

Realizacija onlajn sistema monitoringa potrošnje i kontrole kvaliteta napajanja u kompaniji Gruner Serbian doo

Realization of the Online System for Consumption Monitoring and Power Quality Control in the Gruner Serbian Ltd Company

Bojan Simonović *, Miodrag Vuković **, Željko V. Despotović ***

* GRUNER Serbian d.o.o, Vlasotince

** CONSEKO d.o.o, Beograd

*** Institut „Mihajlo Pupin“, Univerzitet u Beogradu

Rezime - U radu je prikazana realizacija sistema za monitoring potrošnje električne energije i sistema za kontrolu kvaliteta napajanja u hali 4 kompanije GRUNER Serbian d.o.o u Vlasotincu. Motivacija za ustanovljenje pomenutih sistema su kvarovi na mašinama u garantnom roku za koje isporučioi mašina odbijaju da priznaju garanciju, zbog loših naponskih prilika i čestih propada napajanja u industrijskom pogonu. Problemi kvaliteta napajanja su izazvani spoljašnjim uticajima koji dolaze iz napojne elektroenergetske mreže. Iz ovih razloga je projektovan i realizovan sistem mrežnih analizatora od strane kompanije Conseko d.o.o., Beograd, kojim se monitorišu i beleže svi relevantni parametri kvaliteta električne energije (naponi, struje, aktivna i reaktivna snaga, faktor snage, sadržaj harmonika, THD) u ključnim delovima postrojenja hale 4 (kalupovanje-tzv. molding, klimatizacija, alatnica, trpezarija, laboratorija i sl.). Pored ovoga, sistem monitoringa obezbeđuje potpuni uvid u potrošnju i raspodelu potrošnje na zadatom vremenskom intervalu, što predstavlja izuzetnu pogodnost za optimalnu raspodelu interne potrošnje i finansijski obračun utroška električne energije svakog od podsistema, čime se direktno utiče na ekonomsku dobit. U sistemu je instaliran i Cloud podsistem kako bi se putem udaljenog računara ili posredstvom aplikacije na mobilnom telefonu mogli u realnom vremenu pratiti svi relevantni parametri.

Ključne reči - energija, ekonomika proizvodnje, merenje, monitoring, kvalitet napajanja, energetska efikasnost

Abstract - The paper presents the realization of the system for consumption monitoring and the system for power quality control in the hall 4 of the company GRUNER Serbian d.o.o. in Vlasotince, Serbia. The motivation for the establishment of the mentioned systems are machine failures within the warranty period for which the machine suppliers refuse to recognize the warranty, due to poor voltage conditions and frequent power sags within the industrial plant. Power quality problems are caused by external influences coming from the power supply network. For these reasons, a system of power network analysers was designed and implemented by the company Conseko d.o.o., Belgrade. This system monitors and records all relevant parameters of power

quality (voltages, currents, active and reactive power, power factor, harmonic content, THD, etc.) in key parts of the hall 4 (molding, air conditioning, tool room, dining room, laboratory, etc.). In addition to this, the monitoring system provides complete insight into consumption and distribution of consumption at a given time interval, which represents an exceptional convenience for optimal distribution of internal consumption and financial calculation of power consumption of each subsystem, which directly affects to the economic profit. The Cloud subsystem is also installed in the system, so that all relevant parameters can be monitored in real time via a remote computer or through an application on a mobile phone.

Index Terms - Energy, Production economy, Power measuring, Monitoring, Power quality, Energy efficiency

I UVOD

Potrošnja električne energije u proizvodnim objektima postala je jedan od bitnih parametara ne samo dobrog tehničkog upravljanja industrijskim objektima i ekonomike poslovanja, već i bitan aspekt primene ESG mera održivosti u kompanijama. Zelene i socijalno odgovorne investicije su postale jedan od glavnih trendova u modernoj ekonomiji [1-2]. Ciljevi ovog projekta su bili da se relativno jeftinim rešenjem omogući uvid u potrošnju električne energije i kvalitet napajanja električnom energijom u novoj fabrici GRUNER u Vlasotincu, radi racionalnog korišćenja električne energije, uvida u kvalitet napajanja [3] i otkrivanja dodatnih mogućnosti za uštede električne energije.

Takođe, cilj projekta je bio da se omogući da se podaci prikazuju na internet pretraživaču i na mobilnoj aplikaciji, kako bi menadžment kompanije u Srbiji i menadžment kompanije u Nemačkoj u svakom momentu imao uvid u potrošnju i kvalitet električne energije. Upravo ovaj deo projekta je trebao da bude inovativan, jer slično rešenje nije bilo dostupno za relativno niske troškove. Razvijeni sistem je prvo domaće rešenje za monitoring potrošnje električne energije, koje se prikazuje na IT platformi u oblaku (tzv Cloud-u).

Realizaciju rešenja su izvele domaće firme Conseko doo Beograd i Decode doo Beograd, uz stručne savete i konsultacije inženjera

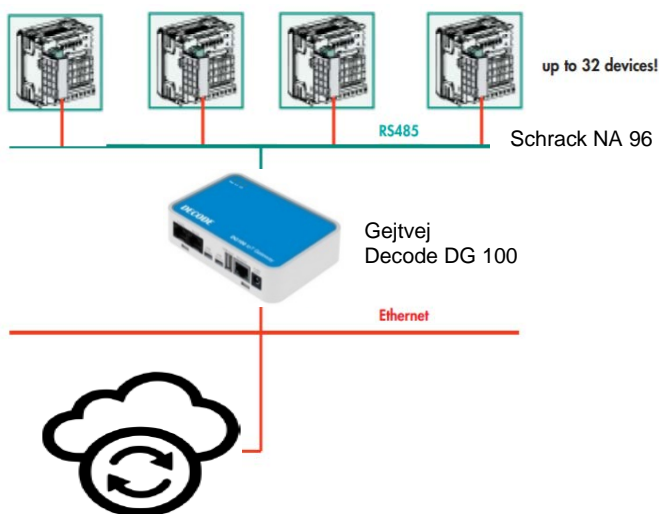
dr Željka Despotovića iz Instituta Mihajlo Pupin.

Kompanija GRUNER Serbian doo u Vlasotincu, koja je želela da bude prvi korisnik gde će rešenje realizovano, već je ranije pokazala svoju opredeljenost za korišćenje obnovljivih izvora energije kroz izgrađenu solarnu elektranu od 560 kWp [4-5], kao i primenjena druga rešenja za racionalno ophođenje sa energijom.

Projekat je realizovan u periodu od juna do decembra 2022. godine, pri čemu je u prvom delu projekta bila izvedena ugradnja strujnih mernih transformatora i mrežnih analizatora na glavni razvodni orman proizvodne hale (hardverski deo rešenja), dok je u novembru i decembru 2022. godine realizovan softverski deo rešenja, zajedno sa parametrisanjem uređaja i povezivanjem u jedinstveni informacioni sistem u oblaku.

II OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

Radi omogućavanja uvida u potrošnju električne energije predviđeno je postavljanje mrežnih analizatora sa strujnim mernim transformatorima na svaki od električnih razvoda u novoj fabrici. Blok šema komunikacionog dijagrama sistema je prikazana na Slici 1.



Slika 1. Komunikacioni dijagram sistema monitoringa potrošnje i kvaliteta u fabrici Gruner

Akviziciju podataka sa mrežnih analizatora Schrack NA96 [6] vrši se putem MODBUS komunikacije, za šta je potrebno za mrežni analizator obezbediti zaseban MODBUS modul. Nakon toga, mrežni analizatori su sposobni da ostvaruju komunikaciju sa centralnim uređajem IoT Gateway DG100 firme Decode. Analiza energije na 5 mrežnih analizatora treba da obuhvati sledeće podatke o električnim veličinama:

- fazni i međufazni naponi
- struje po fazi
- faktor snage
- energije: aktivna, prividna i reaktivna.

Sa Gateway uređaja podaci se šalju na Cloud sistem AEOS koji je razvila firma Decode iz Beograda. Pre puštanja u rad bilo je

neophodno izvršiti parametrisanje sistema, po pitanju MODBUS adresa uređaja, adresa tipova podataka koji se prikupljaju i drugih relevantnih elemenata i modula.

III IMPLEMENTACIJA I REALIZACIJA SISTEMA

Kao što je prikazano na Slici 1, pet mrežnih analizatora postavljeni su u glavni razvodni orman fabričke hale. Praktično, na svaki izvod sa vodovima ka odeljenjima proizvodne hale, postavljen je po jedan mrežni analizator i strujni merni transformatori za merenje odgovarajuće jačine struje po svakom provodniku. Uvidom u projektnu dokumentaciju nove fabrike, strujni merni transformatori su bili odabrani tako da mogu da mere maksimalne struje koje će proticati provodnicima ka potrošačima u fabrici. Uspostavljanje praćenja potrošnje električne energije i drugih električnih veličina predviđeno je na 5 ključnih potrošača:

- alatnica,
- klimatizacija,
- laboratorija,
- kalupovanje (molding),
- trpezarija.

Na Slici 2 je dat prikaz ugrađenih mrežnih analizatora na GRO fabričke hale. Sa 5 mrežnih analizatora prikuplja se po 16 podataka, dakle 80 podataka ukupno. Podaci koji će se prikupljati sa uređaja definisani su kroz tabelu registara. U tabeli registara je takođe definisano koji će podaci biti prikazivani na dnevnom /nedeljnom /mesečnom nivou.

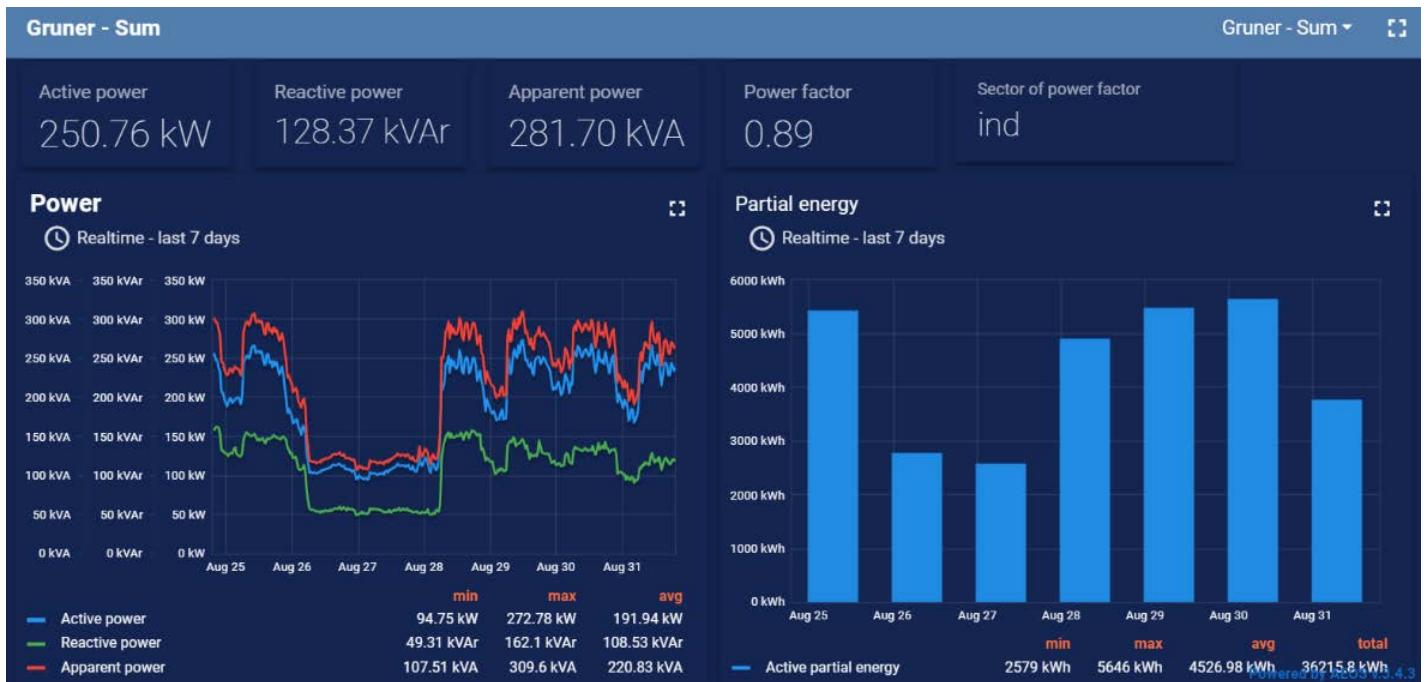
Parametri po uređajima su dodeljeni na sledeći način:

- GRO-T, 400A (Modbus adresa 1),
- GRO-L, 350A (Modbus adresa 2),
- UPS, 350A (Modbus adresa 3),
- GRO-M, 250A (Modbus adresa 4),
- RO-TR, 50A (Modbus adresa 5).

Prenos podataka dalje ostvaren je kroz MODBUS signal preko RS485 veze na Gateway uređaj, odakle je putem izvedenog lokalnog SFTP kabla Gateway j DG100 postao deo lokalne LAN mreže. Zatim su ustanovljeni IP adresa uređaja, subnet mask, gateway, radi pristupa uređaju sa Cloud servera, putem bezbedne veze, preko glavnog rutera u mreži, sve do Gateway uređaja. Nakon usaglašavanja tabele registara između članova projektnog tima firme Conseko d.o.o., tima klijenta i kompanije Decode [7-8], izvršeno je parametrisanje Gateway uređaja.



Slika 2. Prikaz mrežnih analizatora na GRO fabričke hale Gruner

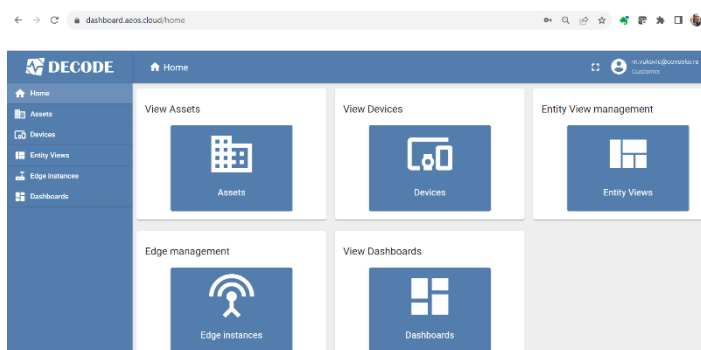


Slika 3. Sumarni prikaz rezultata sa svih mrežnih analizatora

IV OSTVARIVANJE VIZUELNOG PRIKAZA PODATAKA

Vizuelni prikaz podataka (takozvani GUI) predstavljao je jedan od bitnih zahteva projektnog zadatka. Između ostalog, bilo je bitno da se uporedno prikazuju podaci sa svih mesta merenja na jednom ekranu. Sa druge strane, izvedba rešenja je takva da korisnik može sam da bira i prilagođava način prikaza izveštaja, poput izbora pojedinih ekrana (tzv. „dash board”), izbora perioda za izveštavanje, na primer na nivou 7 dana ili 30 dana.

Na Slici 3 su prikazani trenutni podaci o vrednostima napona i struja na sabirnicama glavnog razvodnog ormara, kao i zbirni (sumarni) podaci o aktivnoj, reaktivnoj i prividnoj snazi, kao i potrošnji električne energije u prethodnih 7 dana.



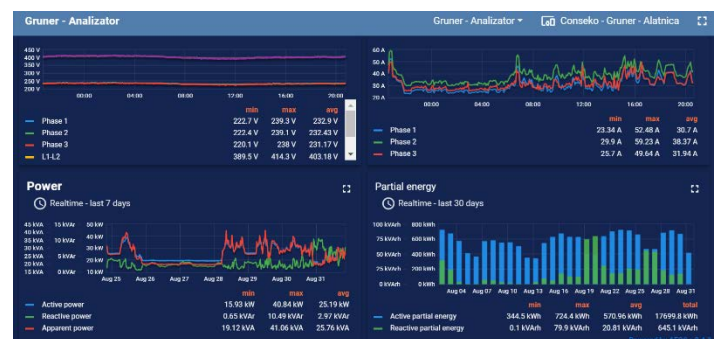
Slika 4. Osnovni prikaz ekrana prilikom prijavljivanja na klaud sistem

Na Slici 4 je dat osnovni prikaz radnog ekrana nakon prijavljivanja korisnika na Cloud sistem. U okviru ovog ekrana korisnik može da bira jedan od 5 pripremljenih „dash board“-a, kao i izveštavanje koje ga interesuje. Na Slici 5 prikazani su

rezultati trenutnih očitavanja vrednosti faznih i međufaznih napona, struja, aktivne i reaktivne snage. Na prikazu na slici 6, na jednom od 5 postavljenih mrežnih analizatora, prikazuje se kretanje potrošnje električne energije u poslednjih 7 dana, u obliku aktivne, reaktivne i prividne snage. Na drugom, desnom dijagramu prikazuje se utrošena električna energija po danima, za period od poslednjih 7 dana, ili 30 dana, prema izboru korisnika.



Slika 5. Očitane trenutne vrednosti napona, međufaznog napona, struja, aktivne i reaktivne snage sa mrežnog analizatora



Slika 6. Prikaz podataka sa analizatora „Alatnica“

V ZAŠTITA PODATAKA NA SISTEMU

U sklopu sistema je implementirano više softverskih kontrolnih modula, koje obezbeđuju zaštitu informacija korisnika na ovom onlajn sistemu: (1) pre svega enkriptovan je SSL protokol prilikom „https“ pristupa sajtu, koji omogućuje zaštićen prenos podataka između Cloud sistema i korisnika, (2) definisane su grupe korisnika na sistemu sa prilagođenim ekranima za grupe korisnika, (3) obezbeđeno je prijavljivanje svakog korisnika sa korisničkim imenom i lozinkom, (4) obezbeđena je visoka dostupnost podataka, koju obezbeđuje robusni Cloud sistem, u pogledu sigurnosti veza, redundantnosti servera, neprekidnog napajanja uređaja i sl.

Aktivacija korisničkog naloga za novog korisnika se vrši tako što sam korisnik nakon dobijanja aktivacionog linka dodeljuje šifru za pristup svom korisničkom nalogu.

VI OSTVARENE KORISTI OD REALIZACIJE PROJEKTA

Tokom nekoliko meseci od početka primene on-line sistema monitoringa potrošnje i kvaliteta napajanja u kompaniji GRUNER, uočeno je nekoliko koristi od uspostavljanja sistema praćenja potrošnje električne energije i drugih električnih parametara u fabrici.

Nekoliko stvari koje su zapažene tokom uvida u parametre potrošnje ukazalo je na sledeće veoma bitne činjenice:

- ustanovljeno je menjanje napona na glavnim sabirnicama tokom dana, što je bio i jedan od ciljeva projekta, kako bi se utvrdio uticaj stabilnosti napona na rad mašina u proizvodnji
- u određenim periodima dana faktor snage se kretao od 0.80-0.90, što ukazuje na potrebu uvođenja kompenzacije reaktivne energije
- profil ukupne potrošnje električne energije ukazuje da postoji jedna bazna potrošnja električne energije koja se vikendom kreće oko 100kW, dok je ona radnim danima iznad 200kW, što daje mogućnost da se postavljanjem fotonaponskih panela može obezbediti deo energije za baznu potrošnju električne energije, bez preteranih vraćanja viškova električne energije u mrežu (videti prikaz na Slici 3 koji se odnosi na ovu konstataciju).

VII ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati projekta ostvarenog uz pomoć

„domaće pameti“, gde je multidisciplinarni tim uz IT znanja, specifična znanja o potrebama merenja električnih veličina u industrijskim procesima, uspešno ostvario pilot projekat merenja, akvizicije i „on-line“ prikaza podataka i dodatno sa prikazom podataka u „oblaku“ tzv. Cloud prikaz, o potrošnji električne energije i kvaliteta napajanja električnom energijom proizvodnog procesa u fabrici GRUNER u Vlasotincu. Rešenje koje je zajednički implementirano od strane firme Conseko doo i Decode doo iz Beograda, pokazalo se kao pouzdano i relativno jeftino rešenje koje omogućuje uvid u električne veličine i trenutnu i istoriju potrošnje električne energije. Rešenje koje je ovde primenjeno, moguće je primeniti na drugim mestima, poput merenja na izvodima na niskonaponskom razvodu transformatorskih stanica.

LITERATURA/REFERENCES

- [1] Egorova A., Grishunina S., Karminsky A. The Impact of ESG factors on the performance of Information Technology Companies, *Procedia Computer Science* Vol. 199, pp. 339-345, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.041>
- [2] Statistical Review of World Energy, <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> [pristupljeno 06.04.2023]
- [3] Primary and final energy consumption in Europe <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/primary-and-final-energy-consumption> [pristupljeno 24.10.2023]
- [4] Vukovic, M., Despotovic, Z.V., Simonovic, B. Iskustva u izvođenju i eksploataciji solarne fotonaponske elektrane instalisane snage 500kW u fabrici „Gruner“ d.o.o-Vlasotince, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 24, No. 4, pp. 57-67, 2022. <https://doi.org/10.46793/EEE22-4.57V>
- [5] Vuković, M. Uticaj solarnih elektrana i monitoringa energije na svest o uštedama energije, in *Proc. 4. Savetovanje sa međunarodnim učešćem, Održiva energetika i zaštita životne sredine*, Novi Sad, 2019.
- [6] <https://www.schrack.rs/prodavnica/mreznj-analizator-na96-i-p-q-s-e-t-cosf-f-sa-displejom-mgf39000.html> [pristupljeno 12.08.2023]
- [7] CONSECO, <https://www.conseko.rs/> [pristupljeno 10.08.2023]
- [8] DECODE, <https://decode.rs/sr/product/dg100/> [pristupljeno 10.08.2023]

AUTORI/AUTHORS

msr Bojan Simonović, GRUNER Serbian d.o.o., Vlasotince,

bojan.simonovic@gruner.de, ORCID [0000-0001-5138-8082](https://orcid.org/0000-0001-5138-8082)

dr Miodrag Vuković, CONSEKO d.o.o, Beograd,

m.vukovic@conseko.rs, ORCID [0000-0003-0158-192X](https://orcid.org/0000-0003-0158-192X)

dr Željko V. Despotović, Univerzitet u Beogradu, Institut “Mihajlo Pupin”, zeljko.despotovic@pupin.rs, ORCID [0000-0003-2977-6710](https://orcid.org/0000-0003-2977-6710)