

Dejan Šteković
HEP - ODS SEKTOR ZA VOĐENJE SUSTAVA
Služba za procesne sustave i telekomunikacije
Odjel za procesne sustave i telekomunikacije Istok
dejan.stekovic@hep.hr

Josip Jozinović
HEP - ODS SEKTOR ZA VOĐENJE SUSTAVA
Služba za procesne sustave i telekomunikacije
Odjel za procesne sustave i telekomunikacije Istok
josip.jozinovic@hep.hr

KOMUNIKACIJSKO POVEZIVANJE SN OBJEKATA – PRIMJERI NA PODRUČJU ELEKTRE VINKOVCI

SAŽETAK

Početkom 2010. godine revitaliziran je SCADA sustav Elektre Vinkovci, koji je omogućio korištenje novih naprednih komunikacijskih tehnologija u području prijenosa podataka s udaljenih lokacija do dispečerskog upravljačkog centra (DUC). U referatu je opisan način komunikacijskog povezivanja SN objekata s DUC-om koristeći uređaje Wi-Fi bežične komunikacijske tehnologije, GPRS modem, digitalni UHF modem, radijski TETRA modem i industrijske ethernet preklopnike za optiku. Komunikacijsko povezivanje SN objekata s DUC-om putem TETRA radijske komunikacije obavlja se standardom IEC61870-5-101, dok se putem Wi-Fi, GPRS, optike ili radijske komunikacije koristi standard IEC61870-5-104.

Ključne riječi: SCADA, DUC, Wi-Fi ruter, GPRS modem, TETRA modem, UHF radijski digitalni modem, industrijski ethernet preklopnik.

COMMUNICATION INTERCONNECTION OF SN OBJECTS – EXAMPLES IN THE AREA OF ELEKTRA VINKOVCI

SUMMARY

At the beginning of 2010, Elektra Vinkovci SCADA system was revitalized, enabling the use of new advanced communication technologies in the field of data transfer from remote locations to dispatch centre (DUC). The report describes how to connect SN facilities with DUC using Wi-Fi wireless communication technology devices, GPRS modems, digital UHF modems, radio TETRA modems and industrial Ethernet switches for optics. The communication linkage of SN facilities with DUC via TETRA radio communication is carried out in accordance with IEC61870-5-101 standard, however, the usage of Wi-Fi, GPRS, optical or radio UHF communication, the standard IEC61870-5-104 is required accordingly.

Key words: SCADA, DUC, Wi-Fi router, GPRS modem, TETRA modem, UHF radio digital modem, industrial ethernet switch.

1. UVOD

Tijekom 2010. godine obavljen je posao revitalizacije sustava za daljinsko vođenje (skr. SDV) Elektre Vinkovci, kojim je dotadašnji SCADA sustav zamijenjen s Network manager SCADA sustavom proizvođača ABB. Uvođenjem novog sustava za SDV omogućeno je korištenje naprednih komunikacijskih tehnologija za povezivanje objekata po dubini SN mreže. Koncem 2010. godine koristeći prvi Wi-Fi link na 2,4GHz omogućeno je komunikacijsko povezivanje susretnog postrojenja KRS 10/0,4kV Slatina sa SCADA sustavom Elektre Vinkovci. Na taj način je Elektra Vinkovci izvršila komunikacijsko povezivanje prve Bioplinske elektrane od 1MW u Republici Hrvatskoj. Koristeći GPRS tehnologiju za prijenos podataka tj. signala prorade kvara na kabelskoj mreži putem GPRS modema, došlo se na ideju da se susretna postrojenja uvedu u SCADA sustav putem spomenute tehnologiju. Koristeći TETRA radijski sustav na području Slavonije i Baranje povezano je ukupno 16 objekata Elektre Vinkovci, trafostanice 10(20)/0,4kV i daljinsko upravljive rastavne sklopke. Elektra Vinkovci na svom području od ukupno 20 postrojenja 35/10(20)kV ima komunikacijski na vlastitoj svjetlovodnoj infrastrukturi povezano 18 s tendencijom povezivanja do konca 2018. godine i preostala dva postrojenja TS 35/10(20)kV Vinkovci 3 i TS 35/10(20)kV Babina Greda.

2. Primjeri komunikacijskog povezivanja SN objekata

Kako je u uvodu i napomenuto, revitalizacija SDV sustava Elektre Vinkovci doprinijela je otvaranju mogućnosti korištenja naprednih komunikacijskih tehnologija u povezivanju lokacija s opremom daljinskog vođenja u SCADA sustav Elektre Vinkovci. Slijedom toga u sljedećim potpoglavljima prikazano je nekoliko načina komunikacijskog povezivanja korištenjem Wi-Fi, GPRS, digitalne modeme na UHF radijskoj mreži, digitalne modeme u TETRA standardu, te opremu za komunikacijsko povezivanje putem svjetlovoda.

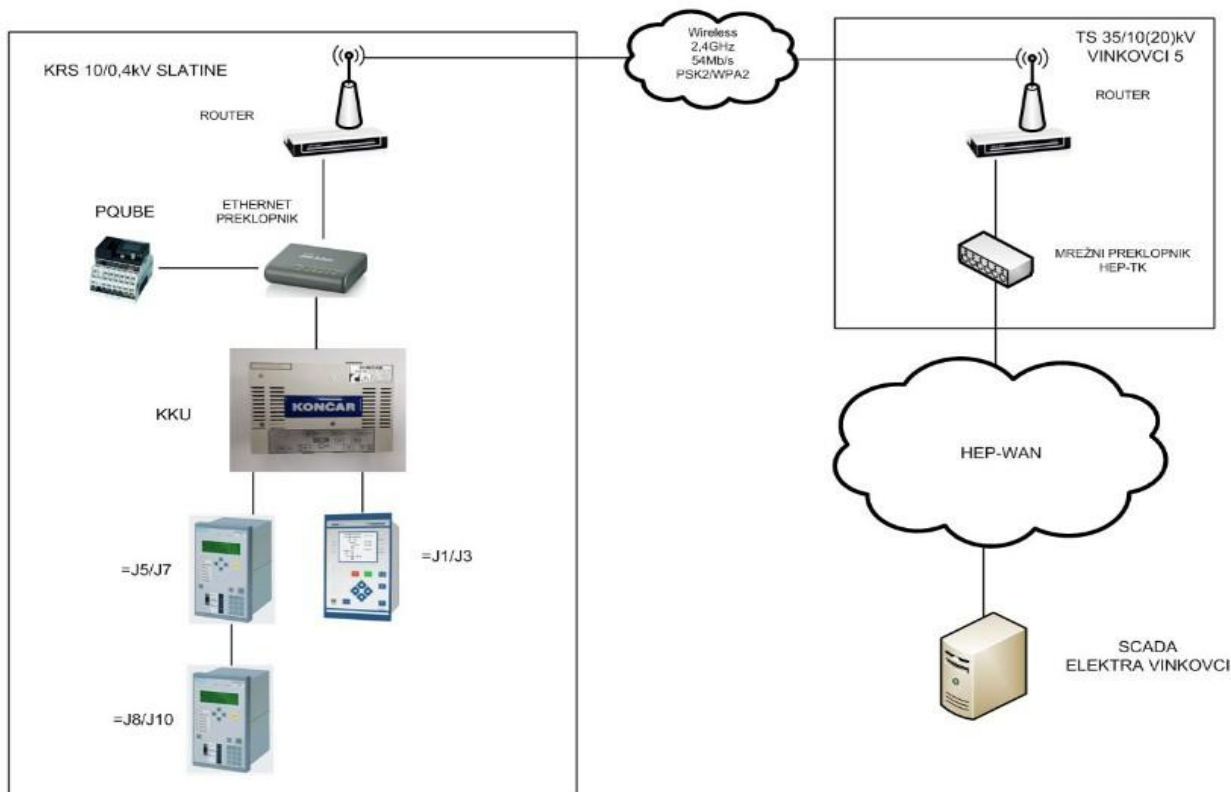
2.1. Primjer povezivanja SN objekata u SCADA sustav koristeći Wi-Fi komunikacijsku tehnologiju

Wi-Fi, (eng. Wireless-Fidelity) IEEE802.11 je bežična mreža kod koje se podaci između dva ili više računala prenose pomoću radiofrekvencija (RF) uz korištenje odgovarajućih antena. Prve bežične mreže su radile s brzinama od 1 do 2 Mbit/s. Wi-Fi radijski modemi šalju signale na frekvencijama 2.4 GHz (802.11b i 802.11g standardi) i 5 GHz (802.11a standard) [1]. Ukoliko na trasi kojom se želi uspostaviti Wi-Fi komunikacijski link ne postoji prepreka, odnosno postoji optimalna optička vidljivost može se pristupiti izradi linka.



Slika 1. Prikaz trase linka Wi-Fi komunikacije između KRS 10/0,4kV Slatina i TS 35/10(20)kV Vinkovci 5

Domet i spojivost pristupnog uređaja iznimno varira i teško se može precizno odrediti. Ovisi o proizvođaču, modelu, anteni, optičkoj vidljivosti, kvaliteti klijentskih uređaja koji se spajaju na njega, kao ponajviše i o firmware-u koji se nalazi zapisan u ugrađenoj flash memoriji uređaja. Na primjer, u dobrim uvjetima i uz korištenje kvalitetnih usmjerenih antena sa obje strane moguće je ostvariti spajanje i na preko 10 kilometara. Kako bi se uspostavio bežični link koristi se tzv. "bridge" mod, koji djeluje kao most između dvije pristupne točke (AP - eng. Access Point), odnosno dva rutera, a ne dozvoljava spajanje klijenata na njih. Uređaji se u "bridge" modu programiraju na temelju MAC adresa, odnosno vrši se uparivanje uređaja na dvije pristupne točke putem njihovih ključeva. Kako bi veza bila što kvalitetnija potrebno je odabrati i dobar model antene, pa je u ovom slučaju odabrana parabolična antena za 2,4GHz s pojačanjem od 24dBi. Veza je dodatno zaštićena PSK2/WPA2 kriptacijom.



Slika 2.blok shema Wi-Fi komunikacije – primjer

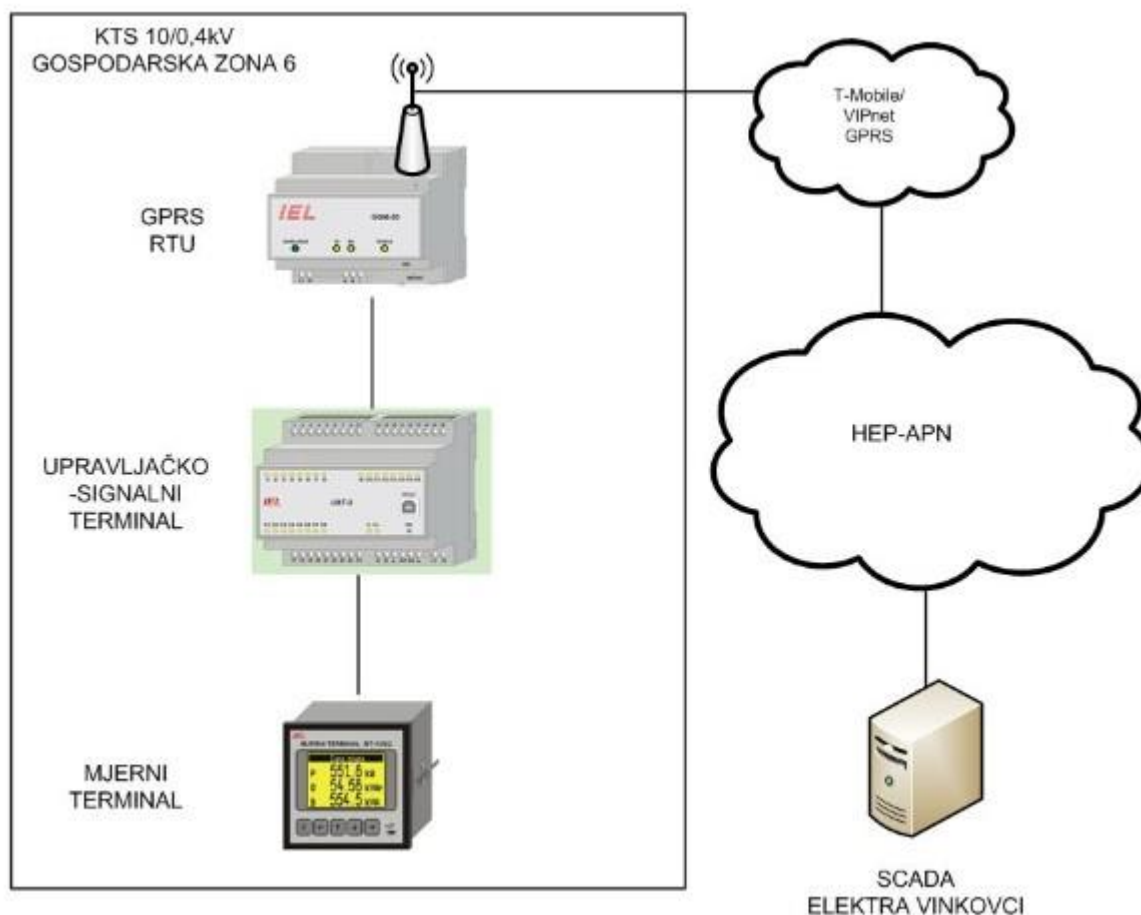
Na slici 2 može se vidjeti blok shema komunikacijskog povezivanja lokacije KRS 10/0,4kV Slatine putem Wi-Fi linka u HEP WAN mrežu. HEP WAN mreža dodatno je zaštićena firewall-om i na taj način štiti komunikacijski sustav od mogućih upada. Wi-Fi komunikacijska oprema radi u nelicenciranom frekvencijskom pojasu za što nije potrebna dozvola, već vrijedi opća dozvola koju je propisao HAKOM. Elektra Vinkovci za potrebe susretnih postrojenja bioplinjskih i fotonaponskih elektrana ima u uporabi 4 linka i to tri Wi-Fi linka na 2,4GHz i jedan link na 5GHz. U tablici I. dan je popis Wi-Fi linkova za komunikaciju susretnih postrojenja na području Elektre Vinkovci.

Tablica I. popis Wi-Fi linkova za komunikaciju susretnih postrojenja na području Elektre Vinkovci

Naziv linka		Korištena frekvencija wi-fi opreme [GHz]	Duljina linka [m]
KRS Farma Slatine	TS Vinkovci 5	2,4GHz	4550m
KTS Landia	TS Vinkovci 1	2,4GHz	5970m
DTS Krčevine	TS Županja 2	2,4GHz	2860m
KTS Gradište 11	TS Cerna	5GHz	6750m

2.2. Primjer povezivanja SN objekata u SCADA sustav koristeći GPRS komunikaciju tehnologija

GPRS (eng. *General Packet Radio Service*) je standard bežične komunikacije dostupan korisnicima druge i treće generacije mobilnih uređaja koji koriste sustav GSM (eng. *Global System for Mobile Communications*). Mreža se ostvaruje prospajanjem paketa (eng. *packet switching*), što omogućuje zauzimanje resursa samo onda kad su stvarno potrebni. Svojom brzinom i pouzdanošću omogućio je jači razvoj korisničkih aplikacija raznovrsnog sadržaja. Za razliku od GSM-a koji koristi prospajanje linija (eng. *circuit switching*), GPRS mreža se ostvaruje prospajanjem paketa, što znatno smanjuje cijenu prijenosa podataka. Kod prospajanja paketa podaci se grupiraju u blokove - pakete koji se zatim mogu slati preko dijeljene mreže. Za razliku od toga, prospajanjem linija uspostavlja se izravna veza između sudionika komunikacije. Budući da do prijenosa podataka dolazi u kratkim intervalima između kojih se nema što prenositi, prospajanje paketa je puno učinkovitiji način prijenosa od prospajanja linija. Isto tako, smanjena je i cijena prijenosa, jer se naplaćuje samo količina prenetih podataka, a ne vrijeme koliko je veza bila aktivna. GPRS komunikacija odvija se brzinama od 9kbit/s do 172kbit/s u ovisnosti o načinu kodiranja poruka, odnosno ukoliko se poruke ne kodiraju i u slučaju da je signal jak uz minimalnu prisutnu smetnju brzina prijenosa se kreće od 21kbit/s do maksimalnih 172kbit/s [2].

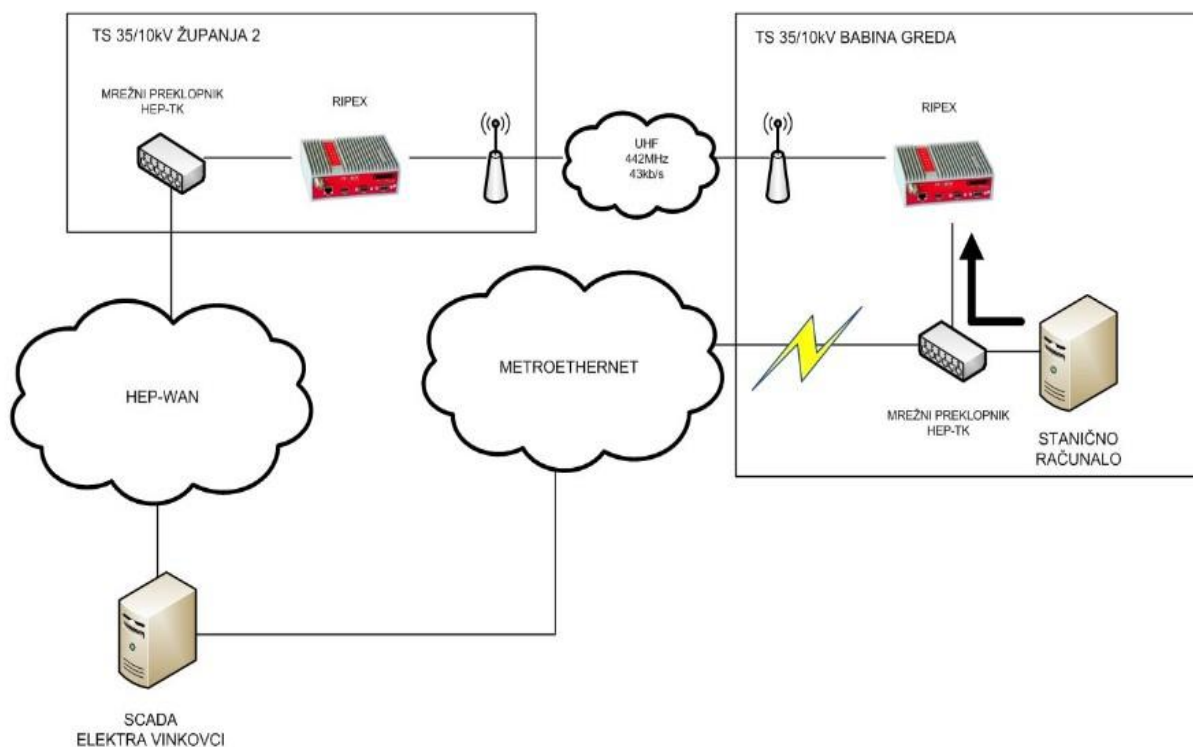


Slika 4.blok shema GPRS komunikacije – primjer

Za potrebe komunikacijskog povezivanja koristeći GPRS komunikaciju Elektra Vinkovci koristi GPRS modem GGM-20. Ovaj modem je ujedno RTU koji obavlja konverziju protokola, budući da sva oprema unutar postrojenja upravljačko-signalni terminal i mjerni terminali komuniciraju putem MODBUS protokola, a unutar GPRS modema GGM-20 se obavlja prije slanja konverzija iz MODBUS protokola u IEC61850-5-104 protokol kojim podaci stižu direktno u SCADA sustav Elektre Vinkovci - ABB Network manager. Parametriranje opreme vrši se pomoću programskog paketa GGM-20 DIALOG koji omogućava jednostavnu provedbu parametriranja. Za komunikaciju se koriste GPRS priključci javnih operatera s osiguranom statičkom IP adresom i privatnim APN-om. Analizom ostvarenog prometa ustanovljeno je da se mjesečno ostvaruje od 37-50MB podatkovnog prometa po pojedinom priključku. Nedostatak ovakvog rješenja je u tome što je GPRS-a usluga kojom se vrši prijenos podataka "tuđa", odnosno HEP - ODS d.o.o. ne kontrolira pouzdanost komunikacije.

2.3. Primjer povezivanja SN objekata u SCADA sustav koristeći UHF radijsku 0,7m mrežu

Radio modemi se u UHF i VHF frekvencijskom području koriste za širok spektar aplikacija za komunikaciju u kritičnim situacijama, SCADA komunikaciju, te nadzor i telemetriju. Ovi sustavi koriste niže frekvencijsko područje koje uvjetuje uske radijske kanale širine 12.5 ili 25 kHz što za posljedicu ima niže kapacitete, ali i iznimno robusnu komunikaciju dometa većeg od 100 km. Iako je komunikaciju korištenjem difrakcije moguće ostvariti i u uvjetima kada nema optičke vidljivosti, ovi sustavi mogu koristiti jedan ili više repetitora za povećavanje dometa i pokrivanja nekog područja. Moderni radio modemi danas podržavaju potpuni duplex, kao i kapacitete veće od 100 kbit/s, visoku razinu sigurnosti putem enkripcije, filtriranja i autentifikacije, visok sistemski dobitak, veći broj serijskih i Ethernet sučelja [3]. Sredinom 2015. godine obavljena je I. faza revitalizacije postrojenja TS 35/10(20)kV Babina Greda, koja je obuhvatila izradu antenskog stupa visine H=25m u dvorištu postrojenja. Budući da je navedeno postrojenje jedno od dva preostala koja nisu pokrivena vlastitom svjetlovodnom infrastrukturom, već koristi iznajmljenu uslugu metroEthernet brzine prijenosa do 2Mbit/s, ponukani smo bili da osmislimo redundantu vezu za stanično računalo, jer je u novoj trafostanici ugrađena stanična SCADA.



Slika 5. blok shema komunikacijske veze - redundantna veza za komunikaciju staničnog računala iz postrojenja TS 35/10(20)kV Babina Greda u SCADA sustav Elektre Vinkovci

Na komunikacijskoj opremi napravljen je tzv. statički routing koristeći BGP protokol (eng. Border Gateway Protocol) koji podržava složenije topologije mreže od zvjezdaste. BGP je interautonomni sistemski routing protokol. Routeri koji podržavaju BGP mogu sadržavati kompletne routing tablice. Upravo zbog toga je BGP spor i trom protokol, kako mrežni uređaji ne bi trpili velike kalkulacije ruta zbog kratkotrajnih ispada pojedinih lokalnih mreža. UHF modem je programski definirani radio-uređaj, a opremljen je Linux operacijskim sustavom i može raditi u dva režima rada i to kao:

- 1) router mod – radi kao standardni IP router s 2 sučelja (Radio i Ethernet), te s dva serijska porta (COM 1 i 2). U radijskom kanalu implementirani je sofisticiran anti-kolizijski protokol gdje se svaki paket potvrđuje ACK porukom. Po potrebi, bilo koji uređaj može raditi u ulozi 'pohrani & proslijedi' repetitora,
- 2) bridge mod – paket zaprimljen putem sučelja bilo kojeg UHF modema prosljeđuje se na odgovarajuća sučelja na ostalima. Paketi primljeni putem, primjerice, serijskog porta, pojaviti će se na udaljenim lokacijama na UHF modemskim izlazima COM1 i COM2. To između ostalog dozvoljava spajanje po dva RTU-a po lokaciji. Kao i u router modu, svaki od uređaja može istovremeno raditi i kao repetitor.

Konfiguriranje opreme vrlo je jednostavno budući da se koristi web sučelje. Od podataka koje je potrebno parametrirati jesu podaci za naziv AP-a (eng. Acces Point), podaci frekvencijskog spektra kojim se koristi oprema, podaci vezani uz korištenje određene modulacije, podaci statičke IP adrese uređaja za komunikaciju na ethernet, te podaci za statički routing. Širina komunikacijskog kanala koji koriste korišteni UHF modemi iznosi najviše 25 kHz za brzinu prijenosa podataka do 83 kbit/s, koja se licencno otključava. Elektra Vinkovci koristi prema HAKOM dozvoli radijski UHF modem u frekvencijskom području od 442MHz, širine kanala od 25 kHz uz brzinu prijenosa podataka do 43 kbit/s, te RF snagu uređaja do 2W. U trafostanici aktivni mrežni uređaj HEP-telekomunikacija je programiran da kada dođe do prekida komunikacije preko metroEthernet priključka odmah dolazi do re-routinga komunikacije na mrežnom aktivnom uređaju koji prosljeđuje samo komunikaciju staničnog računala prema UHF modemu, te se na taj način nakon cca. 15-tak sekundi uspostavlja komunikacija prema SCADA sustavu Elektre Vinkovci i sporna trafostanica na kojoj leži kogeneracijsko postrojenje UniViridas (snage 9,5MVA), te županijsko vodocrpilište su ponovno u daljinskom nadzoru nadređenog dispečerskog centra.

2.4. Primjer povezivanja SN objekata u SCADA sustav koristeći TETRA radijsku mrežu

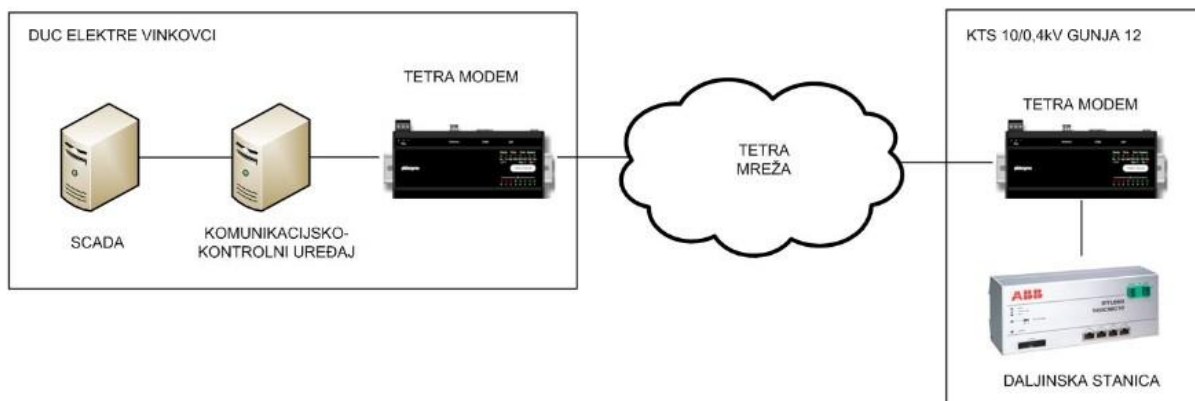
TETRA, TERrestrial TRunked RADio je digitalni zemaljski mobilni radio standard koji je razvio ETSI (Europski institut za telekomunikacijske norme) s primarnom funkcijom za ispunjavanje potreba korisnika za profesionalnom mobilnom radijskom mrežom. Takvi korisnici su obično vladine agencije, policija, vatrogasci, hitne službe, vojska. Za navedene korisnike važno je da je komunikacija sigurna i brza bez mogućnosti prisluškivanja i gubitka informacija [4].

TETRA standard nudi većinu značajki od kojih su najvažnije vrijeme uspostavljanja poziva je kratko, što posebno zahtijevaju hitne službe, a moguće je imati i grupne razgovore s neograničenom veličinom grupe, izravne pozive između pojedinca, kao i mogućnost prijenos podataka. Hrvatska elektroprivreda je davne 1998. godine započela projekt na uspostavi DIMORAS (DIGitalna MOBilna RAdijska mreža Slavonije i Baranje) radijske mreže temeljene na TETRA radijskom standardu za područje Slavonije i Baranje, koji je uspostavljen 2002. godine. Tijekom 2014. godine HEP - ODS d.o.o. Elektra Vinkovci je obavila posao uvođenja u SDV postrojenja po dubini SN mreže i to prvenstveno automatizirajući postrojenja koja se nalaze na rubnim dijelovima Vukovarsko-srijemske županije - Gunja, Drenovci, Babina Greda, Županja. Postrojenja su uvedena u SDV koristeći DIMORAS radijski sustav putem digitalnog radijskog modema u TETRA standardu. Radijski modem koji se koristio za potrebe uvođenja u SDV ima sljedeće karakteristike:

- 1) radijski modem u TETRA standardu,
- 2) RF klase do 3W,

- 3) dva serijska sučelja za RS-232 ili RS-485 / RS-422 komunikaciju,
- 4) Ethernet port za parametriranje.

Digitalni TETRA radijski modem prepoznaje više protokola poput Modbus RTU, Modbus / IP, DNP3, DNP3 / IP, ROC, BSAP, PakBus, Sinaut i IEC60870-5-101 [5].



Slika 6. blok shema TETRA komunikacijske veze - primjer

Programiranje digitalnog radijskog modem je olakšano koristeći web sučelje i dosta je jednostavno. Od podataka koje je potrebno podesiti osim podataka za prijenos podataka, odnosno korišteni standard (podaci serijske komunikacije koju koristi IEC61870-5-101 standard), potrebno je upisati ID TETRA broj terminalnog uređaja koji je propušten u centru za nadzor DIMORAS mreže, te unijeti prijemnu frekvenciju najbliže Tetra radijske postaje i broj kanala [5].

The screenshot shows the 'TMO-100 configuration panel' by Funk-Electronic Pidiorgros GmbH. The interface has a sidebar with navigation links: Login: user, Logout, Device, Common, COM interface (selected), AUX interface, IP application interface, Routing 1, Routing 2, Access, Internal clock, TETRA, Ethernet, and Service. The main content area is titled 'COM interface Configuration' and includes the following settings:

- Port Operating mode:** Master (selected), Slave, Modbus local, PicoLogo local, '#'-command port, 60870-101 local, None.
- Destination port at target device:** AUTO (selected), Com, Aux, IP App Interface, PicoLogo, MODBUS Access, 60870-101 Access.
- Type of Data Transmission:** SDS (selected), IP.
- Fallback to SDS if PPP down:** Off (selected), On.
- Master processes data from other master:** Off (selected), On.
- Preconfigured Communication Protocols:**
 - Communication Protocol used on COM: None (selected), User defined Protocol (see below), Modbus / ROC, DNP3, IEC60870 / 1 Byte Address, IEC60870 / 2 Byte Address, Pakbus.

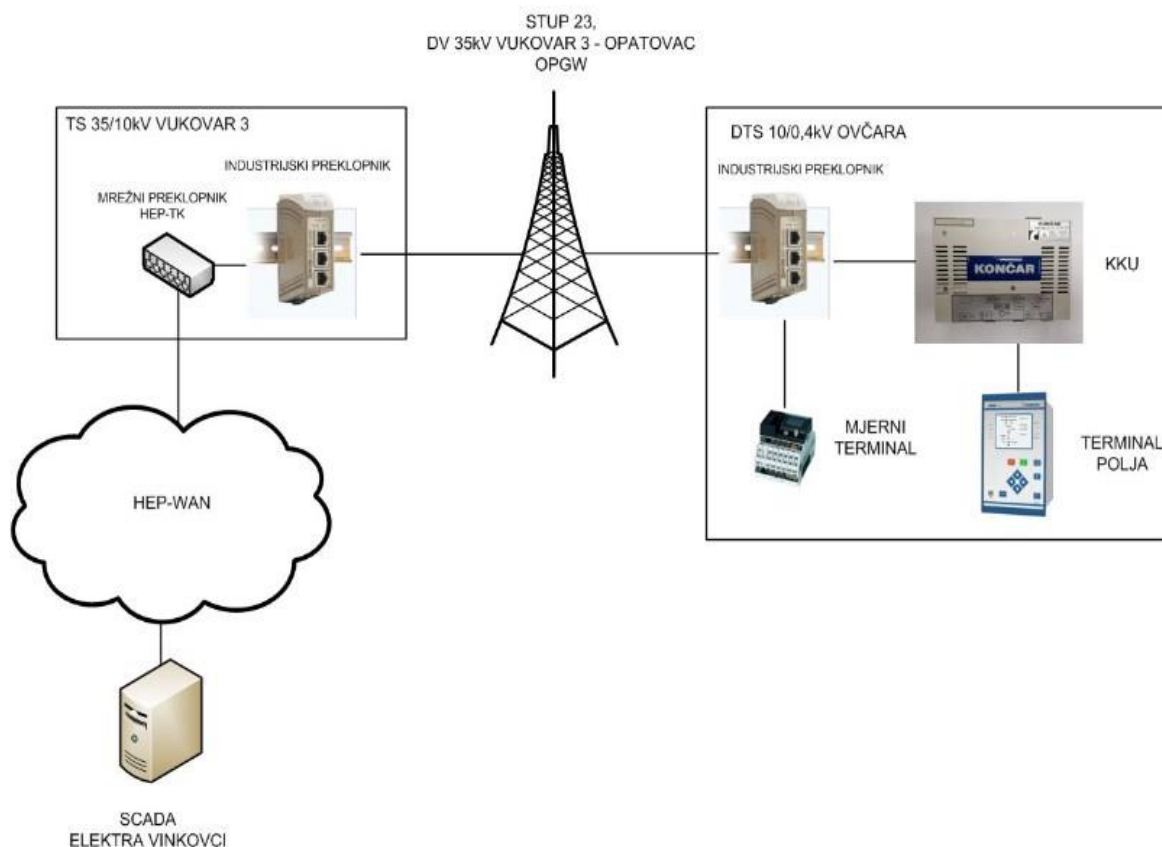
At the bottom, a status bar displays: SN: 2300 | ETH-IP: 10.220.70.11 | TETRA-IP: 0.0.0.0 | ISSI: 200910 | FREQ: 398,537500 MHz | FS: -69 dBm | Slots: 1...

Slika 7. web sučelje TETRA modema - parametriranje podataka

Brzina prijenosa po pojedinom vremenskom odsječku iznosi 2-3 kbit/s, a poruke se prenose u obliku SDS poruka. TETRA mreža je u potpunosti pod kontrolom HEP-ODS-a, te se u svakom pogledu može brže reagirati ukoliko se desi kvar na komunikacijskoj opremi [4].

2.5. Primjer povezivanja SN objekata u SCADA sustav koristeći svjetlovodnu infrastrukturu HEP-a

Elektra Vinkovci na svom području ima putem HEP - ove svjetlovodne infrastrukture (POK - podzemnih optičkih kabela, nadzemnih optičkih kabela - OPGW, eng. Optical Ground Wire) ukupno povezano 18 trafostanica 35/10(20)kV od 20. Trafostanica TS 35/10(20)kV Babina Greda koristi metroEthernet iznajmljenu uslugu, a TS 35/10(20)kV Vinkovci 3 koristi komunikaciju putem vlastitih signalnih bakrenih kabela za komunikaciju s dispečerskim centrom Elektre Vinkovci odnosno sa SCADA sustavom. Tendencija je tijekom 2018. godine i ta dva preostala postrojenja povezati u HEP LAN/WAN mrežu putem vlastitih podzemnih svjetlovodnih kabela.



Slika 8. blok shema komunikacijske veze putem svjetlovoda - primjer

Za potrebe komunikacijskog povezivanja objekta DTS 10(20)/0,4kV Ovčara (susretno postrojenje BpE Ovčara 2MW) uzete su dvije niti OPGW-a na DV 35kV Vukovar 3 – Opatovac. Na taj način je ostvarena komunikacija u HEP LAN/WAN mrežu preko aktivne mrežne opreme HEP-telekomunikacija u postrojenju TS 35/10(20)kV Vukovar 3 upotrebljavajući industrijske neupravljive ethernet preklopnike za produžetak mreže u postrojenje DTS 10/0,4kV Ovčara. Industrijski ethernet preklopnici nude fleksibilno rješenje budući da su neupravljivi, što znači da ih nije potrebno parametrirati, a predstavljaju dobra komunikacijska rješenja za radijalna povezivanja SN objekata putem svjetlovoda, budući im je domet po SM kabelu do 40km [6].

Dakle pogodni su za zvjezdastu komunikacijsku mrežu, no nisu dobri za prstenastu komunikacijsku mrežu, jer prekidom rada jednog može doći do prekida kompletne komunikacije.

3. ZAKLJUČAK

U referatu je prikazano nekoliko komunikacijskih rješenja koja su primijenjena iz područja bežičnih tehnologija, radijskog sustava, optike i prijenosa podataka putem GPRS tehnologije. Svaka prikazana komunikacijska tehnologija ima svoje prednosti, ali i svoje mane. Svjetlovodni kabeli kao komunikacijski medij su na prvom mjestu pouzdane komunikacije, no i dalje je tehnologija skupa, odnosno ukoliko ne postoji do lokacija povučen svjetlovodni kabel, predstoji posao projektiranja, građevinskih radova i posao spajanja, što produžava termine operativnosti komunikacije, a ukoliko se naiđe na neriješene imovinsko pravne odnose komplicira cijeli projekt. Oprema za Wi-Fi je jednostavna za parametrisiranje, jednostavna je za korištenje, no montaža joj je otežana budući da se obavlja pomoću auto-korpe, a na taj način se mora i održavati, te popravljati ukoliko dođe do kvara. GPRS tehnologija je prihvatljiva cijenom, no i dalje pod HEP-om nije nadzor nad komunikacijom, već je HEP samo korisnik resursa koje nude telekomunikacijski operateri (T-mobile/VIPnet). UHF modem za "real-time" komunikaciju i prijenos mjerenja putem IEC 61870-5-104 standarda dobro je rješenje, a u slučaju TS 35/10(20)kV Babina Greda služi za "back-up" komunikaciju staničnog računala, no nedostatak mu je sporost veze i ne mogućnost udaljenog pristupa do staničnog računala (radi spore brzine linka nije moguće vršiti "backup" staničnog računala s udaljenje lokacije). Radijska komunikacija pred kojom je budućnost na području Slavonije i Baranje za potrebe HEP-ODS ipak je uvođenje TETRA IP radijskog sustava, budući da je nova radijska mreža s novim baznim postajama konfigurirana prvenstveno radi prijenosa podataka (Packet Data).

4. LITERATURA

- [1] Matthew Gast: 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide, O'Reilly, 2002.
- [2] GPRS Technology Tutorial: Radio-Electronics, Com
(http://www.radio-electronics.com/info/cellular/telecomms/gprs/gprs_tutorial.php)
- [3] Micro-Link: Projektna tehnička dokumentacija - UHF radijske komunikacijske veze bazirane na digitalnim radijskim modemima namijenjene za povezivanje lokacija TS 110/35/10kV Županja 2 - TS 35/10kV Babina Greda za potrebe Elektro Vinkovci, Zagreb, travanj 2015.
- [4] Ivan Šašlin, dipl. ing., "Tehnička dokumentacija radijskog planiranja TETRA mreže za potrebe HEP-a na području Slavonije i Baranje" – Micro-Link, Zagreb, Hrvatska, srpanj 2012.
- [5] Piciorgros: TMO 100 V3 user guide,
(http://www.tetramodem.com/fileadmin/documents/Dokumentations/TMO-100_E.pdf)
- [6] Westermo: SDW-500 series, user guide (https://www.westermo.com/-/media/Files/User-guides/westermo_ug_6644-2214_sdw-5xx_series.pdf)