

## TELEKOMUNIKACIONI SISTEM ZA POTREBE DALJINSKOG UPRAVLJANJA SREDNENAPONSKOM DISTRIBUTIVNOM MREŽOM ED RUMA

### TELECOMMUNICATION SYSTEM FOR REMOTE CONTROL OF MEDIUM VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORK ED RUMA

Đorđe VLADISAVLJEVIĆ, ODS „Elektrodistribucija Srbije“, Novi Sad, Srbija  
Slavko DUBAČKIĆ, ODS „Elektrodistribucija Srbije“, Novi Sad, Srbija  
Aleksandar BOŠKOVIĆ, ODS „Elektrodistribucija Srbije“, Novi Sad, Srbija

#### KRATAK SADRŽAJ

Telekomunikacioni sistem za prenos podataka u okviru sistema za daljinsko upravljanje srednjenaponskom distributivnom mrežom ED Ruma omogućava efikasan i pouzdan prenos informacija između centra upravljanja i elektroenergetskih objekata različitog tipa. Za realizaciju ovog sistema koristi se digitalni paketni radio koji radi u UHF frekventnom opsegu. Ova radio oprema je dizajnirana prevashodno za prenos podataka, što eliminiše potrebu za dodatnom opremom poput modema ili konvertora protokola. Sistem se sastoji od dve bazne radio stanice i jednog repetitora. Bazne radio stanice su povezane sa SCADA serverom preko postojeće širokopolasne mreže Elektrodistribucije Srbije. Periferne radio stanice se nalaze u ormaru daljinske stanice i povezane su putem serijskog ili Ethernet porta, u zavisnosti od tipa daljinske stanice.

**Ključne reči:** prenos podataka, daljinsko upravljanje, digitalni paketni radio

#### ABSTRACT

Telecommunications system for data transmission within the remote control system of the medium-voltage distribution network of ED Ruma enables efficient and reliable data transfer between the control center and various types of power facilities. To implement this system, a digital packet radio operating in the UHF frequency range is used. This radio equipment is primarily designed for data transmission, eliminating the need for additional equipment such as modems or protocol converters. The system consists of two base radio stations and one repeater. Base radio stations are connected to the SCADA server via the existing broadband network of Elektrodistribucija Srbije. Remote radio stations are located in the cabinet of the remote station and are connected via serial or Ethernet port, depending on the type of remote station

**Key words:** data transmission, remote control, digital packet radio

Đorđe Vladislavljević, djordje.vladislavljevic@ods.rs  
Slavko Dubačkić, slavko.dubackic@ods.rs  
Aleksandar Bošković, aleksandar.boskovic@ods.rs

#### 1. UVOD

U 2020. godini, na konzumnom području Elektrodistribucije Ruma (ED Ruma), uveden je sistem za daljinski nadzor i upravljanje energetskim objektima (EEO) u srednjenaponskoj (SN) elektrodistributivnoj mreži. Ovaj sistem obuhvata ukupno 50 daljinski upravljivih EEO, od kojih su 15 trafo-stanica i 35 reklozera. Implementirani telekomunikacioni (TK) sistem omogućava povezivanje svih daljinski upravljivih EEO sa centrom upravljanja u Područnom dispečerskom centru Ruma (PDC Ruma).

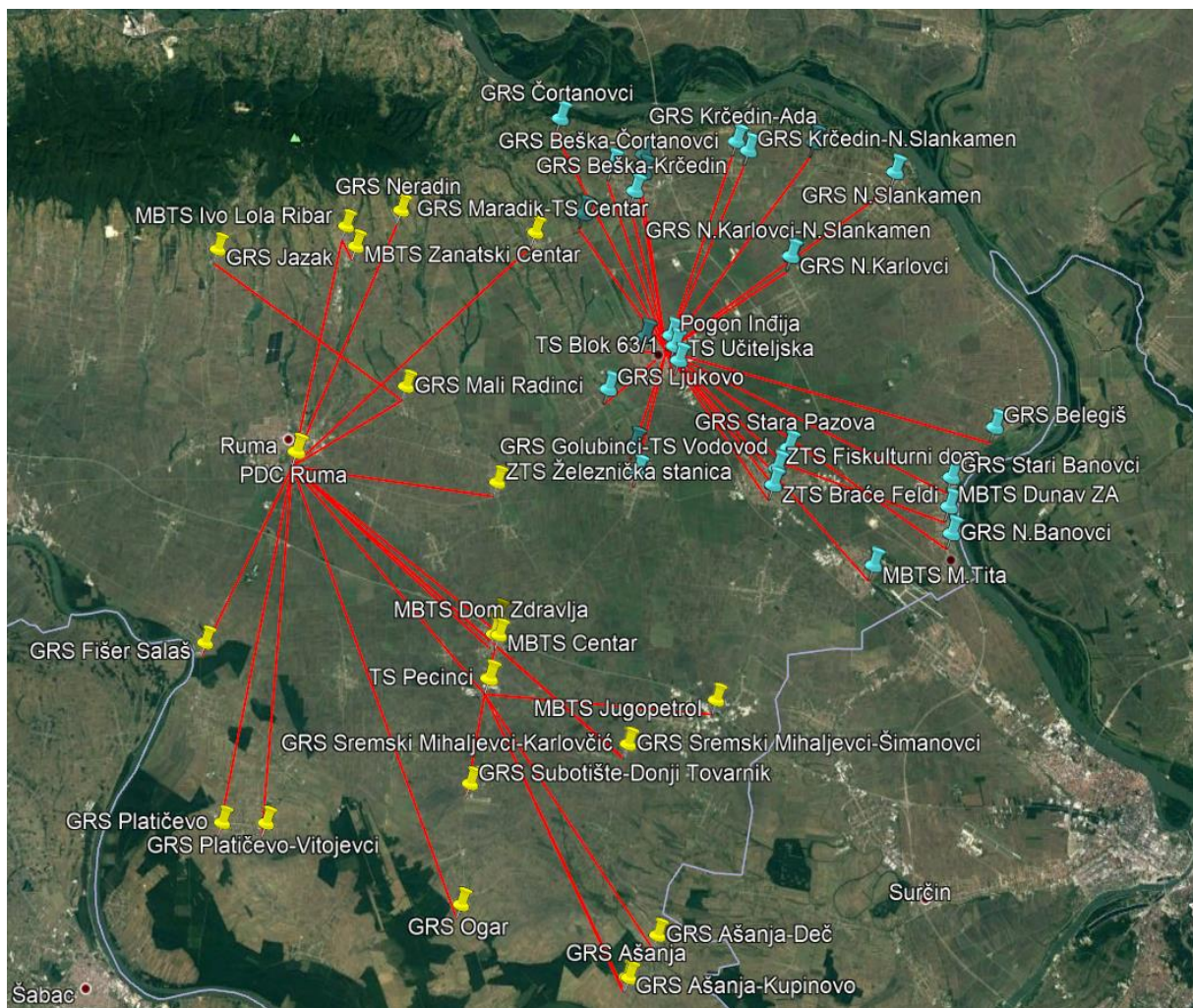
## 2. KONCEPCIJA TK SISTEMA

Telekomunikacioni (TK) sistem korišćen za daljinski nadzor i upravljanje EEO u SN mreži ED Ruma sastoji se od dva nezavisna TK podsistema koji su povezani preko postojeće mrežne infrastrukture Elektrodistribucije Srbije (Slika 1).

Prvi TK podsistem čini bazna radio stanica smeštena na lokaciji PDC Ruma, repetitor na lokaciji TS 110/x kV/kV Pećinci i periferne radio stanice smeštene na EEO, koje direktno komuniciraju sa SCADA serverom preko navedene bazne radio stanice.

Drugi TK podsistem obuhvata baznu radio stanicu na lokaciji Pogona Indija i periferne radio stanice smeštene na EEO, koje komuniciraju sa SCADA serverom preko navedene bazne radio stanice.

Veza između ova dva TK podsistema je redundantna, jer je povezivanje lokacija PDC Ruma i Pogona Indija realizovano putem sopstvenog širokopojasnog radio linka i iznajmljenog digitalnog voda Telekoma Srbije (glavni i rezervni prenosni put).



Slika 1 - Lokacije radio stanica

## 3. TEHNIČKO REŠENJE

U TK sistem za daljinski nadzor i upravljanje EEO u SN mreži ED Ruma uključeno je ukupno 50 objekata, od kojih je 15 trafo stanica i 35 reklozera. Za izgradnju ovog sistema korišćen je paketni radio koji radi u UHF frekventnom opsegu. Ova vrsta opreme je prevashodno dizajnirana za prenos podataka i poseduje kako serijski, tako i Ethernet priključak za povezivanje sa daljinskom stanicom ili reklozerom, što eliminiše potrebu za dodatnom opremom poput modema ili konvertora protokola [1].

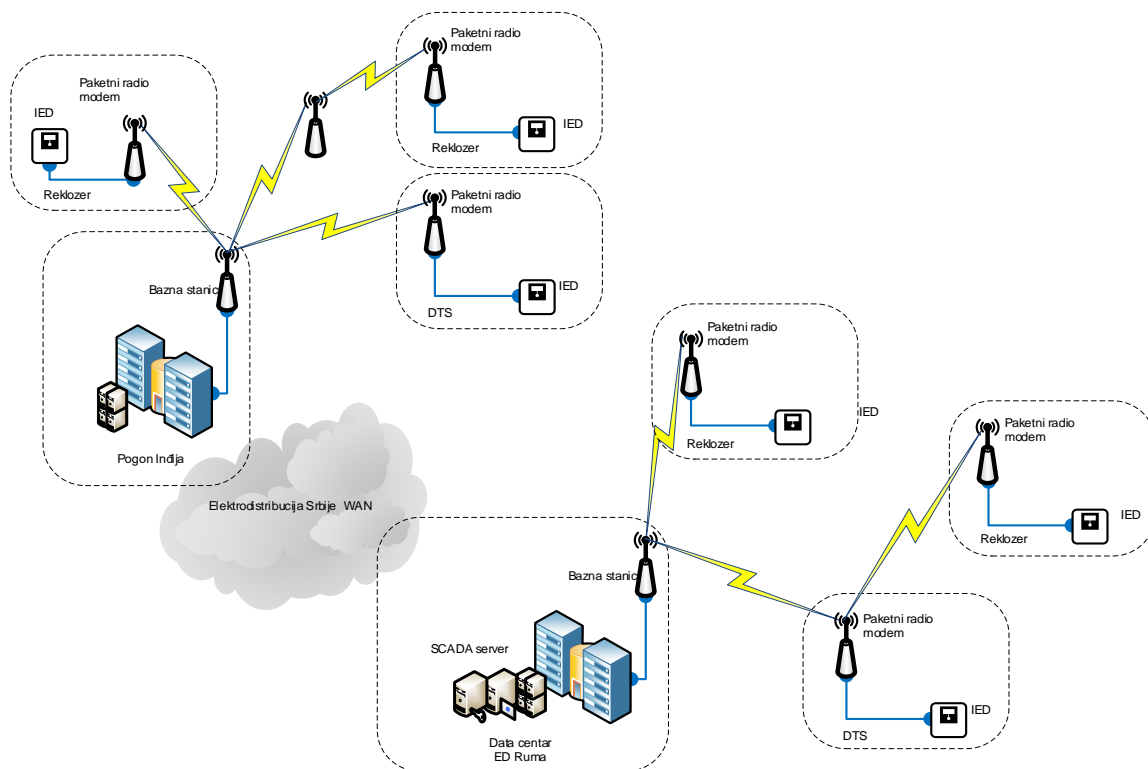
TK sistem radi u modu komunikacije “on event”, što znači da se aktivira registrovanjem unapred definisanih događaja od strane daljinske stanice u EEO u kojoj je instaliran. Osim toga, podržava i ciklično prozivanje upravljivih EEO od strane centra upravljanja u vremenski podesivim intervalima (npr. radi detekcije prekida komunikacije sa upravljanim objektima), kao i prozivanje na zahtev. Brzina prenosa podataka između dve tačke je od 16 kbps do 56 kbps pri širini kanala od 25 kHz. Komunikacija daljinskih stanica sa SCADA sistemom u centru upravljanja se odvija po standardnom protokolu DNP 3.0, koji se koristi za prenos telemetrijskih i upravljačkih poruka ka udaljenom centru upravljanja.

Ovaj TK sistem se zasniva na dve bazne radio stanice koje su međusobno povezane preko postojeće TK infrastrukture, jednoj repetitorskoj radio stanici i 50 perifernih radio stanica. Sve radio stanice u sistemu su istog tipa, s jedinom razlikom u načinu podešavanja i tipu instalirane antene.

Na lokacijama PDC Ruma i Pogona Inđija instalirane su bazne radio stanice koje su međusobno povezane preko postojeće mrežne TK infrastrukture Elektrodistribucije Srbije [2]. Ovim se povećava brzina odziva i smanjuje kašnjenje prilikom komunikacije sa udaljenim tačkama.

Bazne radio stanice rade na različitim frekvencijama, što smanjuje mogućnost interferencije i izbegava koliziju između radio stanica u različitim podsistemima. Kolizija može nastati samo između tačaka koje rade u istom podsistemu, ali dobra strana ovog tipa TK sistema je efikasan mehanizam rešavanja problema kolizije implementiran u komunikacionom protokolu paketnog radija.

Jedna od prednosti ovakvog sistema je lako proširenje jer se za povezivanje velikog broja EEO koriste već postavljene bazna i repetitorske stanice.



Slika 2 - Principijelna šema veze

### 3.1 Konfigurisanje TK opreme

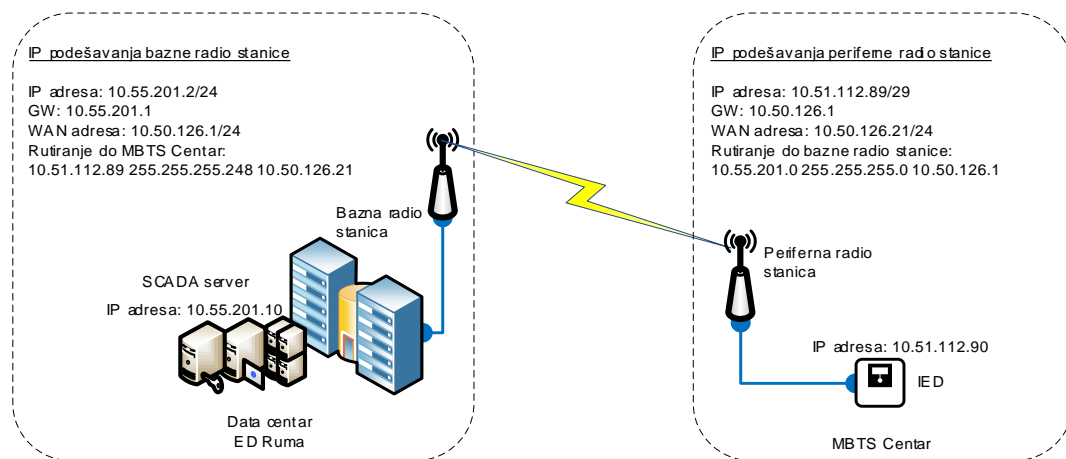
TK sistem funkcioniše na UHF frekvencijama u licenciranom frekventnom opsegu, koristeći dva različita simpleksna UHF kanala širine 25 kHz. Minimalna brzina prenosa podataka u čitavom sistemu je 16 kbps, sa mogućnošću veće brzine prenosa podataka u zavisnosti od jačine signala na određenoj lokaciji. TK oprema je konfigurisana tako da prvenstveno obezbedi brz odziv, pouzdanu i bezbednu vezu sa EEO, a tek onda pokušava da ostvari veće brzine prenosa podataka.

Paketni digitalni radio korišćen u sistemu omogućava “point to point” i “point to multipoint” komunikaciju, što je posebno korisno kada se koriste repetitori. Implementirane su i funkcije testiranja kvaliteta ostvarene veze (test brzine odziva) i merenja nivoa radio signala za svaku perifernu lokaciju.

Za svaku perifernu lokaciju u sistemu omogućen je direktni pristup iz mreže Elektrodistribucije Srbije, kao i daljinska promena i provera pojedinih parametara, što značajno olakšava održavanje i dijagnostifikovanje potencijalnih problema u radu TK opreme [2].

IP adresiranje je bitan segment ovakvih sistema, pri čemu je svaki uređaj u sistemu IP uređaj i dobija dve IP adrese. Jedna IP adresa je adresa LAN mreže u kojoj se nalazi i daljinska stanica, dok je druga IP adresa WAN adresa paketnog radija u radio mreži. Svaki paketni digitalni radio je ujedno i ruter koji na L3 nivou razdvaja saobraćaj na samom reklozeru i radio delu ka baznoj stanici. Svaka bazna stanica takođe funkcioniše kao ruter koji na L3 nivou razdvaja saobraćaj u LAN-u od saobraćaja u radio delu. Pored toga, paketni radio vrši funkciju rutiranja od LAN-a u data centru do reklozera.

Pravilno adresiranje, uz korišćenje jedinstvenog adresnog plana, omogućava pristup svakom pojedinačnom IED-u ne samo od strane servera u sedištu Ogranka, već i iz celog sistema Elektrodistribucije Srbije. Ovo omogućava pristup konfiguraciji i podešavanju sistema sa udaljenih lokacija [3]. Takođe, u slučaju koncentracije servera za ovu namenu na jednom mestu u sedištu distributivnog područja, neće biti potrebno menjati konfiguraciju IED-ova.



Slika 3 - Primer TK veze sa jednim EEO

### 3.2 Smeštaj i napajanje TK opreme

TK oprema na centralnim lokacijama (PDC Ruma i Pogon Indija) smeštena je u posebnu TK prostoriju, sa napajanjem obezbeđenim iz postojećeg izvora besprekidnog napajanja.

Na repetitorskoj tački, TK oprema je smeštena u poseban ormarić na čelično-rešetkastom stubu i napaja se preko sopstvenog uređaja za besprekidno napajanje koje obezbeđuje autonomiju od minimalno 8 sati rada.

Periferna TK oprema je smeštena u okviru ormara daljinske stanice unutar EEO (Slika 4) ili u ormaru reklozera (Slika 5), sa besprekidnim napajanjem obezbeđenim preko zajedničkog izvora u okviru daljinske stanice.

TK oprema koja se koristi u ovom TK podsystemu nije zahtevna u pogledu napajanja i ne očekuje se da će imati problema sa napajanjem u daljoj eksploataciji. Paketni radio koji je korišćen za izgradnju ovog TK sistema podržava širok opseg napona za napajanje (10-30 VDC).





Slika 4 - TK oprema na trafo-stanici



Slika 5 - TK oprema na reklozeru

#### 4. NADZOR I PRAĆENJE PARAMETARA RADIO UREĐAJA I KVALITETA RADIO VEZE

Za radio uređaje koji se koriste u opisanoj TK mreži omogućen je pregled kritičnih radio parametara prilikom pristupa samom uređaju [4]. Očitavanje konfiguracije i ostalih parametara radio uređaja moguće je izvršiti pristupom preko web pregledača ili korišćenjem specijalizovanog proizvođačkog softvera (Slika 6). Ova opcija se najčešće koristi prilikom prvog puštanja u rad, kao i kasnije ukoliko se javi potreba za dodatnom proverom kvaliteta veze do određene tačke.

Alarms Reset Alarms Save Alarms Refresh Off

ID	ALARM	STATE	CURRENT VALUE	WARNING THRESHOLD	CRITICAL THRESHOLD	HYSTERESIS
50	Global Alarm	●		active	active	
100	Frequency Offset	●	50Hz	-1000Hz, 1000Hz	N/A	50Hz
110	Received Signal Strength Indication (RSSI)	●	-64.7dBm	-120dBm, -50dBm	N/A	4.0dBm
120	VSWR	●	1.4:1	1.5:1	3.0:1	
130	Tx Power	●	39.7dBm	N/A	38.0dBm, 42.0dBm	1.0dBm
140	DC Supply	●	11.9V	11.0V, 28.0V	10.0V, 30.0V	0.3V
150	Temperature	●	31.7 (Deg C)	-10, 70 (Deg C)	-40, 81 (Deg C)	1 (Deg C)
160	Ethernet Link	○		disabled	N/A	
170	PLL Lock	●		N/A	active	
190	Operational	●		N/A	active	
230	Certificate Health	○		disabled	N/A	
240	Directory Server Synchronization	○		disabled	N/A	

○ Disabled ● Normal ● Recovered ● Warning ● Critical

Slika 6 - Pregled bitnih parametara radio uređaja

Za svaku baznu radio stanicu u sistemu omogućen je prikaz kritičnih radio parametara svih perifernih radio stanica sa kojima komunicira (Slika 7).

Network List Save Refresh Off

Rem IP Address	Remote Radio Name	Serial Number	Last Pkt Rx (min)	Last Pkt Rx (date/time)	Tx Data Rate	Rx Rtry Rate (%)	Tx Disc Rate (%)	Rx Dupl Disc Rate (%)	Rx Data Rate	RSSI (dBm)	RSSI avg (dBm)	SNR (dB)	Freq Off (Hz)	Rx Cb Util (%)	Tx Thpt	Rx Thpt	Rem Tx Rtry Rate (%)	Rem Tx Disc Rate (%)	Rem RSSI (dBm)	Rem RSSI avg (dBm)	Rem Dyn Mute Level (dBm)	Rem SNR (dB)	Rem Freq Off (Hz)	Rem Sup Volt (V)	Rem Fwd Pwr (dBm)	Rem VSWR	Rem Set Pwr (dBm)	Rem Temp (C)	Rem Temp (F)	Rx Cx (%)
10.50.126.28	MBTS Zanatski centar	737758	1	17/05/1970 11:57:53	14.0	38.1	18.8	0.0	14.0	-91	-90	11	73	0.1	0	4	0.0	0.0	-96	-96	-110	31	-75	13.5	39.6	1.5:1	40.0	45.1	113.2	0
10.50.126.21	MBTS Centar	737709	1	17/05/1970 11:59:44	14.0	14.3	0.0	0.0	14.0	-94	-94	28	-107	0.7	0	34	0.0	0.0	-93	-93	-105	24	103	13.5	39.9	1.1:1	40.0	50.4	122.7	0
10.50.126.10	Fiser satas	737862	1	17/05/1970 11:57:47	14.0	4.7	0.8	0.4	14.0	-81	-83	41	11	0.1	8	6	0.0	0.0	-81	-81	-110	40	17	13.6	39.7	1.2:1	40.0	39.7	103.5	0
10.50.126.31	NIS Jazak	739552	1	17/05/1970 11:59:33	14.0	3.8	0.5	2.0	14.0	-90	-90	33	179	2.8	72	159	23.6	4.3	-90	-90	-110	33	-183	13.4	39.7	1.1:1	40.0	45.9	114.6	6
10.50.126.20	MBTS Dom Zdravlja	737864	1	17/05/1970 11:59:45	14.0	2.2	0.8	0.0	14.0	-83	-83	38	-23	0.5	18	25	6.3	0.7	-84	-84	-100	38	20	13.5	39.8	1.3:1	40.0	52.8	127.0	0
10.50.126.25	GRS Mali Radnici	741389	1	17/05/1970 11:59:28	14.0	1.4	0.5	0.0	28.0	-78	-78	44	-71	0.5	35	49	10.8	1.2	-79	-78	-110	43	135	13.5	39.8	1.4:1	40.0	39.2	102.6	0
10.50.126.12	GRS Platicevo - Vitevac	731991	2	17/05/1970 11:57:16	14.0	1.4	0.4	0.0	14.0	-74	-74	48	-1581	0.1	3	3	0.0	0.0	-74	-75	-110	42	1762	13.1	39.8	1.7:1	40.0	39.7	103.5	0
10.50.126.19	S.Mihaljovac Simanovci	741381	1	17/05/1970 11:59:08	14.0	0.6	0.0	0.0	14.0	-68	-69	55	-110	0.0	1	2	0.0	0.0	-67	-68	-108	52	107	13.4	39.3	1.6:1	40.0	38.6	101.5	0
10.50.126.11	GRS Platicevo	737737	3	17/05/1970 11:56:39	14.0	0.5	0.0	0.0	14.0	-82	-82	40	-46	0.0	2	2	4.4	0.0	-82	-82	-110	30	43	13.5	39.6	1.3:1	40.0	39.3	102.7	0
10.50.126.27	GRS Neradin	737779	2	17/05/1970 11:56:50	14.0	0.4	0.0	0.0	14.0	-76	-75	45	-84	0.0	2	1	0.0	0.0	-76	-76	-100	47	83	13.1	40.0	1.2:1	40.0	41.6	106.9	0
10.50.126.24	ZTS Zelenicka Stanica	737616	1	17/05/1970 11:59:41	14.0	0.4	0.0	0.0	14.0	-73	-73	39	1	0.1	2	4	0.0	0.0	-74	-74	-100	49	-4	13.3	39.8	1.6:1	40.0	48.8	119.8	1

Slika 7 - Pregled bitnih parametara radio mreže

#### 5. ZAKLJUČAK

Prednosti paketnog digitalnog radija obuhvataju korišćenje licenciranog frekventnog opsega, velike zone pokrivanja i otpornost na uticaj atmosferskih padavina. Iako postoji nešto manja brzina prenosa podataka, u slučaju TK podsistema za potrebe daljinskog upravljanja SN distributivnom mrežom, ove brzine obično zadovoljavaju većinu potreba.

Korišćenje paketnog digitalnog radija za automatizaciju SN distributivne mreže se, zbog svojih karakteristika, nameće kao optimalno rešenje, naročito u slučaju kada se u okviru jednog TK sistema napravi više manjih podsistema, koji se međusobno povežu širokopojasnim vezama. Na taj način se postiže veća brzina odziva i smanjuje kašnjenja prilikom komunikacije sa udaljenim tačkama.

Paketni radio korišćen u opisanom TK sistemu poseduje i serijski i Ethernet priključak za povezivanje sa daljinskom stanicom ili reklozerom, čime je eliminisana potreba za korišćenjem dodatnih modema ili konvertora protokola. Korišćenjem ovakve TK opreme, različiti tipovi EEO mogu se lako povezati u isti sistem.

IP adrese su raspoređene na način koji olakšava uvođenje novih EEO u sistem daljinskog upravljanja, jednostavnu administraciju i podešavanje parametara opreme sa udaljenih lokacija, kao i pojednostavljenje buduće migracije na sistem sa serverima u sedištu distributivnog područja.

Radio uređaji koji se koriste u opisanoj TK mreži imaju mogućnost dijagnostike, odnosno praćenja parametara radio uređaja i kvaliteta radio veze. Redovnim praćenjem ovih parametara povećava se efikasnost održavanja,

smanjuje se vreme potrebno za lociranje, dijagnostikovanje i otklanjanje kvara, čime se povećava pouzdanost celokupnog sistema za daljinsko upravljanje srednjenaponskim EEO.

## LITERATURA

- [1] Roaming networks, Glavni telekomunikacioni projekat sistema daljinskog upravljanja srednjenaponskom mrežom, Ogranak Elektrodistribucija Ruma, Beograd, 2019.
- [2] Dubačkić S., Bošković A., Telekomunikaciona infrastruktura za potrebe distributivnog elektroenergetskog sistema, IX međunarodni forum o čistim energetske tehnologijama “Energetski horizont Srbije 2020”, str. 65, 29-30.9.2015, Novi Sad.
- [3] Vladislavljević Đ., Dubačkić S., Bošković A., Digitalni sistemi radio-veza u funkciji sistema daljinskog upravljanja srednjenaponskom distributivnom mrežom, Nacionalni komitet CIRED Srbija, 11. Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije sa regionalnim učešćem – CIRED, 24-28.9.2016, Kopaonik.
- [4] Vladislavljević Đ., Šejat P., Nadzor i praćenje parametara radio uređaja i kvaliteta radio veze bazirane na korišćenju digitalnog paketnog radija, Nacionalni komitet CIRED Srbija, 13. Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije sa regionalnim učešćem – CIRED, 12-16.9.2022, Kopaonik.