

**AKVIZICIJA, OBRADA I MONITORING PODATAKA U REALNOM VREMENU UZ PRIMENU SOFTVERSKOG PAKETA PI SYSTEM****DATA ACQUISITION, PROCESSING AND MONITORING IN REAL TIME USING THE PI SYSTEM SOFTWARE PACKAGE**Milica Vujović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MERENJE I REGULACIJA**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisan je softverski paket pod nazivom *PI System* koji prikuplja, upravlja i skladišti podatke u realnom vremenu. Objasnjeni su svi delovi njegove arhitekture, koji zaokruženi u jednu celinu čine značajan alat u okviru koncepta *Industrija 4.0*. Potpuna funkcionalnost sistema predstavljena je praktično na jednom primeru iz industrije uz pomoć simulacionog seta podataka procesa. Diskutovano je o prednostima i manama sistema.

**Ključne reči:** *Industrija 4.0, Podaci u realnom vremenu, PI System*

**Abstract** – This paper describes the *PI System* software package for collecting, enriching, storing, and accessing reliable, real-time operations data. All parts of its architecture are explained, jointly representing a significant tool within the *Industry 4.0* concept. The complete functionality of the system is practically presented in an example from the industry supported by a simulation of the data set of the process. The advantages and disadvantages of the system were discussed.

**Keywords:** *Industry 4.0, Real time data, PI System*

**1. UVOD**

*Industrija 4.0* zasnovana je na novom modelu automatizacije proizvodnje i primenu informacionih tehnologija i kao glavni cilj ima digitalno unapređenje kvaliteta postojećih proizvoda i usluga, smanjenje troškova proizvodnje i povećanje profita. Suštinsku ulogu u konceptu *Industrije 4.0* imaju podaci u realnom vremenu koji dolaze sa *PLC*-ova, *SCADA* sistema i drugih izvora podataka.

Podaci se iz fizičkog sveta prikupljaju direktno sa izvora podataka preko komunikacionih protokola a zatim se predaju računarskim komponentama koje ih u izvornom ili obrađenom obliku proslede *IoT* Softverskim platformama. Prikupljanje i analiza podataka mogu značajno da unaprede efikasnost postojećeg sistema, kvalitet proizvoda, skrate i minimalizuju vreme zastoja odnosno da preduprede moguće havarije i značajno uvećaju profit.

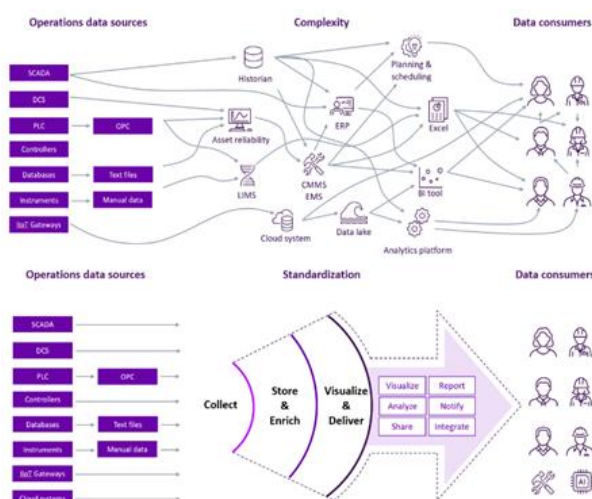
**2. PI SYSTEM**

*PI System* prikuplja, skladišti i upravlja podacima iz fabrike ili procesa.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Platon Sovilj, red. prof.

Ovi podaci mogu da budu u prošlom, sadašnjem ili budućem vremenu. Upravljanje operativnim podacima koji dolaze iz fabrike je veoma kompleksno iz više razloga. Kao što smo već napomenuli, postoji mnogo različitih tipova izvora podataka pa samim tim i formata u kojim se ti podaci mogu slati odnosno primiti. Takođe, bitno je spomenuti da su krajnji korisnici na više lokacija sa različitim ciljevima što dodatno otežava upravljanje podacima. Na Slici 1., uviđamo da je to veoma kompleksan proces u kom je teško odrediti ko sa kim „komunicira“. Upravo ovde se ogleda prava vrednost jedne platforme za upravljanje podacima kao što je *PI System*.

Slika 1. Arhitektura procesa sa i bez *PI System*-a

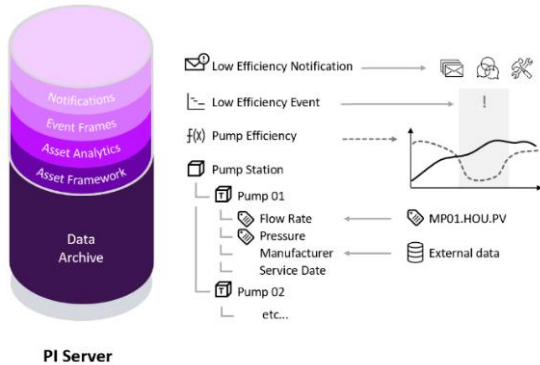
Uloga *PI System*-a podeljena je na tri velike celine: Prikupljanje podataka, Skladištenje i poboljšanje podataka i Vizualizacija i isporuka krajnjim korisnicima. Softverski paket se sastoji od više različitih komponenti od kojih svaka ima jasno definisanu i bitnu ulogu.

**2.1. Prikupljanje podataka**

U prvom sloju, *PI System* vrši prikupljanje podataka. Jedna od glavnih prednosti je što se može povezati na bilo koji izvor operativnih podataka zahvaljujući interfejsima i konektorima koji mogu da čitaju sa preko 200 industrijskih sistema i protokola. *PI Interface*, *PI Connector* i *PI Adapter* su različite komponente koje su zadužene da prikupe podatke sa izvora podataka. To su *off-the-shelf* alati, što znači da su oni spremni da se koriste odmah, odnosno nije potrebno nikakvo dodatno razvijanje, testiranje ili integracija već ih je samo potrebno konfigurisati na odgovarajući način, u zavisnosti od izvora podataka. Prikupljanje podataka je bezbedno i pouzdano.

## 2.2. Skladištenje i obogaćivanje podataka

Drugi sloj zadužen je za skladištenje, kontekstualizaciju i obogaćivanje podataka. Ovo je deo softvera koji je odgovoran da preuzme sve podatke koji dolaze sa alata za prikupljanje podataka. Skladišti ih zauvek i sa najvećom mogućom vernosti podataka. Baza podataka je dizajnirana da bude optimizovana za vremenski zasnovane podatke. Svakom sirovom podatku moguće je dodati vrednosti poput analitike, obeležavanje događaja i obaveštenja. Ovo je najvažnija celina *PI System*-a koju obavlja *PI Server*.



Slika 2. Prikupljanje i unapređivanje podataka

*PI Server* čini više manjih komponenti.

*PI Data Archive* je komponenta koja je zadužena za skladištenje podataka u realnom vremenu. Sirov podatak sadrži vremensku oznaku i vrednost i skladišti se kao jedinstvena tačka koja se naziva *PI Point*. Svaka tačka definisana je skupom atributa kao što su ime tačke, opis i merna jedinica. *PI Data Archive* može da čita 2 miliona događaja po sekundi i da piše do 200 hiljada događaja po sekundi, što je čini visoko performansnim softverom za skladištenje podataka.

Na Slici 2., MP01.HOU.PV je naziv *PI Tačke* u koju se smešta sirov podatak očitani sa senzora koji sadrži informaciju o protoku na pumpi 1. Samo ime *PI Tačke* nije intuitivno i ne govori mnogo nekome ko nije upućen u sam proces ili u samo kreiranje *PI Tačaka*. Taj nedostatak je regulisan narednom komponentom.

*PI Asset Framework* je komponenta koja je zadužena za obogaćivanje podataka. Kreiraju se hijerarhijske strukture koje olakšavaju korisnicima pretraživanje potrebnih podataka. Svaki deo fabrike ili procesa je predstavljen kao *Asset* odnosno *Element*. Svakom elementu moguće je dodati atribute koji ga bliže opisuju. Atributi predstavljaju jedinstvene osobine koje su povezane sa elementima i moguće ih je grupisati u kategorije. Mogu da referenciraju na *PI Point* (na taj način joj dajemo smislen naziv), formulu ili vrednost iz relacione baze podataka. Na taj način se mogu dodati i relacioni podaci kao što su ime proizvođača i dan sledećeg servisa koji su nam bitni za održavanje sistema. Jednom kreirana struktura se može sačuvati kao šablon iz koga se dalje može izvući veliki broj elemenata na brz i jednostavan način, što značajno olakšava i ubrzava kreiranje kada su veliki sistemi u pitanju. To je takođe prikazano na primeru na Slici 2., gde se može videti hijerarhijska struktura za pumpnu stanicu koja se sastoji od Elementa (*Pump Station*, *Pump 01*, *Pump 02*) i atributa (*Flow Rate*, *Pressure*, *Manufacturer*, *Service Date*).

Da bi smo dodatno poboljšali podatke, u okviru *PI Asset Framework*-a nalazi se deo koji se naziva *Asset Analytic* i koji omogućava korisnicima pravljenje proračuna koji mogu da sadrže više promenljivih. Korisnici imaju pristup velikoj biblioteci ugrađenih funkcija. Analize se pokreću u realnom vremenu i mogu da sačuvaju svoje rezultate kao dodatne *PI Tačke* i proračun se može popuniti unazad za celu istoriju izvornih podataka. Takođe, u okviru *PI Asset Framework*-a nalazi se i deo koji se naziva *Event Frames*. To je deo koji omogućava obeležavanje važnih događaja kao što su zastoji, niska efikasnost i još mnogo toga.

Na primeru na Slici 2., u okviru analiza izračunata je efikasnost pumpe. *Asset Analytic* je neobrađene podatke pretvorio u značajne informacije koje pomažu da otkrijemo tačku nagiba za dalju analizu i obradu. Na osnovu toga, kreiran je događaj koji detektuje nisku efikasnost pumpe. Zahvaljujući opciji *Notification*, kada se detektuje neki događaj od interesa, korisnik će biti obavešten i na taj način moći da odreaguje u što kraćem roku. To je još jedna bitna prednost ovog sistema.

## 2.3. Isporučka podataka krajnjim korisnicima

Treći sloj *PI System*-a zadužen je za isporuku podataka krajnjim korisnicima bez obzira gde se oni nalaze i dozvoljavajući im da vizualizuju njihove podatke koristeći *PI System* alate. Najpoznatiji alati za vizualizaciju podataka su *PI Vision* i *PI DataLink*.

*PI Vision* omogućava korisnicima da kreiraju vizualizaciju podataka. To je intuitivni interfejs, lak za korišćenje i bez potrebe za programiranjem. Kreiranje dinamičkih displeja znači da će se komandna tabla automatski ažurirati kada novi podaci dođu *online*, bez potrebe da se manuelno dodaju novi podaci svakom posebnom displeju. Bilo da korisnici rade od kuće ili se nalaze u fabrici, podaci u realnom vremenu će uvek biti dostupni na njihovim laptopovima, tabletima ili čak na telefonima. *PI Vision* takođe dopušta korisnicima da dele svoje displeje sa ostalim korisnicima, pa svi mogu da rade sa istim setom podataka. Pretraživanje i navigacija kroz ekrane je laka, omogućena sa jednim klikom. Na Slici 3., prikazan je primer *PI Vision* ekrana.

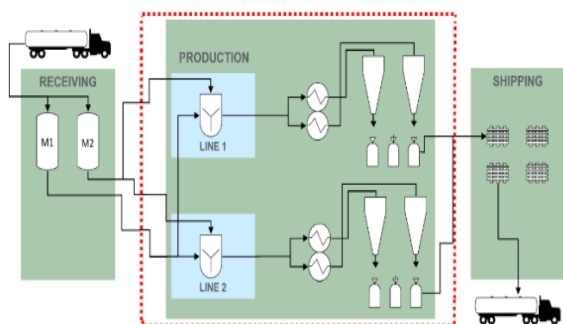


Slika 3. *PI Vision* ekrani

*PI DataLink* je alat koji omogućava korisnicima da kreiraju dinamičke izveštaje direktno u Excelu. Izveštaji su uživo, interaktivno i tabelarno prikazani. Laki su za analiziranje i upoređivanje. Takođe je moguće vršiti proračune i filtriranje podataka od interesa. Podaci iz proročnosti se lako sumiraju i upoređuju sa podacima u realnom vremenu.

### 3. MONITORING SISTEMA U REALNOM VREMENU

Funkcionalnost celog sistema je praktično prikazana na jednom primeru u industriji. Proces predstavlja jednu fabriku u kojoj se mešaju 2 različita materijala i zatim pakuju u džakove koji se postavljaju na palete radi daljeg prenosa. Fabrika postoji na 2 različite lokacije. Svaka od lokacija sadrži se od po 2 linije, dok se svaka linija sadrži od po 2 postrojenja za mešanje materijala. Na Slici 4. je prikazan izgled jedne lokacije, dok je druga lokacija u potpunosti identična. Simulacija podataka u realnom vremenu dolazi iz dela za proizvodnju i pakovanje.



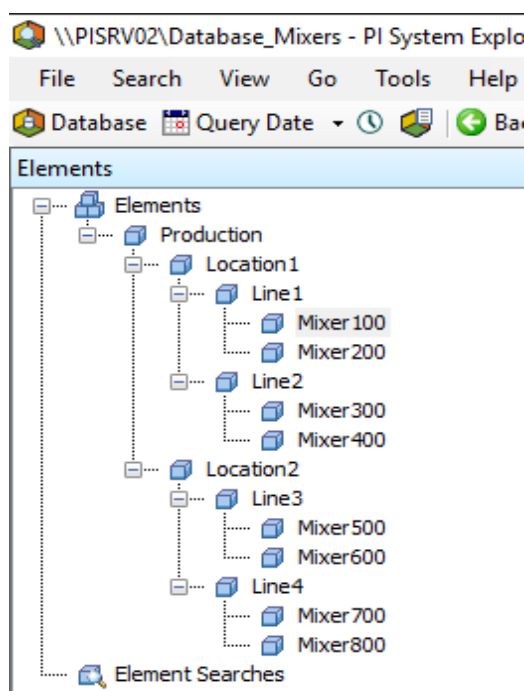
Slika 4. Izgled postrojenja procesa na jednoj lokaciji

Prvi korak je bio da se obezbede podaci u realnom vremenu. Prilikom razvijanja HMI aplikacija pogodno je koristiti simulator kao izvor podataka kako bi se testirale sve funkcionalnosti. Za potrebe ovog projekta korišćen je PLC Modbus TCP/IP simulator koji iz učitane PLC skripte generiše podatke sa naznačenog porta kao analogne ulaze koje je dalje potrebno čitati preko Modbus-a. Kako bi pročitali podatke iskoristili smo komunikacioni protokol OPC DA. To je klijent-server standard koji omogućava prikupljanje podataka u realnom vremenu. OPC Server je pomoću OI Gateway-a pročitao podatke koji se nalaze u Modbus registrima i konvertovao ih u OPC DA podatke koji sadrže vremensku oznaku i kvalitet. Dalje je OPC Quick Client iskorišćen da „proziva“ odnosno izda naredbu serveru da pročita podatke sa PLC Simulatora. U našem slučaju to su podaci koji dolaze sa osam pogona za mešanje materijala koji se nalaze na dve različite lokacije, podeljeni u dve odnosno četiri linije.

Oni predstavljaju izvor podataka za ovaj projekat i naredni korak je bio da se oni učitaju u PI System. Za to je iskorišćena PI Interface komponenta. Na jednostavan način, u okviru PI Interface Configuration Utility programa koji dolazi u okviru programskog paketa PI System, kreirana je i konfigurisana interface instanca koja je zadužena da pročita podatke u realnom vremenu.

Kada smo to obezbedili prešli smo na naredni korak koji je podrazumevao pravljenje PI Tačkica gde će se smeštati podaci. To je moguće u okviru još jednog programa iz paketa koji se naziva PI System Management Tools (SMT) ali postoji i dodatak za Excel – PI Builder koji omogućava lako i brzo pravljenje velikog broja tačkica, a zatim i izvoz u PI SMT. U okviru tog dodatka je takođe moguće praviti i izmene nad već postojećim tačkicama. Ovo je velika prednost PI System-a jer više hiljada tačkica je moguće napraviti jednostavno i za veoma kratko vreme.

Kao što smo već ranije objasnili, imena PI Tačkica najčešće sadrže smislene skraćenice koje su razumljive samo odličnim poznavateljima procesa. Kako bi dodatno obogatili naše podatke, sledeći korak bio je pravljenje hijerarhije u PI Asset Framework-u. U okviru njega prvo je napravljena baza pod nazivom Database Mixers. Pravljenje baze omogućava da se sa istim elementima može praviti više različitih hijerarhija pri čemu je svaka nova napravljena hijerarhija u različitoj bazi. To omogućava više različitih pogleda u zavisnosti od potreba kao i maksimalnu iskoristivost podataka. Prvo smo definisali glavne elemente i kreirali šablone. Hijerarhija u našem projektu je prilično trivijalna, sastoji se iz tri nivoa i prikazana je na Slici 5. Početni nivo predstavlja postrojenje proizvodnje, koje se dalje deli na lokaciju 1 i lokaciju 2. Svaka od lokacija sadrži po 2 linije koje se sastoje od po dva sistema za mešanje materijala, kao što je i definisano na početku primera.



Slika 5.: Hijerarhija

U našem primeru svi elementi su izvedeni iz šablona za taj nivo hijerarhije, pa tako imamo 4 različita šablona: Production, Location, Line i Mixer. Iako u nekim slučajevima nije bilo potrebe za tim jer imamo samo jedan element, to je urađeno iz razloga da se sistem u budućnosti može nadograditi. Ne bi bio problem i da nije kreiran šablon, jer postoji mogućnost da se iz već kreiranog elementa izvede šablon. Kako u ovom primeru postoji ukupno 8 sistema za mešanje istog tipa, kreiranjem šablona Mixer skratili smo značajno vreme izrade. Atributi definisani na nivou šablona podeljeni su u kategorije radi lakšeg pregleda: Mešalica, Pumpa, Izlazni ventil, Ulazni ventil i Sabirač. Na Slici 6., prikazana je jedna od kategorija atributa. Na njoj vidimo da imamo dve pumpe i za njih sledeće informacije: status rada, brzina i setpoint za brzinu. To su sve podaci koje dobijamo sa senzorske stanice, u našem slučaju sa simulacije. One su povezane sa našim PI Tačkicama koje smo prethodno kreirali i one u stvari njima daju human-readable strukturu. Takođe kreirali smo i dva atributa koji

predstavljaju datume instalacije pumpe 1 odnosno pumpe 2. To su podaci koje čitamo iz jedne kreirane tabele i to takođe može biti jedan od izvora podataka za atribute. Zahvaljujući tim podacima, možemo preduprediti kvar pumpe i unapred zakazati planirano servisiranje.

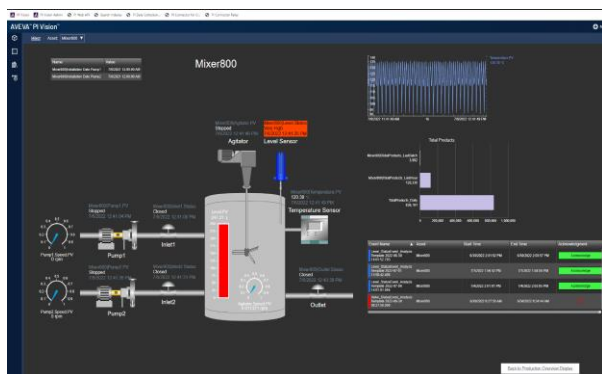
Category: Pump		
Installation Date Pump1		10/5/2021 12:00:00 AM
Installation Date Pump2		10/5/2021 12:00:00 AM
Pump1.PV		Stopped
Pump1.Speed.PV		0 rpm
Pump1.Speed.SP		0 rpm
Pump2.PV		Stopped
Pump2.Speed.PV		0.098457 rpm
Pump2.Speed.SP		0 rpm

Slika 6: Kreirani atributi u okviru jedne od kategorija

Ukoliko se neko postrojenje razlikuje od ostalih u nekom pogledu, mogu se dodatno definisati atributi na nivou određenog elementa ali sve što je definisano na nivou šablona biće identično za sve elemente izvedene iz tog šablona.

U našem projektu napravljene su analize i događaji. Neke od njih su provera statusa ventila odnosno nedozvoljenog položaja, zatim analiza koja preračunava vreme rada svake od pumpe i slično. Takođe, kreirana su obaveštenja koja će korisnika obavestiti porukom na *mail* ukoliko dođe do nekog kritičnog događaja kao što je pregrevanje (temperatura poraste više od kritične tačke) ili ukoliko je nivo veći ili niži od određenih tačaka. Analize se mogu kreirati na nivou svakog dela hijerarhije i postoje razne vrste analiza. Najbolji primer za to je analiza koja je kreirana da preračunava kolika je ukupna proizvodnja po liniji za jedan dan. Ona prolazi kroz nivoe ispod sebe i sabira atribute koji prikazuje proizvodnju za svaku liniju ponaosob.

Poslednji korak bio je vizualizacija i isporuka podataka krajnjim korisnicima odnosno pravljeni su displeji i izveštaji u realnom vremenu. Bitno je napomenuti da je moguće napraviti neograničen broj ekrana koji će pokazivati kontekst koji korisnik želi. Primer jednog od displeja koji prikazuje jedno postrojenje za mešanje nalazi se na Slici 7.



Slika 7: Primer PI Vision ekrana

U našem primeru napravili smo jedan početni ekran koji predstavlja ceo proizvodni pogon i prati prethodno napravljenu i usaglašenu hijerarhiju. Odatle se može skočiti na svaki zaseban ekran koji prikazuje svaku od lokacija, linija ili postrojenja posebno. Na displejima su prikazani svi prethodno napravljeni atributi preko raznih grafika, tabela, grafikona i slično. Svojim izgledom *PI Vision* ekrani podsećaju na *SCADA* sisteme.

#### 4. ZAKLJUČAK

Tema ovog rada bila je upoznavanje sa arhitekturom *PI Systema*, komponentama i načinom njihovog funkcionisanja. Ipak, to su samo okviri koje je potrebno upoznati sa ciljem da bi znali kako ih pravilno upotrebiti. Kao glavne prednosti ovog sistema istakla bih da je izuzetno dobro struktuiran, intuitivan i podeljen u više manjih celina što ga čini lakšim za razumevanje. Smatram da i najkompliciraniji proces, ukoliko se na dobar način poveže sa *PI Systemom*, postaje jednostavan i lak za razumevanje i iz njega možemo da izvučemo njegov maksimum. Ne samo da olakšava dosadašnje potrebe inženjera i radnika u industriji i štedi vreme, već je odličan za konstantno unapređivanje. Ipak, glavni razlog zašto mi se dopao je taj što granice njegovih mogućnosti dosežu mnogo više. *PI System* nudi dublji uvid u sam proces, stvarajući na taj način šanse za inovacije i unapređenje zahvaljujući analitici i proračunima.

Kao što je već rečeno u uvodu, glavni cilj industrije 4.0 jeste digitalno unapređenje kvaliteta postojećih proizvoda i usluga, smanjenje troškova proizvodnje uz povećanje profita. Uz *PI System*, podaci su digitalni i može mi se pristupiti bez obzira na kojoj se udaljenosti nalazite. Sve je digitalizovano i nezavisno od postrojenja i fabrike gde se fizički odvija proces ili mesta gde se vi nalazite. Rok trajanja skladištenja podataka je neograničen i u svakom trenutku se možete vratiti nazad kroz vreme i pronaći podatke od interesa. Zahvaljujući *PI Vision-u*, monitoring je dostupan 24/7 na bilo kom računaru, telefonu ili tabletu. Kreirajući razne vrste trendova, grafikona i tabela i upoređujući podatke od interesa i kreirane analize, lako dolazite do podataka o efikasnosti, troškovima, prihodima i rashodima. Kao manu ovog softvera svakako je bitno spomenuti visoku cenu. Ali ipak, ta cena je svakako dobra investicija u poslovanje, kada uzmemo u obzir sve već pomenute prednosti.

#### 5. LITERATURA

- [1] <https://www.aveva.com/en/products/aveva-pi-system/>
- [2] <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>

#### Kratka biografija:



**Milica Vujović** rođena je u Zrenjaninu 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Merenje i regulacija odbranila je 2023.god. kontakt: [vmilica251@gmail.com](mailto:vmilica251@gmail.com)