Broj rada: R3-24
DOI:10.46793/CIRED2026.R3-24_102

# KVALITET KOMUNIKACIJE IZMEĐU RTU-A, SERVERA I TERENSKIH SIGNALA U SOLARNIM ELEKTRANAMA

# COMMUNICATION QUALITY BETWEEN THE RTU, SERVER, AND FIELD SIGNALS IN SOLAR POWER PLANTS

Siniša Runjić, ODS „Elektrokrajina“ a.d. Banja Luka, Bosna i Hercegovina

## KRATAK SADRŽAJ

Izgradnjom solarnih elektrana pojavila se potreba za prikupljanjem i pohranjivanjem mjerenja iz tih elektrana u SCADA sisteme operatora distributivnog sistema (ODS). ODS „Elektrokrajina“ predstavlja najveći ODS u sistemu „Elektroprivrede Republike Srpske". Za komunikaciju između ODS-a i solarnih elektrana koristi se GPRS komunikacija. S obzirom na to da se značajan broj solarnih elektrana nalazi izvan urbanih područja, neophodno je kontinuirano nadgledanje kvaliteta komunikacije kako bi se omogućilo pravovremeno reagovanje u slučaju prekida ili degradacije veze. Pored nadzora komunikacije RTU uređaja, potrebno je pratiti i validnost mjerenja koja dolaze sa opreme instalirane u solarnim elektranama, kao što su datalogeri i inverteri. ODS „Elektrokrajina“, kao veliki distributivni sistem, raspolaže SCADA sistemom u kojem se prikupljaju relevantni podaci. Međutim, SCADA sistem ne omogućava direktan uvid u ukupno vrijeme tokom kojeg je RTU bio van komunikacije za određeni vremenski period. Zbog toga je bilo neophodno koristiti bazu podataka SCADA sistema. Kako bi se izbjegla ručna i vremenski zahtjevna analiza, razvijena je skripta u programskom jeziku „Python“, uz podršku alata baziranih na vještačkoj inteligenciji.

**Ključne reči**: SCADA, Python, AI, Solarne elektrane

## ABSTRACT

With the construction of solar power plants, the need arose to collect and store measurements from these plants in the SCADA systems of distribution system operators (DSOs). DSO “Elektrokrajina” is the largest DSO within the system of the "Elektroprivreda Republike Srpske". GPRS communication is used for data exchange between the DSO and solar power plants. Since a significant number of solar power plants are located outside urban areas, continuous monitoring of communication quality is necessary in order to enable timely response in the event of communication interruptions or degradation. In addition to monitoring RTU communication, it is also necessary to supervise the validity of measurements received from equipment installed in solar power plants, such as dataloggers and inverters. As a large distribution system operator, DSO “Elektrokrajina” operates a SCADA system in which relevant data are collected. However, the SCADA system does not provide a direct overview of the total time during which an RTU has been out of communication over a specified period.

* Siniša Runjić, sinisa.runjic@elektrokrajina.com

Therefore, it was necessary to use the SCADA system database. In order to avoid manual and time-consuming analysis, a script was developed in the "Python" programming language, with the support of artificial intelligence–based tools.

**Keywords:** SCADA, Python, AI, Solar power plant

## UVOD

Operator distributivnog sistema (ODS) „Elektrokrajina" a.d. je preduzeće koje pokriva najveće geografsko područje, 8.890 km$^2$, u odnosu na ostale operatore tj. ODS-ove u „Elektroprivredi Republike Srpske" (u daljem tekstu ERS). Uvođenjem SCADA sistema poboljšano je nadgledanje i upravljanje udaljenih transformatorskih stanica gdje nema posade, reklozera i rastavljača koji se nalaze na udaljenim lokacijama u distributivnoj mreži i elektrana koji su daljinskom sistemu upravljanja. U trenutku pisanja ovog rada u daljinskom sistemu upravljanja ODS „Elektrokrajina" a.d. Banja Luka se nalazi 378 solarnih elektrana.

## 1 SOLARNE ELEKTRANE

Solarne elektrane predstavljaju jedan od najbrže rastućih izvora energije u svijetu, a taj trend je u posljednjih nekoliko godina jasno vidljiv i u Republici Srpskoj. Razlozi za ovu ekspanziju su višestruki – od pada cijena solarnih panela i opreme, preko podsticajnih politika i regulatornih promjena, pa sve do povećane potrebe za energetskom nezavisnošću i stabilnošću sistema. Pored velikih solarnih parkova, primjetan je i rast manjih, distribuiranih sistema na krovovima industrijskih objekata, što dodatno doprinosi decentralizaciji proizvodnje električne energije. Važan faktor u ovom razvoju je i sve veća svijest o značaju obnovljivih izvora energije i smanjenju emisije štetnih gasova, što solarne elektrane čini ne samo ekonomskim, već i ekološki prihvatljivim rješenjem. Iako postoje izazovi poput integracije u elektroenergetsku mrežu i potrebe za balansiranjem proizvodnje, trend rasta jasno pokazuje da će solarna energija imati sve značajniju ulogu u energetskom sektoru Republike Srpske u narednim godinama. Prema Pravilniku [1] svaka elektrana koja ima instalisanu snagu preko 100 kW mora da ima daljinsko upravljanje i da bude u sistemu daljinskog upravljanja ERS-a. Elektrana koja je u sistemu daljinskog upravljanja potrebno je da obezbjedi daljinski prenos mjerenja struja sve tri faze, sva tri linijska napona, aktivnu snagu, reaktivnu snagu, maksimalnu aktivnu snagu elektrane, status prorade zaštite, status preklopke lokalno daljinski i status prekidača, a komande koje se prenose u realnom vremenu su: komanda uklopa/isklopa prekidača i komanda postavljanja maksimalne aktivne snage elektrane. Elektrane, koje su napravljene na teritoriji koju pokriva ODS „Elektrokrajina", se mogu naći blizu urbanih centara, ali i na veoma nepristupačnom terenu. Zbog toga je donijet konsenzus da se koristi telekomunikaciona mrežu javnog telekomunikacionog operatera za komunikaciju između SCADA servera i RTU-ova koji se nalaze u ormarima upravljanja na solarnim elektranama.

## 2 PROGRAMSKI JEZIK „PYTHON"

„Python" je programski jezik koji se posebno ističe svojom jednostavnošću i čitljivošću, zbog čega je izuzetno pogodan za osobe koje nisu profesionalni programeri, ali žele da automatizuju zadataka koji se ponavljaju. Njegova sintaksa je vrlo bliska prirodnom jeziku, što znači da se osnovne stvari mogu naučiti relativno brzo, bez potrebe za dubokim razumijevanjem kompleksnih programerskih koncepata. Upravo zato „Python" često koriste inženjeri, administratori sistema, analitičari i drugi stručnjaci koji žele da ubrzaju svoj rad pisanjem jednostavnih skripti. Na primjer, uz „Python" se lako mogu automatizovati zadaci poput obrade

„Excel“ fajlova, preimenovanja velikog broja datoteka, prikupljanja podataka sa mreže, komunikacije sa uređajima preko različitih protokola ili generisanja izvještaja. Velika prednost je i značajan broj gotovih biblioteka koje omogućavaju da se složene funkcionalnosti implementiraju uz minimalan kod – često svega nekoliko linija. Takođe, „Python“ ima veliku zajednicu korisnika, što znači da za većinu problema već postoji rješenje ili detaljno objašnjenje na internetu. Postojanje velike zajednice korisnika indirektno je uticalo na to da se asistenti zasnovani na velikim jezičkim modelima obuče da bi korisnici što tačnije dobili programski kod. Još jedna važna prednost je to što Python radi na gotovo svim operativnim sistemima bez velikih prilagođavanja, što olakšava rad sa skriptama.

## 3 SKRIPTE

Pomoću asistenta zasnovanog na velikim jezičkim modelima „Chatgpt“ napravljene su dvije skripte koje su napisane u programskom jeziku „Python“. Prva skripta radi na principu da u bazi podataka nađe tabelu u kojoj su smješteni podaci u realnom vremenu. Iz te tabele se filtriraju podaci u vezi statusa komunikacija i podaci koje ODS „Elektrokrajina“ zahtjeva da solarne elektrane prenose u realnom vremenu prema SCADA serveru (Tabela I). Ovom skriptom se jednom sedmično provjeravaju signali koji su od interesa. U slučaju da par sedmica uzastopno neki signal nije u komunikaciji ili njegova vrijednost prevazilazi zadate okvire onda se upućuje dopis investitoru ili firmi koja se bavi održavanjem te elektrane da se otklone greške koje se javljaju.

*Tabela I*– Dio tabele koja se dobija pokretanjem prve skripte

| Stanica | Polje | OpisVelicine | Vrijednost | HexStatus | OpisStatusa |
|---|---|---|---|---|---|
| MSE Agrokombinat | N01 MSE Agrokombinat | LINIJSKI NAPON UL12 | 409.2 | 0x0 | |
| MSE Agrokombinat | N01 MSE Agrokombinat | LINIJSKI NAPON UL23 | 410.4 | 0x0 | |
| MSE Agrokombinat | N01 MSE Agrokombinat | LINIJSKI NAPON UL31 | 407.44 | 0x0 | |
| MSE Agrokombinat | N01 MSE Agrokombinat | AKTIVNA SNAGA | 159.36 | 0x0 | |
| MSE Agrokombinat | N01 MSE Agrokombinat | REAKTIVNA SNAGA | 0 | 0x0 | |
| MSE Agrokombinat | N01 MSE Agrokombinat | MAKSIMALNA AKTIVNA SNAGA ELEKTRANE | 962 | 0x8000 | vrednost van granica alarma |
| MSE Agrokombinat | N01 MSE Agrokombinat | PREKIDAČ | 1 | 0x8200 | promenjena vrednost, nepotvrdjen prolazak alarma |
| MSE Agrokombinat | O00 Opšti | REAKTIVNA SNAGA | -0.44 | 0x0 | |
| MSE Agrokombinat | O00 Opšti | KOMUNIKACIJA SA UREĐAJEM | 0 | 0x200 | promenjena vrednost |
| MSE Air Point | N01 MSE Air Point 1 | PREKIDAČ | 1 | 0x8200 | promenjena vrednost, nepotvrdjen prolazak alarma |
| MSE Arke 2000 | O00 Opšti | KOMUNIKACIJA SA UREĐAJEM | 1 | 0x200 | promenjena vrednost |
| MSE BranelFin | N12 MSE BranelFin 12 | PREKIDAČ | 2 | 0x20000301 | alarm, dvobitna velicina u stanju |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | greske, promenjena vrednost, kvalitet van komunikacije daljinski |

U trenutku pisanja ovog rada broj mjerenja koje solarne elektrane prosljeđuju SCADA serveru je 3456.

Druga sripta služi da se na određenom intervalu odredi postotak mjerenja koja su „null“, odnosno mjerenja koja nisu prenjeta u realnom vremenu prema SCADA serveru od RTU-ova. U istom „Excel“ fajlu se napravi novi list za te solarne elektrane i u njega se pohrane svi intervali od kada su mjerenja „null“ na tim istim elektranama (Tabela II).

*Tabela II* – Dio tabele koja se dobija pokretanjem druge skripte

| Stanica | Polje | Opis | procenat_null | Vrijeme_pocetka | Vrijeme_kraja |
|---|---|---|---|---|---|
| MSE Draksenic | N02 MSE Draksenic 2 | LINIJSKI NAPON UL31 | 100 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Draksenic | N02 MSE Draksenic 2 | LINIJSKI NAPON UL23 | 100 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Draksenic | N02 MSE Draksenic 2 | LINIJSKI NAPON UL12 | 100 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Draksenic | N02 MSE Draksenic 2 | AKTIVNA SNAGA | 100 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Medna Solar | N01 MSE Medna Solar 1 | REAKTIVNA SNAGA | 10.56 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Medna Solar | N01 MSE Medna Solar 1 | LINIJSKI NAPON UL31 | 10.56 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Medna Solar | N01 MSE Medna Solar 1 | LINIJSKI NAPON UL23 | 10.56 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Medna Solar | N01 MSE Medna Solar 1 | LINIJSKI NAPON UL12 | 10.56 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Medna Solar | N01 MSE Medna Solar 1 | AKTIVNA SNAGA | 10.56 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Medna Solar | N01 MSE Medna Solar 1 | REAKTIVNA SNAGA | 10.56 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | REAKTIVNA SNAGA | 56.53 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | MAKSIMALNA AKTIVNA SNAGA ELEKTRANE | 52.04 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 52.04 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | LINIJSKI NAPON UL12 | 35.58 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | LINIJSKI NAPON UL23 | 35.49 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | LINIJSKI NAPON UL31 | 35.49 | 2026-07-01 00:00:00 | 2026-07-13 23:55:00 |

## 4 PRIMJERI

Iz Tabele I se primjeti da elektrana MSE Arke 2000 nije u komunikaciji tako da ne postoji prosljeđivanje podataka sa solarne elektrane do SCADA servera ODS-a. Takođe se primjeti da je status prekidača na solarnoj elektrani „MSE BranelFIn 12“ u statusu greške i da ne postoji prosljeđivanje tog signala između servera SCADE i RTU-a koji se nalazi na toj elektrani.

U Tabeli II se može primjetiti da u solarnoj elektrani „MSE Polje 1“ za različita mjerenja inverter ne prosljeđuje mjerenja RTU-u. Inverter kada je noć prelazi u tzv. režim spavanja. Kada je u tzv.režimu spavanja i kada nema ažuriranja registara inverter neće prosljeđivati mjerenje RTU-u. Zbog toga je potrebno da se detaljno pogleda tabela koja pokazuje na kojim pentaestominutnim intervalima nema mjerenja aktivne snage u bazi podataka (Tabela III). Može se zaključiti da iako je postotak mjerenja u bazi podataka „null“ elektrana „MSE Polje 1“ adekvatno šalje podatke i nije potrebno da se traži intervencija.

*Tabela III*– Aktivna snaga solarne elektrane MSE Polje 1 za 03.07.2026

| Stanica | Polje | Opis | Datum | Poc_petnaest_inter |
|---|---|---|---|---|
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 00:00:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 00:15:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 00:30:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 00:45:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 01:00:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 01:15:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 01:30:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 01:45:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 02:00:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 02:15:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 19:45:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 20:00:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 20:15:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 20:30:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 20:45:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 21:00:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 21:15:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 21:30:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 21:45:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 22:00:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 22:15:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 22:30:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 22:45:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 23:00:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 23:15:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 23:30:00 |
| MSE Polje | N01 MSE Polje 1 | AKTIVNA SNAGA | 03-07-2026 | 23:45:00 |

## 5 ZAKLJUČAK

Intenzivan razvoj distribuiranih izvora električne energije, a posebno solarnih elektrana, značajno mijenja način upravljanja elektroenergetskim sistemom. Sve veći broj proizvodnih jedinica priključenih na distributivnu mrežu zahtijeva kontinuirano praćenje njihovog rada, kao

i pravovremeno prikupljanje i obradu validnih podataka. Tačne i ažurne informacije predstavljaju osnovu za donošenje kvalitetnih operativnih odluka, omogućavaju blagovremenu reakciju operatora distributivnog sistema i doprinose sprečavanju poremećaja koji mogu dovesti do havarijskih stanja ili ugrožavanja stabilnosti elektroenergetske mreže.

Da bi se osigurala visoka pouzdanost prikupljenih podataka, neophodno je kontinuirano provjeravati kvalitet komunikacionih veza i ispravnost telemetrijskih podataka koji se razmjenjuju između solarnih elektrana i SCADA sistema. Pravovremeno otkrivanje neispravnih, nepotpunih ili nekonzistentnih podataka omogućava brzo otklanjanje problema i povećava pouzdanost nadzora nad proizvodnim objektima.

Pored poznavanja komunikacionih protokola i sistema za nadzor i upravljanje, pravilna interpretacija prikupljenih podataka zahtijeva i dobro razumijevanje rada invertera koji su ugrađeni u solarnim elektranama. Različiti proizvođači i modeli invertera mogu koristiti različite načine predstavljanja mjerenih veličina, statuse rada, alarmne signale i dijagnostičke informacije. Zbog toga je poznavanje njihovih karakteristika od velikog značaja za pravilnu analizu podataka i donošenje odgovarajućih zaključaka.

Veliki broj solarnih elektrana koje se nalaze u eksploataciji čini ručnu analizu podataka vremenski zahtjevnom i podložnom ljudskim greškama. Iz tog razloga razvoj automatizovanih skripti za obradu, filtriranje i analizu podataka predstavlja efikasan način povećanja produktivnosti i kvaliteta rada. Automatizacija omogućava brže otkrivanje nepravilnosti, standardizaciju postupaka analize i značajno smanjuje mogućnost nastanka grešaka koje su posljedica manuelne obrade velikih količina podataka.

U razvoju ovakvih rješenja značajnu ulogu imaju asistenti zasnovani na velikim jezičkim modelima. Njihova primjena omogućava bržu izradu programskih skripti, jednostavnije pronalaženje odgovarajućih programskih rješenja i efikasnije otklanjanje grešaka tokom razvoja softvera. Time se značajno skraćuje vrijeme potrebno za učenje programskih jezika, razvoj funkcionalnih alata i njihovo testiranje. Međutim, rezultate koje generišu ovakvi asistenti potrebno je stručno analizirati i verifikovati prije njihove primjene u realnim elektroenergetskim sistemima, kako bi se osigurala njihova tačnost, pouzdanost i usklađenost sa zahtjevima sistema.

Može se zaključiti da kombinacija kvalitetnog SCADA nadzora, automatizovane obrade podataka, poznavanja rada invertera i primjene savremenih alata zasnovanih na vještačkoj inteligenciji predstavlja značajan korak ka efikasnijem upravljanju distribuiranim izvorima električne energije. Takav pristup doprinosi povećanju pouzdanosti elektroenergetskog sistema, smanjenju vremena potrebnog za analizu podataka i omogućava operatorima da pravovremeno donose odluke zasnovane na pouzdanim informacijama.

## LITERATURA

[1] „Pravilnik o uslovima za priključenje elektrana na elektrodistributivnu mrežu Republike Srpske“, Mješoviti holding „Elektroprivreda Republike Srpske“, mart 2014