

# Rešenje telekomunikacionog sistema Vlasinskih HE primenom IP tehnike

J. Mandić-Lukić, S. Latinović, N. Simić, Ž. Vasiljević

**Sadržaj** – U radu je prikazano rešenje telekomunikacionog sistema Vlasinskih hidroelektrana koje je namenjeno za potrebe uključenja Vlasinskih HE u tehnički sistem upravljanja EPS-a i povezivanja sa dispečerskim centrom u Beogradu, izvođenja lokalnog nadzora i daljinskog upravljanja na svim proizvodnim objektima, telemetrijskog merenja električnih i neelektričnih veličina, sistema obezbeđenja i video nadzora i povezivanja sa servisima Telekom-a Srbije.

**Ključne reči** – IP, optika-sistem, SDH, Vlasinske HE

## I. UVOD

Sistem Vlasinskih HE se sastoji od četiri kaskadno postavljene hidroelektrane, HE Vrla 1, HE Vrla 2, HE Vrla 3, HE Vrla 4, zatim Pumpno akumulacionog postrojenja (PAP) Lisina, Uprave Vlasinskih HE i područja Vlasinskog i Lisinskog jezera.

Postojeći TK sistem Vlasinskih HE je zastareo i ne zadovoljava potrebe samog korisnika.

Novi telekomunikacioni sistem treba da omogući povezivanje svih objekata sistema Vlasinskih HE: proizvodnih, poslovnih i pomoćnih, međusobno i sa nadređenim centrima – u okviru samih Vlasinskih HE, u okviru JP Đerdap čije je sedište u Kladovu, u okviru EPS-a i EMS-a kao i povezivanje na javnu mrežu Telekom-a Srbije.

Zbog velikog broja objekata u sistemu Vlasinskih HE, izvršena je podela mreže na primarnu i sekundarnu ravan. Primarnu ravan čine čvorišta mreže. Svaki čvor mreže predstavlja pristupnu tačku telekomunikacionoj mreži za određenu grupu objekata. Svi objekti koji TK mreži pristupaju preko jednog čvora čine jednu sekundarnu ravan telekomunikacionog sistema. Čvorišta mreže sa pripadajućim objektima sekundarnih ravni su:

- Čvorište Centralna komanda
  - Centar mreže
  - Upravna zgrada Vlasinskih HE

- Čvorište HE Vrla 1
  - Komanda HE Vrla 1
  - Gornja zatvaračnica
  - Vodostan
  - Ulazna građevina
  - Ribnjak Vlasinskog jezera
  - Brana Vlasinskog jezera
  - Odmaralište na Vlasinskom jezeru
- Čvorište HE Vrla 2
  - Komanda HE Vrla 2
  - Ulazna građevina
  - Vodostan
  - Gornja zatvaračnica
- Čvorište HE Vrla 3
  - Komanda HE Vrla 3
  - Ulazna građevina
  - Vodostan
  - Gornja zatvaračnica
- Čvorište HE Vrla 4
  - Komanda HE Vrla 4
  - Gornja zatvaračnica
  - Vodostan
  - Ulazna građevina Duboki do
  - Ulazna građevina Đerbelija
  - Ulazna građevina Masurica
- Čvorište PAP Lisina
  - Komanda PAP Lisina
  - Objekat na brani PAP Lisina
  - Kućica dežurnog rukovoca

Centar mreže biće smešten u Centralnoj komandi. Centralna komanda se nalazi na platou HE Vrla 3. Redundantni centar mreže biće smešten u HE Vrla 1.

## II. TRANSMISIONI PUTEVI TK MREŽE

### A. Primarna ravan

Objekti primarne ravni TK mreže Vlasinskih HE biće povezani optičkim kablovima ugrađenim u zemljovodnom užetu (OPGW) i optičkim kablovima postavljenim duž cevovoda između pojedinih hidroelektrana.

J. M. Lukić, Energoprojekt-ENTEL, Beograd, Srbija  
(telefon: 381-11-3101230, email: [jmlukic@ep-entel.com](mailto:jmlukic@ep-entel.com))  
S. Latinović, Energoprojekt-ENTEL, Beograd, Srbija  
(telefon: 381-11-3101996, email: [slatinovic@ep-entel.com](mailto:slatinovic@ep-entel.com))  
N. Simić, Telefonija, Beograd, Srbija (email: [nenad.simic@telefonija.co.yu](mailto:nenad.simic@telefonija.co.yu))  
Ž. Vasiljević, Energoprojekt-ENTEL, Beograd, Srbija  
(telefon: 381-11-3101238, email: [zvasiljevic@ep-entel.com](mailto:zvasiljevic@ep-entel.com))

Veze po OPGW užetu će biti ostvarene na sledećim deonicama.

1. OPGW po DV 2 x 35 kV :  
HE Vrla 4 – Centralna komanda (~7850m)
2. OPGW po DV br. 194 :  
Centralna komanda – HE Vrla 1 (~12500m)
3. OPGW po DV br. 1123 :  
HE Vrla 1 – HE PAP Lisina (~17300m)
4. OPGW po DV br. 111 :  
HE Vrla 1 – HE Vrla 2 (~3600m)
5. OPGW po DV br. 112 :  
Centralna komanda – HE Vrla 2 (~7800m)

Veza podzemnim optičkim kablom:

1. Centralna komanda – HE Vrla 3 (~300m)

Veze po optičkom kablju instaliranom duž cevovoda će biti ostvarene za deonice:

1. HE Vrla 1 – HE Vrla 2
2. HE Vrla 2 – Centralna komanda

Za sve deonice, predloženo je postavljanje užadi i kablova sa minimum 24 vlakna.

#### B. Sekundarne ravni

Privodne veze do objekata u sekundarnim ravnima TK sistema Vlasinskih HE se realizuju privodnim optičkim kablovima. Ovi kablovi mogu da budu realizovani kao podzemni ili kao samonosivi kablovi nemetalne konstrukcije, što zavisi od konkretne deonice na kojoj je potrebno položiti privod. Objekti sekundarnih ravni će se optičkim kablovima na primarnu mrežu Vlasinskih HE povezivati ili direktno na sam objekat u primarnoj ravni ili preko optičkih privoda sa stubova dalekovoda ili iz cevovoda, što će opet biti određeno stanjem na terenu.

### III. TELEKOMUNIKACIONA OPREMA U TK SISTEMU VLASINSKIH HE

#### A. Realizacija TK sistema primenom SDH tehnike

Ukoliko se Investitor odluči za rešenje u SDH tehnici potrebno je u čvorištima mreže postaviti SDH multipleksere. Isti bi bili smešteni u TK prostorijama komandi hidroelektrana, centra mreže i TK prostoriji PAP Lisina.

SDH multiplekseri treba da budu opremljeni odgovarajućim interfejsima i to:

- STM interfejs (STM-1) – koristiće se za ostvarivanje veza prema objektima primarnog nivoa i udaljenim lokacijama u TK sistemu Vlasinskih HE.

- 2 Mb/s E1 električni interfejs – koristiće se za povezivanje sa fleksibilnim multipleksom u objektu primarnog nivoa
- *Ethernet* – koristiće se za potrebe računarske mreže kao i mreže za video nadzor

Na udaljenim lokacijama, na mestu zahvata podataka potrebno je postaviti fleksibilne multipleksere kojima će biti omogućen prenos podataka do SDH multipleksa na primarnom nivou. Ovi multiplekseri treba da sa korisničke strane omoguće interfejse kojima će biti prihvaćeni različiti tipovi podataka sa udaljenih lokacija (*ethernet* interfejs, podaci sa senzora, signale govora).

Fleksibilni multiplekseri bi trebalo da budu opremljeni odgovarajućim interfejsima i to:

- STM interfejs (STM-1) – koristiće se za ostvarivanje veza sa SDH uređajem na primarnom nivou
- 2 Mb/s E1 električni interfejs – koristiće se za povezivanje sa SDH multipleksom u objektu primarnog nivoa
- 64 kb/s električni interfejs – koristiće se za povezivanje sa uređajima u sekundarnim ravnima
- *FastEthernet* – koristiće se za potrebe računarske mreže, kao i mreže za video nadzor

#### B. Realizacija TK sistema primenom IP tehnike

Ukoliko se Investitor odluči za rešenje u IP tehnici potrebno je u čvorištima mreže postaviti L3 *ethernet* switcheve sa optičkim gigabit *ethernet* interfejsima prema susednim objektima iz primarne ravni i optičkim 100Mbit/s (*fast Ethernet*) interfejsima prema objektima iz sekundarne ravni. Radi smanjenja opterećenja backbone linkova mreža treba da se organizuje u više VLAN-ova, gde bi jedan VLAN činili korisnici koji se nalaze u istom objektu, ili korisnici koji se nalaze u istoj organizacionoj celini. Zbog toga svi switchevi moraju da imaju podršku za VLAN-ove.

Na objektima sekundarnog nivoa biće postavljeni L2 *ethernet* switchevi sa optičkim *fast ethernet* interfejsom prema objektu iz primarne ravni. Povezivanje korisničke opreme na bakarne portove L2 switcheva će se vršiti UTP kablovima kategorije 6. Povezivanje IP kamera je moguće direktno na switch UTP kablom, dok će povezivanje opreme za analognu i digitalna merenja biti omogućeno preko odgovarajućih PLC kontrolera koji na sebi imaju *ethernet* interfejs prema TK mreži.

### IV. TEHNIČKO REŠENJE ZA POJEDINE SERWISE

#### A. Servis telefonije

Tehničkim rešenjem TK mreže u IP tehnici predviđa se i rešavanje servisa telefonije za potrebe sistema Vlasinskih HE. Osnovni zahtevi koje TK mreža mora da ispuni da bi bila podesna za realizaciju IP telefonije su:

- visok nivo mrežne infrastrukture
- podrška za PoE (Power over Ethernet) na svičevima u pristupnom sloju mreže
- QoS (Quality of Service) funkcionalnosti u svim aktivnim mrežnim elementima

Kompletna telekomunikaciona infrastruktura TK mreže realizovane u IP tehnici predstavlja odličnu osnovu za realizaciju servisa IP telefonije.

Tehničko rešenje telefonije podrazumeva redundantnu serversku platformu koja predstavlja srce telefonskog sistema u kome se procesiraju svi telefonski pozivi.

Osnovne funkcije koje telefonski sistem koji se u osnovi sastoji od telefonskog servera, telefonskih aparata i voice gateway-eva za vezu prema javnoj telefonskoj mreži (PSTN) treba da omogući su: voice mail, muzika na čekanju, mogućnost tarifiranja, poziv na čekanju, prosleđivanje poziva, konferencijski poziv

IP telefonski sistem se sastoji od telefonskog servera, telefonskih aparata i VOIP (Voice over IP) gateway-eva za potrebe povezivanja sa PSTN. Telefonski server i telefonski aparati su dovoljni elementi za uspostavljanje lokalne telefonske komunikacije u okviru TK mreže Vlasinskih HE. Za uspostavljanje telefonske komunikacije ka drugim korisnicima javne telefonske mreže (PSTN) neophodno je predvideti aktivnu opremu koja će omogućiti konverziju telefonskog IP saobraćaja na interfejs koji je raspoloživ u postojećoj PSTN infrastrukturi. Ovu funkciju obavljaju aktivni uređaji VOIP gateway-i.

Za realizaciju telefonskog sistema predviđeno je postavljanje telefonskih servera na lokaciji HE Vrla 3 dok na svakoj lokaciji gde postoji pristupni svič mogu biti postavljeni IP telefonski aparati.

Za namenske telefonske mreže veoma je važna uloga KTP (komandno – telefonskog posrednika). U IP okruženju funkcije KTP preuzima moderna operatorska konzola, koja se priključuje na jednoparični interfejs za digitalne telefone. Ovakve konzole standardno imaju veći broj programabilnih tastera koji mogu kontrolisati kako vezu sa drugim konzolama, tako i pojedine prenosnike ili pravce. Takve konzole standardno imaju i mogućnost upada u vezu.

KTP se priključuje na MediaGateway, koji konvertuje govor i signalizaciju iz IP oblika u druge oblike signala (analogne, digitalne, ISDN, DECT). Funkcionisanje KTP u slučaju ispada iz rada nekog dela sistema svodi se na preuzimanje kontrole nad tim MediaGateway-a od strane rezervnog Media Servera.

#### B. Sistem video nadzora

Video nadzor će biti realizovan kao potpuno digitalni sistem. To znači da se video signal digitalizuje već u samoj kameri i dalje preko *ethernet* interfejsa prenosi do centralne opreme (video server, NVR,...). Ovakav sistem podrazumeva korišćenje IP video kamera ali i prenos po *ethernet* interfejsu.

U slučaju realizacije mreže korišćenjem SDH uređaja, signali sa kamera na udaljenim lokacijama se preko *ethernet* interfejsa dovode na fleksibilni multiplekser a zatim se dalje

šalju preko E1 multipleksiranog signala na SDH multiplekser u objektu primarnog nivoa. Na mestu prijema signal se preko *ethernet* interfejsa na SDH multipleksu dovodi na Video server.

U slučaju realizacije mreže u IP tehnici kamere na udaljenim lokacijama se direktno preko UTP kabla priključuju na L2 switch.

Centralana oprema (video serveri, NVR-ovi,...) će biti postavljena u komandama svih HE i u upravnoj zgradi Limskih HE. Na ovaj način će svaki od ovih objekata pratiti objekte i procese koji su njemu od interesa. Istovremeno centar mreže će imati video nadzor sa bilo koje kamere u sistemu.

Za potrebe video nadzora biće korišćene standardna IP color kamera za spoljnu ugradnju, standardna IP crno bela kamera za spoljnu ugradnju i standardna IP kamera za unutrašnju ugradnju.

Stanica za daljinsko nadgledanje je umrežen PC računar sa klijent aplikacijom koja omogućava pregled i snimanje materijala. Prikaz na monitorima je slika sa više kamera (monitor izdvojen na 2x2, 3x3, 4x4 delova), koje se tokom vremena menjaju (više kamera na jedan segment ekrana).

#### C. Sistem telemetrije

Merenje veličina od interesa na udaljenim lokacijama se obavlja odgovarajućim senzorima zavisno do potreba korisnika. Signal sa senzora se prenosi do fleksibilnog multipleksera i dalje na SDH multiplekser. U slučaju realizacije TK mreže u IP tehnici signali sa senzora će se preko odgovarajućih PLC-ova (*Programabile Logic Controler*) sa *ethernet* interfejsom prenositi do komandi odgovarajućih hidroelektrana. Za RTU starije generacije, koji nemaju *ethernet* interfejs, koristiće se *ethernet* gateway-i za prilagođenje signala sa RTU na IP mrežu.

#### D. Servis razmene poslovnih podataka

Razmena poslovnih podataka između LAN mreža svakog objekta iz primarne ravni će biti obezbeđena *ethernet* interfejsom na SDH multiplekserima, odnosno svičevima u komandama centrala.

#### E. Povezivanje sa magistralnom mrežom EPS-a

Prema zahtevima za uključivanje sistema Vlasinskih HE u TK sistem EPS potrebno je obezbediti povezivanje Centralne komande sa DC EPS.

Rešenjem TK sistema EPS predviđeno je da HE Vrla 3 bude čvorište magistralne mreže. U TK prostoriji ove hidroelektrane biće postavljeni SDH uređaj i fleksibilni multiplekser.

Povezivanje će biti tako organizovano da se signali kritičnih servisa prosleđuju do fleksibilnog multipleksa čvorišta magistralne mreže EPS gde će biti grupisani u E1 blokove. E1 blokovi će biti prosleđivani do SDH uređaja, koji pripada čvorištu magistralne mreže, gde će se mapirati u virtualne kontejnere i dalje u STM-1 blok. Signali opštih servisa će se prosleđivati do FastEthernet portova SDH

uređaja čvora magistralne mreže gde će se mapirati u STM-1 blok. Dalja destiniranja signala prema DC EPS ostvarivala bi se u magistralnoj mreži.

#### V. POREĐENJE PREDLOŽENIH REŠENJA

U ovom radu predložena su dva rešenja telekomunikacionog povezivanja Vlasinskih HE. Prvo rešenje se zasniva na SDH, a drugo na IP tehnici.

Prednost rešenja zasnovanog na SDH tehnici je u tome što je celokupan telekomunikacioni sistem EPS zasnovan na ovoj tehnici. Primenom ovog rešenja zadržala bi se uniformnost sistema i time pojednostavilo upravljanje i održavanje sistema.

Poznate su karakteristike SDH tehnike u pogledu pouzdanosti u slučaju otkaza pojedinih delova sistema. Sa tim ciljem treba napomenuti i da su sistemi zaštite u IP tehnici dostigli nivo koji će da zadovolji potrebe korisnika sistema Vlasinskih HE.

U IP mrežama, ukoliko postoje alternativni putevi, moguće je pri prekidu saobraćaja na jednom putu prerutirati saobraćaj na alternativni put. U računarskim mrežama, u kojima vreme prerutiranja nije kritično, koristi se STP protokol (Spanning Tree Protocol), i njegovo vreme prelaska na alternativni put je reda veličine 60 sekundi.

Za računarske mreže u kojima je ovo vreme kritično koristi se RSTP protokol (Rapid Spanning Tree Protocol), i njegovo vreme konvergencije je tipično jedna sekunda.

Sem ovih standardizovanih protokola, različiti proizvođači nude i opremu za računarske mreže koja radi sa proizvođačkim (nestandardizovanim, proprietary) protokolima, njihovo vreme konvergencije je čak i kraće nego kod RSTP protokola, tipična tvrdnja proizvođača je konvergencija od 300 mSec, ili čak i manje.

Kroz IP mrežu Vlasinskih HE prenosili bi se signali govora, video nadzora, telemetrije, korporativnog prenosa podataka, nadzora i upravljanja. Signali distantne zaštite prenosili bi se posebnim, odvojenim, sistemom i ne potpadaju pod razmatranje IP saobraćaja.

U kritične IP servise spadaju prenos SCADA signala, telefonija, i nadzor i upravljanje TK sistemom.

Za SCADA signale vreme konvergencije mreže od 1 sekunde je prihvatljivo, s obzirom da informacija ne bi bila izgubljena, već bi bila zakašnjena za 1 sekundu. Ovakvo kašnjenje je prihvatljivo jer se nalazi u okviru dozvoljenog kašnjenja za SCADA signale.

Za signale govora vreme konvergencije mreže značilo bi gubitak govorne informacije u trajanju jedne sekunde, jer se paketi govora ne ponavljaju u slučaju da dodje do kratkog prekida linka (UDP protokol). Ovo bi u govornoj komunikaciji značilo izgubljen slog govora, što je prihvatljivo.

Za nadzor i upravljanje TK sistemom vreme konvergencije od 1 sekunde praktično nema značaja, jer operacije praćenja alarma ili prekonfigurisanja mreže od strane administratora očigledno traju mnogo duže.

Iz svega navedenog može se izvesti zaključak da vreme konvergencije u IP mreži, mada značajno veće nego u SDH

mrežama, ne predstavlja prepreku za predloženu implementaciju u sistemu Vlasinskih HE.

Na kraju, cena, potrebna za realizaciju, daje prednost rešenju zasnovanom na IP tehnici.

#### VI. ZAKLJUČAK

Obe predložene varijante TK sistema Vlasinskih HE predstavljaju savremeno rešenje. Ipak, rešenje zasnovano na IP tehnici ima niz prednosti. Prednosti su što bi se koristila jedinstvena tehnika za sve servise, cena potrebna za realizaciju je mnogo manja u odnosu na rešenje zasnovano na SDH tehnici. Takođe, realizacija, korišćenje i promene konfiguracije sistema u skladu sa potrebama su veoma jednostavni. Zbog toga se Investitoru preporučuje da odabere ovo rešenje za TK sistem Vlasinskih HE. Time bi se dobio sistem koji bi mogao da zadovolji sve sadašnje ali i buduće telekomunikacione potrebe.

#### LISTA SKRAĆENICA

DV – Dalekovod  
HE – hidroelektrana  
IP – Internet Protocol  
LAN – Local Area Network  
NVR – Network Video Recorder  
SDH – Synchronous Digital Hierarchy  
TK – telekomunikacioni  
VLAN – Virtual Local Area Network  
HPP – Hydro Power Plant

#### LITERATURA

- [1] Glavni projekat smeštaja i instalacije TK opreme, sveska 53: HE Vrla 3, oktobar 2006.  
[2] Idejni projekat telekomunikacione mreže prenosa EPS magistralna ravan, jun 2002.

#### ABSTRACT

This paper presents telecommunication system of Vlasina HPPs. The purpose of the TC system is to interconnect all objects which belong to the Vlasina HPPs. In the paper, capacity and quality requirements are presented for all services which will be covered by Telecom system. Considering that TC system is divided on primary and secondary planes, for all planes are presented requirements for transmission lines and active equipment. Considering active equipment, two solutions are presented (SDH and IP) with comparisons between them.

#### TELECOMM SOLUTION FOR VLASINA HPP WITH IP TECHNOLOGY APPLIANCE

J. Mandić-Lukić, S. Latinović, N. Simić, Ž. Vasiljević