jezika u kombinaciji sa AWP (Automation Web Programming) komandama koje obezbeđuju vezu između PLC promenljivih i elemenata korisničkog interfejsa [4]. Na ovaj način moguće je direktno prikazati procesne vrednosti, trendove, komande i alarme – sve unutar običnog internet pretraživača.

Prednosti ovog pristupa su u tome što omogućava brz i direktan uvid u stanje sistema bez dodatnog SCADA softvera, interfejs se može u potpunosti prilagoditi specifičnim potrebama korisnika, podržan je rad u realnom vremenu sa minimalnim kašnjenjem, lako se integriše sa OPC UA komunikacijom i DataLog funkcijama i značajno unapređuje funkcionalnost ispitnog polja turbinskog regulatora i proces testiranja algoritama regulacije.

U okviru ovog projekta realizovane su tri ključne personalizovane stranice:

1. Monitoring,
2. PID stranice,
3. Alarmi i opomene.

5.1 Stranica „Monitoring“

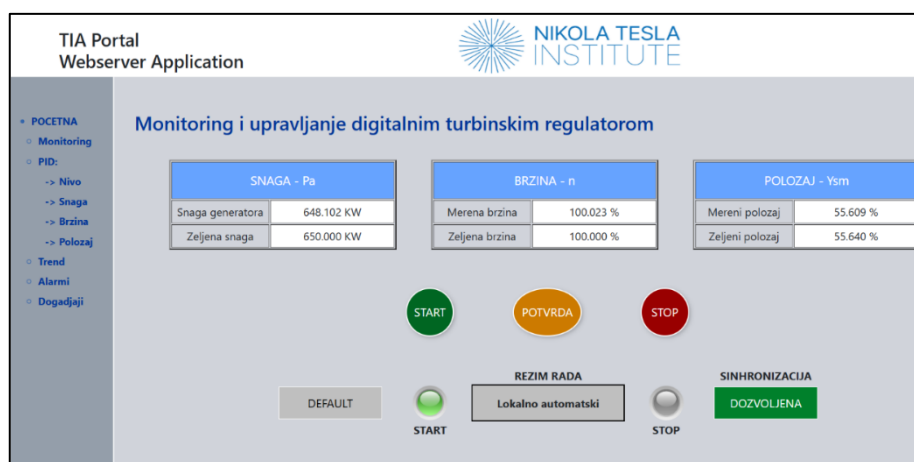
Stranica *Monitoring* zauzima centralno mesto u okviru web SCADA sistema i omogućava pregled trenutnog stanja turbinskog regulatora i glavnih procesnih veličina koje se prate u realnom vremenu. Na stranici su prikazane merene i referentne vrednosti aktivne snage generatora, brzine obrtanja turbine i položaja sprovodnog aparata, uz dodatne vizuelne indikatore koji olakšavaju nadzor.

Posebnu ulogu imaju indikatori režima rada koji prikazuju da li je sistem u daljinskom automatskom, lokalnom automatskom ili lokalnom ručnom režimu, u zavisnosti od pozicije preklopnika na ispitnom polju. Takođe su implementirane signalne lampice START i STOP, koje prikazuju status rada agregata.

Pored nadzora, stranica omogućava i osnovnu kontrolu sistema putem komandnih tastera:

- START / STOP – pokretanje i zaustavljanje agregata,
- DEFAULT – vraćanje sistema na početne parametre,
- SINHRONIZACIJA – dozvola i zabrana sinhronizacije,
- POTVRDA – potvrda alarma i nastavak rada.

Na ovaj način, stranica „Monitoring“ (slika 5.1.1) predstavlja funkcionalno jezgro web SCADA sistema, jer objedinjuje nadzor, kontrolu i dijagnostiku u jednom interfejsu, pružajući korisniku potpunu operativnu preglednost i interaktivnost u radu sa turbinskim regulatorom.

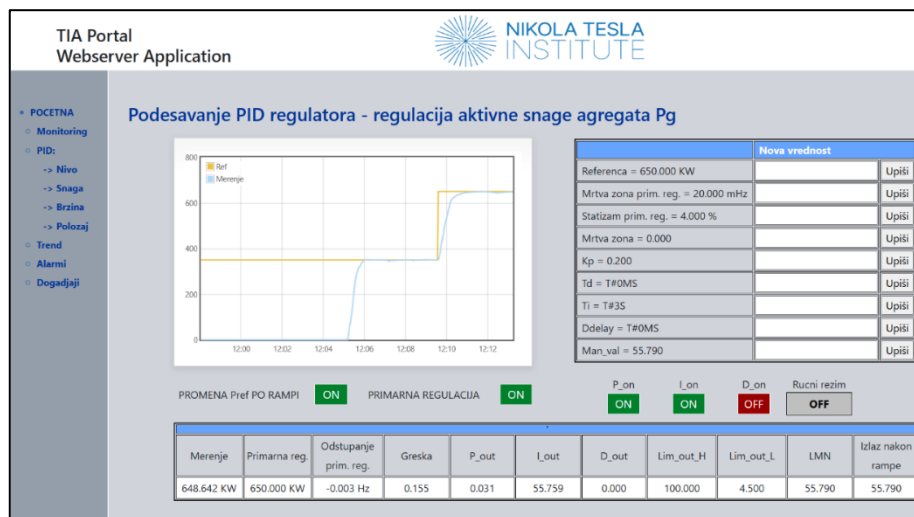


Slika 5.1.1. Prikaz „Monitoring“ stranice web server SCADA sistema

5.2 Stranice PID regulacije

Stranice *PID regulacije* namenjene su podešavanju i testiranju PID regulatora zaduženih za regulaciju brzine, aktivne snage turbine, položaja sprovodnog aparata ili nivoa vode. Prikazane su trenutne vrednosti parametara K_p , T_i i T_d , koje korisnik može menjati u realnom vremenu, a izmene se automatski prenose u PLC putem AWP komandi. Istovremeno se prikazuju zadate i ostvarene vrednosti na grafikonu, odstupanje i izlaz regulatora, što omogućava brzu analizu odziva i optimizaciju podešavanja.

Za prikaz trendova primenjen je period odabiranja od 100 ms, čime se obezbeđuje kontinuirano praćenje promena. Grafikon je realizovan pomoću JavaScript jezika i jQuery Flot biblioteke [5], koja iscrtava trendove na osnovu podataka iz DataLog zapisa PLC-a [6]. Ovi podaci se automatski beleže standardnim funkcijskim blokovima, a prikaz se osvežava svake sekunde, omogućavajući korisniku gotovo realan uvid u ponašanje regulatora i promene procesnih veličina (slika 5.2.1).



Slika 5.2.1. Prikaz „PID – Snaga” stranice web server SCADA sistema

5.3 Stranica „Alarmi i opomene“

Stranica *Alarmi i opomene* ima ključnu ulogu u web SCADA sistemu jer omogućava pregled svih aktivnih i arhiviranih alarma i opomena sa tačnim datumom i vremenom aktivacije i deaktivacije. Ova funkcionalnost je od posebnog značaja za pravovremenu detekciju i otklanjanje kvarova, čime se povećava bezbednost i pouzdanost rada sistema (slika 5.3.1).

Alarmi i opomene prikazani su u tabelarnom formatu uz tekstualne opise – alarmi crvenom, a opomene žutom bojom, radi bolje preglednosti i brže analize. Nakon otklanjanja uzroka, korisnik potvrđuje deaktivaciju alarma pritiskom na taster POTVRDA na stranici *Monitoring*, čime se sistem vraća u normalan režim rada.

Stranica takođe omogućava izvoz liste alarma pomoću tastera sa ikonom štampača, čime se automatski generiše izveštaj o svim registrovanim alarmima i događajima. Na taj način korisnik može jednostavno dokumentovati istoriju kvarova i proceniti stabilnost i pouzdanost sistema tokom dužeg vremenskog perioda.

Implementacijom personalizovanih web stranica postignut je visok stepen funkcionalne integracije i preglednosti sistema. Svaka stranica ima jasno definisanu ulogu: „Monitoring“ za nadzor, „PID regulacija“ za upravljanje i podešavanje, te „Alarmi i opomene“ za dijagnostiku i bezbednost. Kombinacijom ovih elemenata ostvarena je kompletna SCADA funkcionalnost unutar samog PLC uređaja, čime je ispitno polje turbinskog regulatora obogaćeno mogućnošću daljinskog upravljanja i fleksibilnije konfiguracije.

TIA Portal Webserver Application		NIKOLA TESLA INSTITUTE																																																																																	
POCETNA Monitoring PID: Nivo Snaga Brzina Polozaj Trend Alarmi Dogadjaji		Lista alarma i opomene <table> <tr> <th>R. br.</th><th>Datum</th><th>Vreme</th><th>Opis alarma/opomene</th></tr> <tr><td>1</td><td>05/09/2025</td><td>12:50:35.036</td><td>"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>2</td><td>05/09/2025</td><td>12:50:29.822</td><td>"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>3</td><td>05/09/2025</td><td>09:31:40.738</td><td>"OPOMENA DEAKTIVIRANA u 0.00"</td></tr> <tr><td>4</td><td>05/09/2025</td><td>09:31:19.100</td><td>"OPOMENA u 0.00"</td></tr> <tr><td>5</td><td>05/09/2025</td><td>09:29:15.465</td><td>"OPOMENA DEAKTIVIRANA u 0.00"</td></tr> <tr><td>6</td><td>05/09/2025</td><td>09:26:51.636</td><td>"OPOMENA u 0.00"</td></tr> <tr><td>7</td><td>05/09/2025</td><td>09:10:53.557</td><td>"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>8</td><td>04/23/2025</td><td>10:39:06.976</td><td>"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>9</td><td>04/23/2025</td><td>10:38:47.205</td><td>"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>10</td><td>03/28/2025</td><td>10:22:46.578</td><td>"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>11</td><td>03/28/2025</td><td>10:22:28.743</td><td>"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>12</td><td>03/28/2025</td><td>10:21:10.581</td><td>"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>13</td><td>03/28/2025</td><td>10:20:38.287</td><td>"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>14</td><td>03/27/2025</td><td>16:20:18.584</td><td>"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>15</td><td>03/27/2025</td><td>16:20:06.760</td><td>"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>16</td><td>03/27/2025</td><td>16:19:15.017</td><td>"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>17</td><td>03/27/2025</td><td>16:18:53.805</td><td>"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>18</td><td>03/27/2025</td><td>16:14:14.173</td><td>"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> <tr><td>19</td><td>03/27/2025</td><td>16:14:07.907</td><td>"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"</td></tr> </table>		R. br.	Datum	Vreme	Opis alarma/opomene	1	05/09/2025	12:50:35.036	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	2	05/09/2025	12:50:29.822	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	3	05/09/2025	09:31:40.738	"OPOMENA DEAKTIVIRANA u 0.00"	4	05/09/2025	09:31:19.100	"OPOMENA u 0.00"	5	05/09/2025	09:29:15.465	"OPOMENA DEAKTIVIRANA u 0.00"	6	05/09/2025	09:26:51.636	"OPOMENA u 0.00"	7	05/09/2025	09:10:53.557	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	8	04/23/2025	10:39:06.976	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	9	04/23/2025	10:38:47.205	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	10	03/28/2025	10:22:46.578	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	11	03/28/2025	10:22:28.743	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	12	03/28/2025	10:21:10.581	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	13	03/28/2025	10:20:38.287	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	14	03/27/2025	16:20:18.584	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	15	03/27/2025	16:20:06.760	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	16	03/27/2025	16:19:15.017	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	17	03/27/2025	16:18:53.805	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	18	03/27/2025	16:14:14.173	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"	19	03/27/2025	16:14:07.907	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"
R. br.	Datum	Vreme	Opis alarma/opomene																																																																																
1	05/09/2025	12:50:35.036	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
2	05/09/2025	12:50:29.822	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
3	05/09/2025	09:31:40.738	"OPOMENA DEAKTIVIRANA u 0.00"																																																																																
4	05/09/2025	09:31:19.100	"OPOMENA u 0.00"																																																																																
5	05/09/2025	09:29:15.465	"OPOMENA DEAKTIVIRANA u 0.00"																																																																																
6	05/09/2025	09:26:51.636	"OPOMENA u 0.00"																																																																																
7	05/09/2025	09:10:53.557	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
8	04/23/2025	10:39:06.976	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
9	04/23/2025	10:38:47.205	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
10	03/28/2025	10:22:46.578	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
11	03/28/2025	10:22:28.743	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
12	03/28/2025	10:21:10.581	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
13	03/28/2025	10:20:38.287	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
14	03/27/2025	16:20:18.584	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
15	03/27/2025	16:20:06.760	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
16	03/27/2025	16:19:15.017	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
17	03/27/2025	16:18:53.805	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
18	03/27/2025	16:14:14.173	"ALARM DEAKTIVIRAN: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																
19	03/27/2025	16:14:07.907	"ALARM: Pritisnut taster za nužni stop!!!"																																																																																

Slika 5.3.1. Prikaz stranice „Alarmi i opomene“ web server SCADA sistema

6. Primena web server SCADA sistema

Web server SCADA sistem, kakav je razvijen u ovom radu, ima široku primenu kako u laboratorijskim, tako i u industrijskim uslovima. U okviru ispitnog polja turbinskog regulatora, web server aplikacija omogućava daljinski nadzor i upravljanje procesom, praćenje ključnih procesnih veličina i podešavanje regulatora u realnom vremenu. Ovakav pristup posebno je pogodan za obrazovne i istraživačke svrhe, jer omogućava izvođenje eksperimenata bez fizičkog prisustva na ispitnom polju, uz visok nivo bezbednosti i preglednosti sistema.

Pored laboratorijske primene, web server SCADA rešenje može se uspešno primeniti i u industrijskim postrojenjima, gde je neophodan pouzdan nadzor i upravljanje procesima na daljinu. Tipične oblasti primene uključuju elektrane, proizvodne pogone, sisteme za distribuciju energije i druge objekte u kojima se primenjuje automatsko upravljanje. Web interfejs omogućava operaterima jednostavan pristup procesnim podacima, pregled trendova, generisanje izveštaja i brzo reagovanje u slučaju alarma ili poremećaja u radu sistema.

Posebna prednost web server SCADA sistema ogleda se u njegovoj modularnosti i mogućnosti personalizacije, što omogućava prilagođavanje korisničkog interfejsa i funkcionalnosti specifičnim zahtevima različitih primena. Ova fleksibilnost čini web server SCADA koncept pogodnim kako za male laboratorijske sisteme, tako i za velika industrijska postrojenja, čime se potvrđuje njegova relevantnost i potencijal za širu primenu u savremenim automatizovanim sistemima.

7. Zaključak

U okviru ovog rada uspešno je razvijen i implementiran personalizovani web server SCADA sistem zasnovan na Siemens S7-1500 PLC-u, čime je na postojećem hardveru ostvarena funkcionalnost daljinskog upravljanja i time značajno unapređeno ispitno polje turbinskog regulatora hidraulične turbine. Integracijom web tehnologija i OPC UA komunikacije postignuta je direktna i bezbedna razmena podataka između PLC-a i Simulink modela okruženja, što je omogućilo realno testiranje i validaciju upravljačkih algoritama bez potrebe za dodatnim hardverom.

Razvijeni sistem omogućava nadzor, konfiguraciju i analizu rada turbinskog regulatora putem interaktivnih web stranica za monitoring, PID regulaciju, prikaz alarma, opomena, događaja i trendova čime je laboratorijska postavka transformisana u savremeno, funkcionalno i lako dostupno SCADA okruženje. Time je ispitno polje postalo fleksibilnija platforma za eksperimentalni rad, edukaciju i istraživanje u oblasti regulacije i automatizacije.

Primena standardnih tehnologija (HTML, CSS, JavaScript, OPC UA, jQuery Flot) dokazala je da web server SCADA koncept može u potpunosti zameniti klasične SCADA alate u obrazovnim i industrijskim sistemima. Razvijeni sistem predstavlja osnovu za dalje proširenje – uključujući višeturbinske konfiguracije, naprednije algoritme regulacije i integraciju sa cloud platformama za analitiku i prediktivno održavanje.

Literatura

- [1] J. Dragosavac, Ž. Janda, T. Gajić, J. Pejović, D. Arnautović, Lj. Mihailović, "Realizacija simulatora toka reaktivne snage elektrane TENT A radi ispitivanja grupnog regulatora reaktivne snage", *Zbornik radova Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“* 2009, ISSN 0350-8528, knjiga 19, str. 157-168
- [2] Siemens Web Server prezentacija: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/560/59193560/att_109202/v1/s71500_webserver_function_manual_en-US_en-US.pdf
- [3] *Creating User-Defined Web Pages for S7-1200/S7-1500*, Siemens: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/68011496/68011496_S7-1200_1500_Webserver_DOC_v4_en.pdf
- [4] *Basics on Creating HTMLs for SIMATIC CPUs*, Siemens: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/68011496/68011496_6_html_basics_for_simatic_cpus_en.pdf
- [5] jQuery Flot biblioteka: <https://plugins.jquery.com/flot/>

- [6] *Examples for the SIMATIC S7-1200/S7-1500 Web Server*, Siemens:
https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/68011496/68011496_6_Examples_for_S7WebServer_DOC_v3_en.pdf

Abstract. This paper presents the enhancement of the turbine governor test field of a hydraulic turbine through the implementation of a modern SCADA system based on an integrated PLC web server and OPC UA communication with a Simulink environment simulator and turbine governor. The system enables realistic simulation of turbine governor operation under laboratory conditions, with the capability of remote monitoring and parameter adjustment via a standard web browser. Within the research, a web server SCADA system was developed on the Siemens S7-1500 PLC, connecting the physical controller and the simulation model into a unified hardware-in-the-loop (HIL) environment. The obtained results demonstrate a significant improvement in the flexibility, transparency, and efficiency of the turbine governor testing process.

Keywords: SCADA, PLC, web server, Siemens S7-1500, Simulink, turbine governor

Remote Control Implementation of the Hydraulic Turbine Governor on the Test Field

Jovan Stevanović^{}, Goran Kvaščev^{}, Miroslav Dragičević^{}, Jelena Pavlović^{}

Rad primljen u uredništvo: 28.11.2025. godine.

Rad prihvaćen: 21.12.2025. godine.

